



Tubos e conexões de poli (cloreto de vinila) clorado - CPVC - para sistemas de proteção contra incêndio por chuveiros automáticos - Requisitos e métodos de ensaio

### APRESENTAÇÃO

- 1) Este Projeto foi elaborado pela CEM-00:002.04 - Comissão de Estudo Mista de Tubos e Conexões de CPVC - Poli (cloreto de vinila) Clorado - Para Sistemas de Proteção Contra Incêndio por Chuveiros Automáticos - do ABNT/CB-02 – Comitê Brasileiro de Construção Civil e ABNT/CB-24 – Comitê Brasileiro de Segurança e Proteção Contra Incêndio, nas reuniões de:

06/11/06	04/12/07	15/01/07
26/02/07	27/03/07	10/04/07
29/05/07	26/06/07	10/07/07
25/09/07	30/10/07	-----

- 2) Baseado na UL 1821:2003;
- 3) Não tem valor normativo;
- 4) Aqueles que tiverem conhecimento de qualquer direito de patente devem apresentar esta informação em seus comentários, com documentação comprobatória;
- 5) Tomaram parte na elaboração deste Projeto:

Participante	Representante
32º BPMI/ Corpo de Bombeiros	Cap. Rogério Gago
Amanco do Brasil	Jorge N. Moll Luiz Carlos da Silva
Anamaco	Rubens Morel Reis
Cardinali	Daniel Sartori
Corpo de Bombeiros	Oscar Samuel Crespo
Eluma	Emerson F. Santos
Fire Brasil/Tyco	Marco Mazinni
Gilberto Alves Martins/AESABESP	Gilberto Alves Martins
Grupo Dema	Emerson Martoni Marcelo Thomaz de Aquino



IEE-USP	José Jorge C. Junior
IPT	Carlos R.M. de Oliveira
MDJ Engenharia	Alberto José Fossa
Noveon	Eduardo C. Torres Gary Johnson Juan C. F. Esquivel
Sanepar	Raimunda M. Pires
Sojitz do Brasil	Jun Kurogane
Tesis	Jairo Cukierman Maíse Vasques Ribeiro Simone Nakamoto Vera Fernandes Hachich
Tigre	Fernando L. Andrade
Tupy Fundições	Heli Alves Garcia Marcelo T. S. Caldeira



Tubos e conexões de poli (cloreto de vinila) clorado - CPVC - para sistemas de proteção contra incêndio por chuveiros automáticos — Requisitos e métodos de ensaio

*Chlorinated Poly (vinyl chloride) (CPVC) plastic pipes and fittings for use in sprinkler systems for fire protection service – Requirements and test methods*

Palavras-chave: tubos termoplásticos. CPVC. proteção contra incêndios. chuveiros automáticos.  
Descriptors: plastic pipes. CPVC. fire protection. sprinkler.

## Sumário

### Prefácio

- 1 Escopo
- 2 Referências normativas
- 3 Termos e definições
- 4 Requisitos
  - 4.1 Materiais
  - 4.2 Ensaios
- 5 Inspeção
  - 5.1 Responsabilidade do usuário
  - 5.2 Verificação dos requisitos da qualidade por inspeção de recebimento
- 6 Amostragem

### Anexo A (normativo) Resistência à exposição ao fogo

- A.1 Propósito do ensaio
- A.2 Corpos de Prova
- A.3 Aparelhagem
- A.4 Procedimento
- A.5 Resultado
- A.6 Relatório de ensaio

### Anexo B (normativo) Determinação do coeficiente de fricção do tubo

- B.1 Propósito do ensaio
- B.2 Corpos-de-Prova
- B.3 Aparelhagem
- B.4 Procedimento
- B.5 Resultado
- B.6 Relatório do ensaio

### Anexo C (normativo) Determinação do comprimento equivalente da conexão

- C.1 Propósito do ensaio
- C.2 Corpos de Prova
- C.3 Aparelhagem
- C.4 Procedimento
- C.5 Resultado
- C.6 Relatório do ensaio

### Anexo D (Normativo) Verificação da resistência ao esmagamento

- D.1 Propósito do ensaio
- D.2 Corpos de Prova



- D.3 Aparelhagem
- D.4 Procedimento
- D.5 Resultado
- D.6 Relatório do ensaio
- Anexo E (Normativo) Verificação da resistência à flexão**
- E.1 Propósito do ensaio
- E.2 Corpos-de-prova
- E.3 Aparelhagem
- E.4 Procedimento
- E.5 Resultado
- E.6 Relatório do ensaio
- Anexo F (Normativo) Verificação da resistência ao impacto**
- F.1 Propósito do ensaio
- F.2 Corpos de Prova
- F.3 Aparelhagem
- F.4 Procedimento
- F.5 Resultado
- F.6 Relatório do ensaio
- Anexo G (Normativo) Verificação da vibração**
- G.1 Propósito do ensaio
- G.2 Corpos-de-Prova
- G.3 Aparelhagem
- G.4 Procedimento
- G.5 Resultado
- G.6 Relatório do ensaio
- Anexo H (Normativo) Verificação da operação do chuveiro automático de incêndio à alta pressão**
- H.1 Propósito do ensaio
- H.2 Corpos de Prova
- H.3 Aparelhagem
- H.4 Procedimento
- H.5 Resultado
- H.6 Relatório do ensaio
- Anexo I (Normativo) Verificação da resistência à torção**
- I.1 Propósito do ensaio
- I.2 Corpo de Prova
- I.3 Aparelhagem
- I.4 Procedimento
- I.5 Resultado
- I.6 Relatório do ensaio
- Anexo J (Normativo) Verificação da montagem**
- J.1 Propósito do ensaio
- J.2 Corpos de Prova
- J.3 Aparelhagem
- J.4 Procedimento
- J.5 Relatório do ensaio
- Anexo K (Normativo) Verificação da resistência à pressão hidrostática interna**
- K.1 Propósito do ensaio
- K.2 Aparelhagem



- K.3      **Corpos-de-prova**
- K.4      **Procedimento**
- K.5      **Relatório de ensaio**
- Anexo L (Normativo) Determinação do ciclo de pressão**
- L.1      **Propósito do ensaio**
- L.2      **Corpos de Prova**
- L.3      **Aparelhagem**
- L.4      **Procedimento**
- L.5      **Resultado**
- L.6      **Relatório do ensaio**
- Anexo M (Normativo) Determinação do ciclo de temperatura**
- M.1      **Propósito do ensaio**
- M.2      **Corpos de Prova**
- M.3      **Aparelhagem**
- M.4      **Procedimento**
- M.5      **Relatório do ensaio**
- Anexo N (Normativo) Determinação da Tensão Base de Projeto (HDB)**
- N.1      **Propósito do ensaio**
- N.2      **Aparelhagem**
- N.3      **Preparação dos corpos-de-prova**
- N.4      **Procedimento**
- N.5      **Relatório do ensaio**
- Anexo O (Normativo) Verificação da resistência à exposição ao meio ambiente**
- O.1      **Propósito do ensaio**
- O.2      **Corpos-de-Prova**
- O.3      **Aparelhagem**
- O.4      **Procedimento**
- Anexo P (Normativo) Verificação da permanência da marcação**
- P.1      **Propósito do ensaio**
- P.2      **Corpos-de-Prova**
- P.3      **Aparelhagem**
- P.4      **Procedimento**
- Anexo Q (Normativo) Resistência ao fissuramento sob tensão**
- Q.1      **Princípio**
- Q.2      **Aparelhagem**
- Q.3      **Reagentes**
- Q.4      **Preparação dos corpos-de-prova**
- Q.5      **Procedimento**
- Q.6      **Relatório do ensaio**
- Anexo R (Informativo) Método dos mínimos quadrados para o cálculo dos parâmetros de HDB**
- R.1      **Geral**
- R.2      **Procedimento de análise dos dados**
- R.3      **Atribuição de variáveis**
- R.4      **Equações das relações funcionais e método de cálculo**
- R.5      **Exemplo numérico de regressão linear através do método dos mínimos quadrados:**



## 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 por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Os Documentos Técnicos ABNT são elaborados conforme as regras da Diretivas ABNT, Parte 2.

Os Projetos de Norma Brasileira, elaborados no âmbito dos ABNT/CB e ABNT/ONS, circulam para Consulta Nacional entre os associados da ABNT e demais interessados.

## 1 Escopo

**1.1** Esta Norma estabelece os requisitos de desempenho e durabilidade para tubos e conexões de poli (cloreto de vinila) clorado - CPVC, em sistemas de tubos molhados, para uso em sistemas de proteção contra incêndio por chuveiros automáticos em atendimento à ABNT NBR 10897.

**1.2** Os tubos e conexões de poli (cloreto de vinila) clorado - CPVC, em sistemas de tubos molhados, tratados nesta norma são destinados para a aplicação em ocupações de risco leve, conforme definido na norma ABNT NBR 10897 para instalação de sistemas de extinção automática de incêndios.

## 2 Referências normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação deste 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 10897:2007, *Sistemas de proteção contra incêndio por chuveiros automáticos.*

ABNT NBR 14264:1999, *Conexões de PVC - Verificação dimensional*

PN 00:002.04-002, Tubos e conexões de poli (cloreto de vinila) clorado – CPVC – para sistemas de proteção contra incêndio por chuveiros automáticos – Procedimentos de instalação

NM 85:2005, *Tubos de PVC - Verificação dimensional*

ANSI/UL 1821:2003, *Thermoplastic Sprinkler Pipe and Fittings for Fire Protection Service*

UL94, *Standard for Tests for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances*

ASTM D1784-07, *Standard Specification for Rigid Poly(Vinyl Chloride) (PVC) Compounds and Chlorinated Poly(Vinyl Chloride) (CPVC) Compounds*

ASTM D1598-02, *Standard Test Method for Time-to-Failure of Plastic Pipe Under Constant Internal Pressure*

ASTM D2837-04E1, *Standard Test Method for Obtaining Hydrostatic Design Basis for Thermoplastic Pipe Materials or Pressure Design Basis for Thermoplastic Pipe Products*

ASTM D396-07, *Standard Specification for Fuel Oils*

ASTM D638-03, *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics*

ASTM F437-06, *Standard Specification for Threaded Chlorinated Poly(Vinyl Chloride) (CPVC) Plastic Pipe Fittings, Schedule 80*

ASTM F438-04, *Standard Specification for Socket-Type Chlorinated Poly(Vinyl Chloride) (CPVC) Plastic Pipe Fittings, Schedule 40*

ASTM F439-06, *Standard Specification for Chlorinated Poly (Vinyl Chloride) (CPVC) Plastic Pipe Fittings, Schedule 80*

ASTM F442/F442M-99, *Standard Specification for Chlorinated Poly(Vinyl Chloride) (CPVC) Plastic Pipe (SDR-PR)*



### 3 Termos e definições

Para os efeitos desta Norma, aplicam-se os seguintes termos e definições.

#### 3.1

##### **composto de poli (cloreto de vinila) clorado (CPVC)**

material fabricado com base de policloreto de vinila clorado e outros aditivos, pigmentos e estabilizantes necessários à fabricação e aplicação dos tubos e conexões

#### 3.2

##### **diâmetro externo (DE)**

número que serve para classificar, em dimensões, os elementos de tubulação (tubos, conexões, dispositivos e acessórios) e que corresponde aproximadamente ao diâmetro externo médio (dem) dos tubos em milímetros

#### 3.3

##### **diâmetro externo médio ( $d_{em}$ )**

relação entre o perímetro externo do tubo e o número 3,1416, aproximada para o décimo de milímetro mais próximo

#### 3.4

##### **diâmetro nominal (DN)**

número adimensional que serve como designação para projeto e para classificar, em dimensões, os elementos de tubulação (tubos, conexões, dispositivos e acessórios) e que corresponde aproximadamente ao diâmetro interno dos tubos em milímetros

NOTA O diâmetro nominal (DN) não deve ser objeto de medição nem deve ser utilizado para fins de cálculos

#### 3.5

##### **espessura de parede (e)**

valor da espessura de parede, medida ao longo da circunferência do tubo, arredondado para o décimo de milímetro mais próximo

#### 3.6

##### **espessura mínima de parede ( $e_{min}$ )**

valor mínimo da espessura de parede em qualquer ponto da circunferência de um componente

#### 3.7

##### **tensão base de projeto (Hydrostatic design basis - HDB)**

uma série de valores de tensão estabelecida para um material plástico, obtida pela categorização da resistência do material a longo prazo

#### 3.8

##### **tensão hidrostática de projeto (Hydrostatic design stress - HDS)**

máxima tensão permissível utilizada em tubos plásticos, obtida pela divisão da tensão base de projeto pelo coeficiente de segurança

#### 3.9

##### **ovalização**

diferença entre o diâmetro externo máximo e o mínimo, medidos em uma mesma seção transversal de um tubo ou na extremidade macho de uma conexão

#### 3.10

##### **pressão nominal (PN)**

máxima pressão hidrostática interna a qual se pretende submeter à tubulação no sistema de extinção automática de incêndio



**3.11 temperatura nominal (TN)**  
máxima temperatura ambiente a qual se pretende expor a tubulação no sistema de extinção automática de incêndio

## 4 Requisitos

### 4.1 Materiais

#### 4.1.1 Composto de CPVC

**4.1.1.1** O composto de CPVC deve apresentar conformidade às propriedades relacionadas em 4.1.1.2 a 4.1.1.10 e deve prover aos tubos e conexões, desde que fabricados adequadamente a partir dos compostos, conforme as propriedades elencadas em 4.2.

**4.1.1.2** O composto de CPVC deve ser de composição e tamanho uniforme, devendo ainda ser livre de corpos estranhos.

**4.1.1.3** O composto de CPVC empregado na fabricação dos tubos e conexões deve estar aditivado com produtos necessários à sua transformação e à utilização dos tubos e conexões em atendimento a esta Norma.

**4.1.1.4** O pigmento deve estar total e adequadamente disperso no composto a ser empregado na fabricação dos tubos e das conexões.

**4.1.1.5** O pigmento e o sistema de aditivação devem minimizar as alterações de cor e das propriedades dos tubos e conexões, durante a sua exposição às intempéries, no manuseio e estocagem em obra.

**4.1.1.6** O emprego de material reprocessado é permitido, desde que gerado pelo próprio fabricante dos tubos e/ou conexões. Material reprocessado ou reciclado, obtido de fontes externas não pode ser empregado na fabricação de tubos e conexões.

**4.1.1.7** O composto de CPVC empregado na fabricação dos tubos e conexões deve apresentar as seguintes propriedades físicas à temperatura de  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ , quando analisados conforme a ASTM D1784:

- resistência mínima de impacto Izod: 80,1 J/m;
- resistência à tração mínima: 48,3 MPa;
- módulo de elasticidade mínimo sob tração: 2482 MPa;
- temperatura mínima de deflexão sob carga de 1,82MPa: 100  $^\circ\text{C}$ .

**4.1.1.8** O composto de CPVC deve apresentar a classificação de inflamabilidade HB quando analisado de acordo com a norma UL 94.

**4.1.1.9** Os compostos utilizados na fabricação de tubos e conexões, escopo desta norma, devem ter no mínimo, e para cada nível de temperatura, uma Tensão Base de Projeto (HDB) e uma Tensão Hidrostática de Projeto (HDS) conforme definido na Tabela abaixo:



**Tabela 1 — Requisitos para a determinação da Tensão Base de Projeto (HDB)**

	Temperatura 23 °C	Temperatura 65 °C	Temperatura 82 °C
Tensão Base de Projeto (HDB)	27,6 MPa	15,18 MPa	6,9 MPa
Fator de Projeto (DF)	0.5	0.5	0.5
Tensão Hidrostática de Projeto (HDS)	13,8 MPa	7,59 MPa	3,45 MPa

**4.1.1.10** Os valores da Tensão Base de Projeto (HDB) e da Tensão Hidrostática de Projeto (HDS) devem ser obtidos de acordo com o Anexo P (ASTM D2837 e ASTM D1598) e os testes devem ser realizados nos três níveis de temperatura definidos na Tabela 1.

#### **4.1.2 Tubos de CPVC**

**4.1.2.1** Os tubos e conexões de CPVC devem ser unidos por um meio apropriado, conforme especificado pelo fabricante.

**4.1.2.2** Os tubos e conexões de CPVC devem suportar uma pressão nominal de 1,21 MPa ou superior.

**4.1.2.3** Os tubos e conexões de CPVC devem suportar uma temperatura nominal de 65 °C ou superior.

**4.1.2.4** Os tubos de CPVC devem ser fabricados com as dimensões constantes na Tabela 2. Os tubos podem apresentar as tolerâncias de diâmetros e espessuras mínimas apresentadas na Tabela 2, quando medidos de acordo com a NM 85. As tolerâncias de ovalização se aplicam aos tubos antes da expedição.

**Tabela 2 — Dimensões e tolerâncias para os tubos de CPVC, em milímetros**

D <sub>Ref</sub>	Diâmetro nominal DN	Diâmetro externo médio		Ovalização máxima	Espessura mínima	
		d <sub>em</sub>	tolerância		e <sub>min</sub>	tolerância
<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	20 ( <sup>3</sup> / <sub>4</sub> )	26,6	±0,2	0,5	2,0	+ 0,4
1	25 (1)	33,3	±0,2	0,5	2,5	+ 0,4
1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	32 (1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> )	42,1	±0,2	0,6	3,2	+ 0,4
1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	40 (1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> )	48,1	±0,2	0,6	3,6	+ 0,4
2	50 (2)	60,2	±0,2	0,6	4,5	+ 0,5
2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	65 (2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> )	72,9	±0,2	0,8	5,5	+ 0,5
3	80 (3)	88,8	±0,3	0,8	6,6	+ 0,6

**4.1.2.5** A variação entre as espessuras de parede de um mesmo tubo pode ser de até 12%, quando a espessura é medida de acordo com a NM 85.

**4.1.2.6** Todo tubo deve ter cor homogênea e uniforme e ser livre de corpos estranhos, bolhas, rachaduras ou outros defeitos visuais que indiquem descontinuidade do material e/ou do processo de extrusão.

**4.1.2.7** Os tubos e conexões de CPVC devem ser de cor vermelha ou alaranjada, permitindo-se nuances devido às naturais diferenças de cor das matérias-primas. Quando empregadas outras cores, o tubo deve ser marcado com uma faixa visível e indelével na cor vermelha de metro em metro.

**4.1.2.7** Os tubos devem ser fabricados com pontas lisas, com comprimento mínimo de 3,0 metros e com tolerância de -0 a +1%.

**4.1.2.8** A superfície externa dos tubos, ao longo de sua extensão com espaçamentos inferiores a 1,5 m, deve conter as seguintes informações, de maneira legível e indelével:

- Nome ou marca de identificação do fabricante;
- CPVC;
- Diâmetro nominal (DN);
- Pressão nominal (PN – 1,21 MPa);
- Temperatura nominal (TN – 65 °C);
- Código de rastreabilidade do produto;
- Número desta Norma.

#### 4.1.3 Conexões de CPVC

**4.1.3.1** Toda conexão deve ter cor uniforme e ser livre de corpos estranhos, bolhas, trincas, fendas ou outros defeitos visuais, que indiquem descontinuidade do material e/ou do processo de fabricação.

**4.1.3.2** As conexões devem ter dimensões de acordo com as Tabelas 3 a 5, e Figuras 1 a 3. O ensaio deve ser realizado de acordo com a ABNT NBR 14264.

**4.1.3.3** As conexões de CPVC com roscas e com junta soldável devem atender aos requisitos desta Norma.

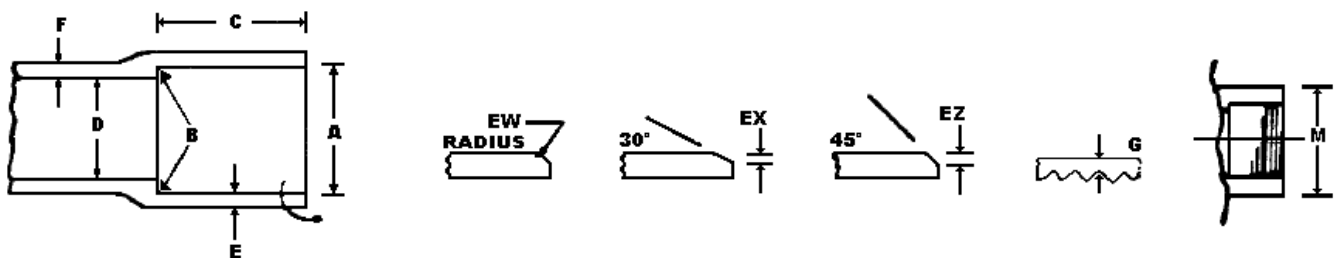


Figura 1 - Dimensões de conexões com bolsa cônica

Tabela 3 — Dimensões de conexões com bolsa cônica

Dimensões em milímetros

D <sub>Ref</sub>	Diâmetro Nominal	A		B		C	D	Espessura da parede mínima		Entrada mínima			
		Diâmetro de entrada da bolsa		Diâmetro de fundo da bolsa				Comprimento da bolsa	Diâmetro interno	E	F	EW	EX, EZ
		Diâmetro	Tolerância	Diâmetro	Tolerância								
<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	20	26,9	± 0,1	26,6	± 0,1	18,3	18,8	2,9	3,6	0,8	0,8		
1	25	33,7	± 0,1	33,3	± 0,1	22,2	25,2	3,4	4,2	1,6	1,6		
1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	32	42,4	± 0,1	42,0	± 0,1	23,8	33,9	3,6	4,4	1,6	1,6		
1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	40	48,6	± 0,2	48,1	± 0,2	34,9	36,7	5,1	6,4	1,5	1,5		
2	50	60,6	± 0,2	60,2	± 0,2	38,1	47,8	5,5	7,0	1,5	1,5		
2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	65	73,4	± 0,2	72,8	± 0,2	44,4	57,2	7,0	8,8	2,3	3,3		
3	80	89,3	± 0,2	88,7	± 0,2	47,6	71,6	7,6	9,5	2,3	3,3		

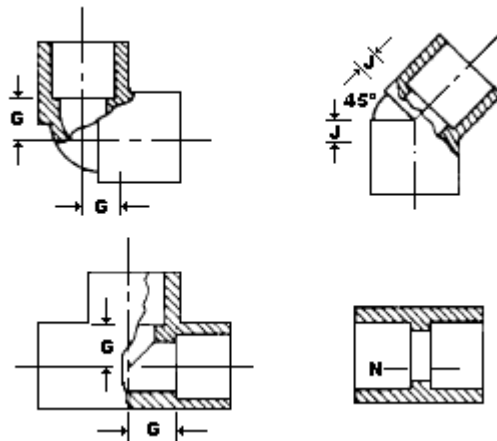
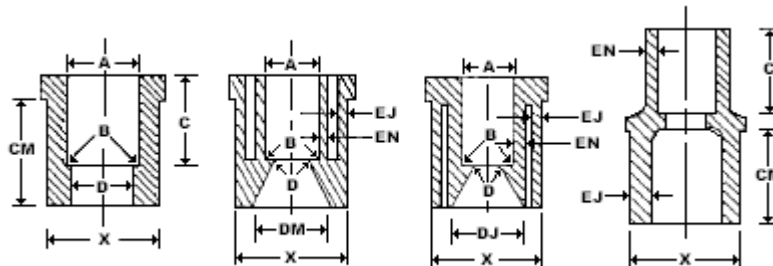


Figura 2 - Dimensões de conexões com bolsa de acoplamento, T's, joelhos de 45° e 90° e luvas

Tabela 4 — Dimensões de conexões com bolsa de acoplamento, T's, joelhos de 45° e 90° e luvas

Dimensões em milímetros

D <sub>Ref</sub>	Diâmetro Nominal	G. mín	J. mín	N. mín
<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	20	14,3	7,9	2,4
1	25	17,5	7,9	2,4
1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	32	22,2	9,5	2,4
1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	40	25,4	11,2	2,3
2	50	31,8	16,0	2,3
2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	65	38,1	17,5	4,8
3	80	46,0	19,1	4,8



**Figura 3 - Dimensões de conexões de redução**

**Tabela 5 — Dimensões de conexões de redução**

Dimensões em milímetros

Diâmetro Nominal	Diâmetro externo	Tolerâncias para o diâmetro externo
25 por 20	33,4	$\pm 0,1$
32 por 20 ou 25	42,2	$\pm 0,2$
40 por 20 ou 25 ou 32	48,3	$\pm 0,2$
50 por 20 ou 25 ou 32 ou 40	60,3	$\pm 0,2$
65 por 50	73,0	$\pm 0,2$
80 por 65 ou 50	88,9	$\pm 0,2$

**4.1.3.4** As conexões devem trazer marcadas, de maneira legível, as seguintes informações:

- Nome ou marca de identificação do fabricante;
- CPVC;
- Diâmetro(s) nominal(is) correspondente(s);
- Código de rastreabilidade;
- Número desta Norma.

## 4.2 Ensaio

### 4.2.1 Dimensões

Os tubos e as conexões devem ter as dimensões indicadas respectivamente conforme 4.1.2 e 4.1.3.

### 4.2.2 Resistência à exposição ao fogo

**4.2.2.1** Os tubos e conexões de CPVC, quando submetidos ao ensaio de resistência à exposição ao fogo de acordo com o Anexo A, não devem romper, separar ou vazar e devem manter o chuveiro automático de incêndio na posição operacional pretendida. Após o ensaio de exposição ao fogo, os tubos e conexões devem ser submetidos ao ensaio de resistência à pressão hidrostática de acordo com o Anexo K e devem resistir a uma pressão hidrostática interna de 1,21 MPa por um período de 5 minutos sem apresentar ruptura, vazamento ou deslocamento das conexões em relação ao tubo.

**4.2.2.2** Deve ser ensaiada uma tubulação constituída por um sistema de tubos e conexões de CPVC de diâmetros DN25 e DN40 conforme Figuras A.1 ou A.2.



#### 4.2.3 Coeficiente de fricção do tubo

Os tubos de CPVC, quando submetidos ao ensaio de determinação do coeficiente de fricção de acordo com o Anexo B, não devem apresentar valores de coeficientes de fricção *Hazen Williams* (C) inferiores aos valores especificados pelo fabricante.

Este ensaio deve ser realizado uma única vez para cada tipo de tubo e deve ser refeito quando houver mudança significativa do produto, em relação ao processo produtivo e ao projeto.

#### 4.2.4 Comprimento equivalente da conexão

As conexões de CPVC, quando submetidas ao método de ensaio de acordo com o Anexo C, não devem apresentar perda de carga, expressa como comprimento equivalente da tubulação, superior a 610 mm acima do valor especificado pelo fabricante.

Este ensaio deve ser realizado uma única vez para cada tipo de tubo e deve ser refeito quando houver mudança significativa do produto, em relação ao processo produtivo e ao projeto.

#### 4.2.5 Resistência ao esmagamento

Os tubos de CPVC devem ser submetidos a uma força de compressão de 890 N por 5 minutos, conforme ensaio de resistência ao esmagamento de acordo com o Anexo D, e após este esmagamento, os tubos montados com suas conexões devem ser submetidos ao ensaio de resistência à pressão hidrostática de acordo com o Anexo K, e devem resistir a uma pressão hidrostática interna de 6,05 MPa por um período de 1 minuto sem apresentarem ruptura, vazamento ou deslocamento das conexões em relação ao tubo.

#### 4.2.6 Resistência à flexão

Os tubos de CPVC e suas conexões, quando submetidos ao ensaio de resistência à flexão de acordo com o Anexo E, não devem apresentar estrangulamento, vazamento ou outros sinais de dano permanente.

#### 4.2.7 Resistência ao impacto

**4.2.7.1** Os tubos de CPVC devem ser submetidos aos impactos prescritos no Anexo F, e após os impactos os tubos montados com suas conexões devem ser submetidos ao ensaio de resistência à pressão hidrostática de acordo com o Anexo K e devem resistir a uma pressão hidrostática interna de 6,05 MPa por um período de 1 minuto sem apresentarem ruptura, vazamento ou deslocamento das conexões em relação ao tubo.

**4.2.7.2** Devem ser ensaiados os tubos de menor e maior diâmetro produzidos.

#### 4.2.8 Resistência à vibração

**4.2.8.1** Os tubos e conexões de CPVC devem ser submetidos às condições de vibração constantes no Anexo G durante 30 horas, e após este período devem ser submetidos ao ensaio de resistência à pressão hidrostática de acordo com o Anexo K e devem resistir a uma pressão hidrostática interna de 6,05 MPa por um período de 1 minuto sem apresentarem ruptura, vazamento ou deslocamento das conexões em relação ao tubo.

**4.2.8.2** Devem ser ensaiados os tubos de menor e maior diâmetro produzidos.

#### 4.2.9 Capacidade de operação do chuveiro automático de incêndio à alta pressão

Os tubos e conexões de CPVC, quando submetidos ao ensaio de verificação da capacidade de operação do chuveiro automático de incêndio à alta pressão de acordo com o Anexo H a uma pressão hidrostática interna de 1,21 MPa por um período de 2 minutos, devem garantir a manutenção do chuveiro automático de incêndio na posição de operação e descarga.



#### 4.2.10 Resistência à torção

Os tubos de CPVC, quando submetidos ao ensaio de resistência à torção de acordo com o Anexo I, não devem apresentar estrangulamento de sua seção quando dobrados até pelo menos o valor mínimo do raio de curvatura especificado pelo fabricante.

#### 4.2.11 Montagem

**4.2.11.1** Os tubos e as conexões de CPVC, quando submetidos ao ensaio de montagem de acordo com o Anexo J, devem resistir por um período de 2 horas a uma pressão hidrostática de no mínimo 1,21 MPa sem apresentarem ruptura, vazamento ou deslocamento das conexões em relação ao tubo.

**4.2.11.2** Devem ser ensaiados os tubos e conexões de CPVC do maior diâmetro produzido.

#### 4.2.12 Resistência à pressão hidrostática de curta duração

Os tubos e as conexões de CPVC, quando submetidos ao ensaio de resistência à pressão hidrostática de curta duração de acordo com o Anexo K, devem resistir por um período de 1 minuto a uma pressão hidrostática interna de 6,05 MPa sem apresentarem ruptura, vazamento ou deslocamento das conexões em relação ao tubo.

#### 4.2.13 Ciclo de pressão

Os tubos e conexões de CPVC, quando submetidos ao ensaio de ciclo de pressão de acordo com o Anexo L, devem resistir a 3000 ciclos de pressão de 0 a 2,42 MPa sem apresentarem ruptura, vazamento ou deslocamento das conexões em relação ao tubo. Após o ensaio de ciclo de pressão, os tubos e conexões devem ser submetidos ao ensaio de resistência à pressão hidrostática de acordo com o Anexo K e devem resistir a uma pressão hidrostática interna de 6,05 MPa por um período de 1 minuto sem apresentarem ruptura, vazamento ou deslocamento das conexões em relação ao tubo.

#### 4.2.14 Ciclo de temperatura

Os tubos e conexões de CPVC, quando submetidos ao ensaio de ciclo de temperatura de acordo com o Anexo M, devem resistir a 5 ciclos de temperatura de 1,7 °C a 65 °C com uma pressão hidrostática de 0,345 MPa. Após o ensaio de ciclo de temperatura, os tubos e conexões devem ser submetidos à pressão hidrostática interna de 6,05 MPa por um período de 1 minuto sem apresentarem ruptura, vazamento ou deslocamento das conexões em relação ao tubo, conforme ensaio de resistência à pressão hidrostática de acordo com o Anexo K.

#### 4.2.15 Resistência à pressão hidrostática de longa duração

**4.2.15.1** Os tubos de CPVC, quando submetidos ao ensaio de resistência à pressão hidrostática de longa duração de acordo com o Anexo K, devem resistir por um período de 1000 horas a uma pressão hidrostática interna de 2,6 MPa e temperatura de  $(65 \pm 2)$  °C, sem apresentarem ruptura ou vazamento.

**4.2.15.2** Devem ser ensaiados os tubos de menor e maior diâmetro produzidos.

#### 4.2.16 Determinação da Tensão Base de Projeto (HDB)

**4.2.16.1** Os tubos quando submetidos ao ensaio do Anexo N, devem atender aos requisitos especificados em 4.1.1.9.

**4.2.16.2** Este ensaio deve ser realizado uma única vez para o maior e o menor diâmetro, e deve ser refeito quando houver mudança significativa do produto, em relação ao processo produtivo ou natureza química do composto.

#### 4.2.17 Resistência à exposição ao meio ambiente

Após terem sido submetidos às condições de exposição de acordo com o Anexo O, os tubos e conexões devem atender aos seguintes requisitos:



- a) no caso das amostras expostas nas condições O.4.1 (imersão em água) e O.4.2 (exposição em estufa) a resistência à tração de corpos-de-prova extraídos dos tubos não deve ser reduzida em mais do que 30% em relação ao valor do material não envelhecido. Para a exposição na condição O.4.3 ("Weather-O-Meter") a redução da resistência à tração não pode ser superior a 10%.
- b) as montagens de tubos e conexões não devem romper, vaziar ou deslocar as conexões em relação ao tubo quando submetidas à pressão hidrostática de 5,45 MPa por um período de 1 minuto, conforme ensaio de resistência à pressão hidrostática de acordo com o Anexo K.

Estes ensaios devem ser realizados uma única vez para cada tipo de tubo e deve ser refeito quando houver mudança significativa do produto, em relação ao processo produtivo ou natureza química do composto.

#### **4.2.18 Permanência da marcação**

Os tubos e conexões de CPVC devem manter suas marcações legíveis quando submetidos ao ensaio de verificação da permanência da marcação de acordo com o Anexo P.

#### **4.2.19 Resistência ao fissuramento sob tensão**

Os tubos e conexões com partes de latão, contendo mais de 15% de zinco, quando submetidos às condições de exposição em atmosfera de amônia úmida constantes no Anexo Q, durante um período de 10 dias, não devem apresentar evidências de fissuras no exame com aumento de 25 vezes.

## **5 Inspeção**

### **5.1 Responsabilidade do usuário**

É responsabilidade do usuário aplicar os produtos segundo as recomendações das normas.

### **5.2 Verificação dos requisitos da qualidade por inspeção de recebimento**

**5.2.1** A inspeção de recebimento do produto acabado deve ser feita em fábrica, entretanto, por acordo prévio entre comprador e fabricante, pode ser realizada em outro local.

**5.2.2** O comprador deve ser avisado com antecedência mínima acordada com o fabricante da data na qual deve ter início a inspeção de recebimento.

**5.2.3** Caso o comprador não compareça na data estipulada para acompanhar os ensaios de recebimento e não apresente justificativa para este fato, o fabricante deve proceder à realização dos ensaios previstos nesta Norma e tomar as providências para a entrega do produto com o correspondente laudo de inspeção emitido pelo controle da qualidade da fábrica.

**5.2.4** Nas inspeções realizadas em fábrica, o fabricante deve colocar à disposição do comprador os equipamentos e pessoal especializados para a execução dos ensaios de recebimento.

**5.2.5** Todo fornecimento deve ser dividido pelo fabricante em lotes de mesmo diâmetro nominal (DN) e cujas quantidades estejam de acordo com as Tabelas 6 e 7. De cada lote formado devem ser retiradas as amostras, de forma representativa, sendo a escolha aleatória e não intencional.

**5.2.6** A inspeção de recebimento de lotes com tamanho inferior a 26 unidades deve ser objeto de acordo prévio entre fornecedor e comprador.

**5.2.7** Os ensaios de recebimento devem ser feitos conforme estabelece esta Norma e limitam-se aos lotes de produto acabado apresentados pelo fabricante.

**5.2.8** Com o objetivo de racionalizar os ensaios de recebimento, pode-se ensaiar inicialmente o maior (ou menor) diâmetro, seguido pelo menor (ou maior) diâmetro, e depois os demais diâmetros.

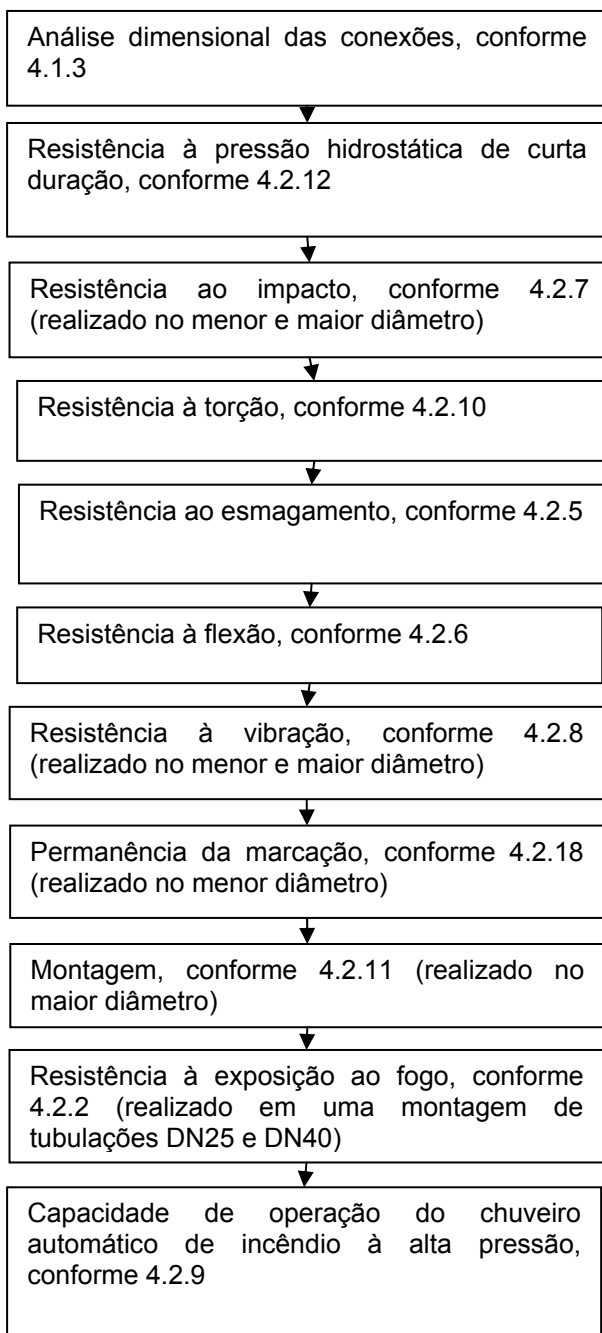


**5.2.9** Os tubos e conexões constituintes das amostras devem ser submetidos aos ensaios não destrutivos: visual e dimensional conforme 4.1.2. Somente os lotes que forem aprovados nos ensaios não destrutivos, devem ser submetidos aos ensaios destrutivos especificados em 4.1.3 e 4.2.2 a 4.2.19. Recomenda-se que a ordem de realização dos ensaios seja conforme os fluxogramas A e B que devem ser aplicados em paralelo. Caso seja constatada alguma reprovação em qualquer um dos fluxogramas não é necessário dar continuidade aos ensaios.

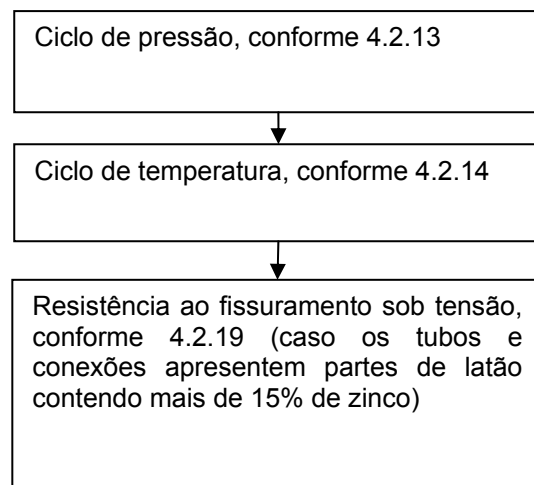
**5.2.10** Os ensaios descritos em 4.2.3 (coeficiente de fricção do tubo), 4.2.4 (comprimento equivalente da conexão), 4.2.16 (determinação da Tensão Base de Projeto - HDB) e 4.2.17 (resistência à exposição ao meio ambiente) são realizados uma única vez, e devem ser refeitos quando houver alteração do processo produtivo ou da natureza química dos componentes do composto.

**5.2.11** No fluxograma A, o ensaio de capacidade de operação do chuveiro automático de incêndio à alta pressão pode ser executado em obra após a aprovação do lote nos demais ensaios do fluxograma.

#### FLUXOGRAMA A



#### FLUXOGRAMA B





5.2.12 Para cada lote entregue o relatório de inspeção deve conter no mínimo o seguinte:

- a) identificação do produto;
- b) código de rastreabilidade do produto;
- c) tamanho do lote inspecionado;
- d) resultados dos ensaios de recebimento;
- e) resultados dos últimos ensaios de qualificação e de desempenho apresentados pelo fabricante;
- f) declaração de que o lote atende ou não às especificações desta Norma.

## 6 Amostragem

6.1 De cada lote formado deve ser retirada a amostra, conforme Tabela 6 para os ensaios não destrutivos e Tabela 7 para os ensaios destrutivos.

6.2 Para os ensaios não destrutivos, a unidade de produto é 1 barra.

6.3 Para os ensaios destrutivos, a unidade de produto necessária para a realização de todos os ensaios são 12 barras (quando a barra possuir 3 m de comprimento).

6.4 Os ensaios não destrutivos devem ser efetuados de acordo com o plano de amostragem definido na Tabela 6.

**Tabela 6 — Plano de amostragem para ensaios não destrutivos (ABNT NBR 5426 - amostragem dupla normal, NQA 6,5 e nível de inspeção geral II)**

Tamanho do lote	Amostragem	Tamanho da amostra acumulado	Aceitação	Rejeição
2 a 15	Única	2	0	1
16 a 50	1º	5	0	2
	2º	10	1	2
51 a 90	1º	8	0	3
	2º	16	3	4
91 a 150	1º	13	1	4
	2º	26	4	5
151 a 280	1º	20	2	5
	2º	40	6	7
281 a 500	1º	32	3	7
	2º	64	8	9
501 a 1 200	1º	50	5	9
	2º	100	12	13
1 201 a 3 200	1º	80	7	11
	2º	160	18	19

6.5 O lote de tubos e conexões aprovado nos ensaios não destrutivos deve ser submetido aos ensaios destrutivos conforme plano de amostragem estabelecido na Tabela 7. O tamanho do lote é determinado dividindo-se o número de barras do fornecimento pela unidade de produto (12 barras)



**Tabela 7 — Plano de amostragem para ensaios destrutivos (ABNT NBR 5426 - amostragem dupla normal, NQA 6,5 e nível de inspeção S3)**

Tamanho do lote	Amostragem	Tamanho da amostra acumulado	Aceitação	Rejeição
2 a 50	Única	2	0	1
51 a 500	1º	5	0	2
	2º	10	1	2
501 a 3 200	1º	8	0	3
	2º	16	3	4

**6.6** Quando for efetuada inspeção no recebimento dos lotes, a aceitação ou rejeição deve ser conforme 6.5 a 6.10, aplicada para cada tipo de ensaio.

**6.7** Se o número de unidades defeituosas (aquelas que contenham uma ou mais não-conformidades) na primeira amostragem for igual ou menor do que o primeiro número de aceitação, o lote deve ser considerado aceito.

**6.8** Se o número de unidades defeituosas na primeira amostragem for igual ou maior do que o primeiro número de rejeição, o lote deve ser rejeitado.

**6.9** Se o número de unidades defeituosas encontrado na primeira amostragem for maior do que o primeiro número de aceitação e menor que o primeiro número de rejeição, uma segunda amostragem de tamanho indicado pelo plano de amostragem deve ser retirada.

**6.10** As quantidades de unidades defeituosas encontradas na primeira e na segunda amostragens devem ser acumuladas.

**6.11** Se a quantidade acumulada de unidades defeituosas for igual ou menor do que o segundo número de aceitação, o lote deve ser aceito.

**6.12** Se a quantidade acumulada de unidades defeituosas for igual ou maior do que o segundo número de rejeição, o lote deve ser rejeitado.



## Anexo A (normativo)

### Resistência à exposição ao fogo

#### A.1 Propósito do ensaio

O propósito do ensaio é verificar o desempenho dos tubos e das conexões de CPVC quanto à exposição ao fogo.

#### A.2 Corpos de Prova

O corpo-de-prova deve ser constituído por um sistema de tubos e conexões de CPVC montados de acordo com as instruções ou recomendações do fabricante, no qual devem ser instalados dois chuveiros automáticos de incêndio de resposta rápida.

#### A.3 Aparelhagem

**A.3.1** Número mínimo de suportes, especificados pelo fabricante e de acordo com o PN 00:002.04-002, para suspensão da tubulação de CPVC.

**A.3.2** Dois chuveiros automáticos de incêndio de resposta rápida com temperatura nominal de 68 °C.

**A.3.3** A fonte de fogo empregada nestes testes deve ser um recipiente quadrado de aço contendo n-heptano. O recipiente deve ter uma área de 0,46 m<sup>2</sup> com 305 mm de profundidade, construído em aço com espessura mínima de 6,4 mm. O recipiente deve ser à prova de vazamento e as bordas do topo devem ser reforçadas por uma cantoneira contínua de aço. O recipiente deve ser preenchido com 23,7 L de n-heptano, cujas características estão especificadas em A.3.4.1. Este recipiente deve ser colocado em outro recipiente quadrado de 0,92 m<sup>2</sup> de área, à prova de vazamento, com 305mm de profundidade, construído de aço com espessura mínima de 6,4mm, com a borda do topo reforçada por uma cantoneira contínua de aço. O recipiente de 0,92 m<sup>2</sup> deve ser preenchido com água. A água deve fluir dentro do recipiente durante o ensaio de exposição ao fogo.

**A.3.4** O n-heptano deve possuir as seguintes características:

- destilação:	
ponto de ebulição inicial	90°C
50%	93°C
ponto seco	96,5°C
densidade específica (15,6°C/15,6°C)	0,719
- pressão de vapor Reid	13,8 kPa
- cálculo da octanagem pesquisa	60
- cálculo da octanagem motor	50

**A.3.5** A sala utilizada para o ensaio deve ser essencialmente sem correntes de ar e com dimensões mínimas de 9,1m x 9,1m e altura de 4,6 m.

**A.3.6** A estrutura para o ensaio deve possuir um teto com dimensões de 3,7 m de largura por 7,3 m de comprimento e altura de 2,4 m acima do solo, onde será instalada a tubulação de CPVC a ser ensaiada.

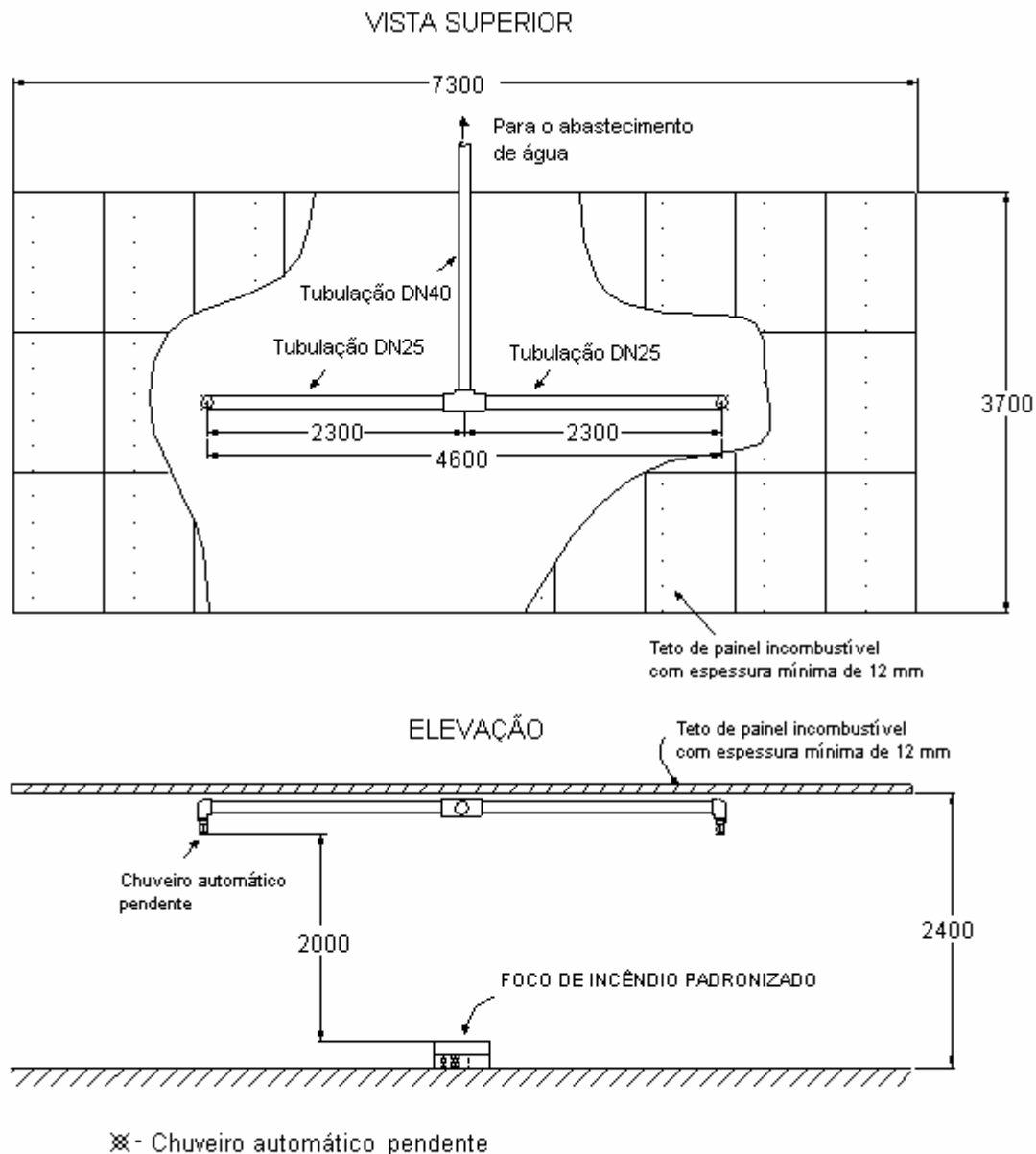
**A.3.7** A tubulação de CPVC deve ser ligada a um fornecimento de água, fora da estrutura do ensaio, capaz de suprir uma pressão de 1,21 MPa na entrada do arranjo da tubulação de CPVC. O suprimento de água do sistema deve ser equipado com fluxímetros e reguladores de pressão calibrados.

## A.4 Procedimento

### A.4.1 Ensaio com baixa pressão de fluxo

**A.4.1.1** O ensaio deve ser conduzido com dois chuveiros automáticos de incêndio de resposta rápida pendentes fechados, instalados com um espaçamento de 4,6 m nas extremidades do sistema da tubulação de CPVC a ser ensaiada. O sistema da tubulação de CPVC deve ser conectado ao sistema de tubulação de fornecimento de água. A tubulação deve ter uma pressão estática inicial de 0,69 MPa a 0,83 MPa, a qual deve, então, ser ajustada para manter o fluxo especificado após a operação do chuveiro automático de incêndio. A Figura A1 mostra o arranjo geral para o ensaio.

Dimensões em milímetros



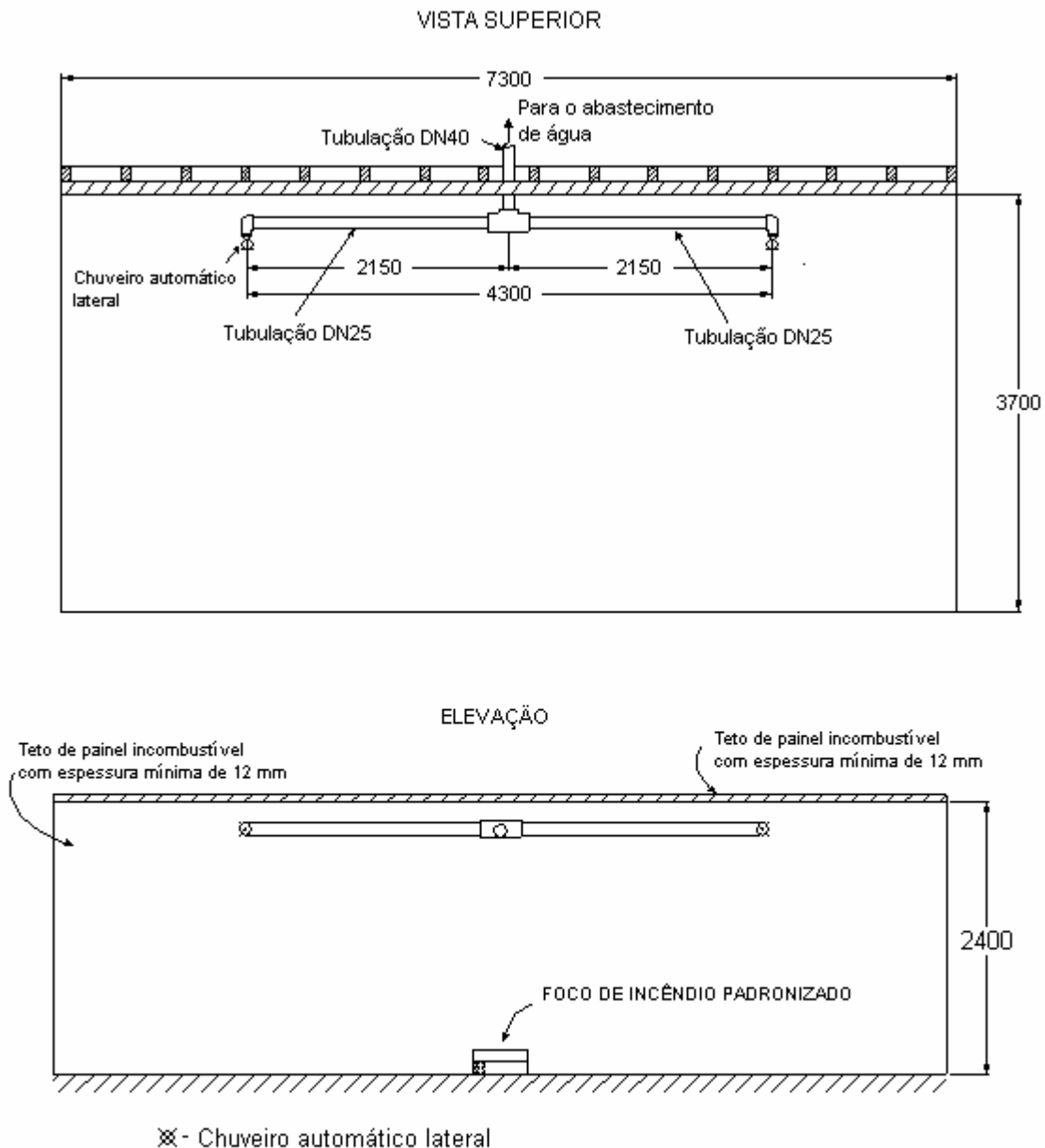
Nota 1: O foco padrão de incêndio deve ser centralizado diretamente sob o "T" da tubulação

Nota 2: A distância do defletor do chuveiro automático ao teto para tubulação exposta deve ser a máxima especificada nas instruções de instalação do fabricante, mas não maior que 12 polegadas (305 mm)

**Figura A1 - Arranjo geral – chuveiro automático de incêndio que não seja de parede lateral**

A.4.1.2 Caso pretenda-se instalar o tubo na junção do teto com a parede, um ensaio também deve ser conduzido com dois chuveiros automáticos de incêndio de resposta rápida de parede lateral instalados com um espaçamento de 4,3 m nas extremidades do sistema de tubulação de CPVC de fluxo constante. O sistema da tubulação de CPVC deve ser conectado ao sistema de tubulação de fornecimento de água. A tubulação deve ter uma pressão inicial estática de 0,69 MPa a 0,83 MPa, a qual deve, então, ser ajustada para manter o fluxo especificado após a operação do chuveiro automático de incêndio. A Figura A.2 mostra este arranjo de ensaio.

Dimensões em milímetros



Nota 1: A fonte de fogo deve ser centralizada diretamente sob o "T" da tubulação

Nota 2: A distância do defletor do chuveiro automático ao teto para tubulação exposta deve ser a máxima especificada nas instruções de instalação do fabricante, mas não maior que 12 polegadas (305 mm)

Figura A.2 - Arranjo geral – chuveiro automático de incêndio para parede lateral



**A.4.1.3** O controlador de tempo do ensaio e o equipamento de medição de temperatura devem ser acionados quando se inflamar o n-heptano. Após a operação de cada chuveiro automático, o fluxo deve ser ajustado para manter um fluxo total de no máximo 1,41 L/s por chuveiro automático.

**A.4.1.4** Após 10 minutos, a fonte de fogo no recipiente deve ser extinta e o fornecimento de água dos chuveiros automáticos deve ser desligado no máximo 5 minutos após a extinção do fogo.

**A.4.1.5** Após a exposição ao fogo, o sistema de tubulação deve resistir a uma pressão hidrostática interna de 1,21 MPa por um período de 5 minutos sem ruptura ou vazamento.

## **A.4.2 Ensaio com pressão máxima de serviço de fluxo**

**A.4.2.1** Os testes descritos em A.4.1.1 a A.4.1.5 devem ser realizados com uma pressão estática inicial de 1,21MPa aplicada na entrada do sistema da tubulação de CPVC. Após a operação do chuveiro automático, a pressão de 1,089 MPa (correspondente a 90% da pressão de serviço) deve ser mantida durante o ensaio.

## **A.5 Resultado**

Quando testados conforme descrito em A.2 a A.4, o tubo e as conexões de CPVC:

- a) Não devem estourar, vazar ou deslocar as conexões em relação ao tubo;
- b) Devem manter o chuveiro automático na posição operacional;
- c) Após a exposição ao fogo, devem resistir à pressão hidrostática interna de 1,21 MPa por um período de 5 minutos sem ruptura ou vazamento.

## **A.6 Relatório de ensaio**

O relatório deve conter as seguintes informações:

- a) Tipo e identificação do corpo-de-prova, nome do fabricante, marca de identificação, data de fabricação, materiais utilizados e outros dados pertinentes ao material ensaiado;
- b) Data de realização do ensaio;
- c) Condições de pressão e temperatura utilizadas;
- d) Tipo de montagem da tubulação;
- e) Tipo de chuveiros automáticos utilizados;
- f) Tempos de ensaio;
- g) Referência a esta Norma;
- h) Resultados obtidos e outras observações durante o ensaio;
- i) Esquema do arranjo geral utilizado no ensaio.



## Anexo B (normativo)

### Determinação do coeficiente de fricção do tubo

#### B.1 Propósito do ensaio

O propósito do ensaio é determinar o coeficiente de fricção de Hazen-Williams do tubo.

#### B.2 Corpos-de-Prova

O corpo-de-prova deve ser constituído por uma amostra de tubos com pelo menos 6,1 m de comprimento.

#### B.3 Aparelhagem

**B.3.1** Dispositivo de ensaio para determinação da perda de carga.

**B.3.2** Dois piezômetros.

**B.3.3** Dois manômetros diferenciais de mercúrio.

**B.3.4** Um dispositivo calibrado para medição da vazão de água.

#### B.4 Procedimento

**B.4.1** O corpo-de-prova deve ser instalado no dispositivo de ensaio para determinação da perda de carga. Um piezômetro deve ser instalado em cada extremidade do corpo-de-prova e deve ser conectado a um manômetro diferencial de mercúrio. A vazão de água através do corpo-de-prova deve ser medida, usando-se um dispositivo calibrado de medição de vazão.

**B.4.2** Pelo menos cinco diferentes valores de vazão de água, com velocidades entre 3,1 m/s e 5,5 m/s, devem ser estabelecidos através do corpo-de-prova e a queda de pressão entre os piezômetros, a cada vazão, deve ser registrada. O ensaio deve ser repetido sem o corpo-de-prova e com os piezômetros acoplados em conjunto.

**B.4.3** O valor médio dos valores de queda de pressão obtidos sem o corpo de prova devem ser subtraídos dos resultados do ensaio com o corpo-de-prova para obter a queda de pressão.

**B.4.4** O coeficiente de fricção de Hazen-Williams deve ser calculado usando a seguinte fórmula:

$$C = 2,26 Q / d^{2,63} p^{0,54}$$

onde:

Q = vazão de água em m<sup>3</sup>/h;

d = diâmetro interno do tubo medido em m;

p = perda de carga medida por unidade de comprimento do tubo em MPa/m.



## **B.5 Resultado**

O valor do coeficiente de fricção de Hazen-Williams calculado pela fórmula acima deve ser comparado com o valor declarado pelo fabricante em sua referência técnica.

## **B.6 Relatório do ensaio**

O relatório deve conter as seguintes informações:

- a) Tipo de tubo, diâmetro nominal e comprimento do corpo de prova;
- b) Valores de vazão de água, do diâmetro interno do corpo de prova e da perda de carga adotados no cálculo do coeficiente de fricção de Hazen-Williams;
- c) Valor do coeficiente de fricção de Hazen-Williams declarado pelo fabricante em sua referência técnica, bem como valor do coeficiente de fricção de Hazen-Williams determinado no ensaio;
- d) Data de realização do ensaio;
- e) Referência a esta Norma.





## Anexo C (normativo)

### Determinação do comprimento equivalente da conexão

#### C.1 Propósito do ensaio

O propósito do ensaio é determinar a perda de cargas das conexões de CPVC, expressa em comprimento equivalente de tubo.

#### C.2 Corpos de Prova

O corpo-de-prova deve ser constituído por uma conexão de cada tipo.

#### C.3 Aparelhagem

C.3.1 Dispositivo de ensaio para determinação da perda de carga.

C.3.2 Dois piezômetros.

C.3.3 Um manômetro diferencial de mercúrio

C.3.4 Um dispositivo calibrado para medição da vazão de água.

#### C.4 Procedimento

C.4.1 O corpo-de-prova deve ser instalado no dispositivo de ensaio para determinação da perda de carga. Piezômetros devem ser instalados nas duas saídas do corpo-de-prova e conectados a um manômetro diferencial de mercúrio. A vazão de água através do corpo-de-prova deve ser medida, usando-se um dispositivo calibrado de medição de vazão.

C.4.2 Pelo menos, cinco diferentes valores de vazão de água, com velocidades entre 3 m/s e 5,5 m/s, devem ser estabelecidos através do corpo-de-prova e a queda de pressão entre os piezômetros, a cada vazão, deve ser registrada. O ensaio deve ser repetido sem o corpo-de-prova e os piezômetros acoplados em conjunto.

C.4.3 O valor médio dos valores de queda de pressão obtidos sem o corpo de prova devem ser subtraídos dos resultados do ensaio com o corpo-de-prova para obter a queda de pressão.

C.4.4 A partir do coeficiente de fricção Hazen-Williams especificado para o tubo, deve-se calcular o comprimento equivalente em metro de tubo da conexão, a partir da fórmula apresentada no Anexo B.

#### C.5 Resultado

A perda de carga da conexão, expressa em comprimento equivalente do tubo, calculada pela fórmula apresentada no item B.4.4 do Anexo B, deve ser comparada com o valor declarado pelo fabricante em sua referência técnica.

#### C.6 Relatório do ensaio

O relatório deve conter as seguintes informações:

- a) Tipo de conexão e diâmetro nominal;



- b) Valores de vazão de água, do diâmetro interno do corpo de prova e do coeficiente de fricção de Hazen-Williams adotados no cálculo da perda de carga da conexão;
- c) Valor do comprimento equivalente de tubo declarado pelo fabricante em literatura específica, bem como valor do comprimento equivalente de tubo determinado no ensaio;
- d) Data de realização do ensaio;
- e) Referência a esta Norma.



## Anexo D (Normativo)

### Verificação da resistência ao esmagamento

#### D.1 Propósito do ensaio

O propósito do ensaio é verificar a manutenção da resistência à pressão hidrostática interna dos tubos de CPVC após serem submetidos ao esmagamento.

#### D.2 Corpos de Prova

D.2.1 O corpo-de-prova deve ser constituído por um segmento de tubo vazio e não pressurizado com aproximadamente 300 mm de comprimento.

D.2.2 Devem ser analisados 3 corpos de prova.

#### D.3 Aparelhagem

D.3.1 Barra de aço com 41,3 mm de largura por, no mínimo, 25,4 mm de altura e comprimento de cerca de 200 mm, tendo bordas arredondadas com raio de 3,17 mm.

D.3.2 Chapa metálica circular plana com diâmetro entre 5 cm e 15 cm e espessura mínima de 1 cm.

D.3.3 Máquina universal de ensaio.

#### D.4 Procedimento

D.4.1 O corpo de prova deve ser colocado sobre a barra de aço, perpendicularmente à maior direção da mesma.

D.4.2 Uma carga deve ser aplicada ao topo do corpo de prova pela chapa metálica plana acoplada a uma máquina universal de ensaio. A carga de compressão deve ser aumentada até 890 N, usando uma velocidade de aplicação de carga de 13 mm/min. e mantida por 5 minutos.

D.4.3 Após o corpo de prova ter sido submetido ao esmagamento descrito no item D.4.2, deve ser submetido ao ensaio de pressão hidrostática interna de curta duração prescrito no Anexo K.

D.4.4 Os procedimentos D.4.1 a D.4.3 devem ser repetidos em mais 2 corpos de prova.

#### D.5 Resultado

Após a aplicação da carga de compressão e após a aplicação da pressão hidrostática interna, registrar as ocorrências nos corpos de prova.

#### D.6 Relatório do ensaio

O relatório deve conter as seguintes informações:

- a) Tipo de tubo e diâmetro nominal;
- b) Ocorrências registradas durante os ensaios;



- c) Data de realização do ensaio;
- d) Referência a esta Norma.



## Anexo E (Normativo)

### Verificação da resistência à flexão

#### E.1 Propósito do ensaio

O propósito do ensaio é verificar se a união dos tubos de CPVC resiste à flexão sem a ocorrência de torção, vazamento ou outros sinais de dano permanente.

#### E.2 Corpos-de-prova

O corpo-de-prova deve ser constituído por dois segmentos de tubos de CPVC totalizando 3,6m de comprimento, e sua respectiva conexão tipo luva.

#### E.3 Aparelhagem

E.3.1 Dois suportes (pendurais).

E.3.2 Dispositivo para aplicação de carga.

#### E.4 Procedimento

E.4.1 O corpo de prova deve ser instalado, usando-se dois suportes (pendurais) que devem estar localizados a uma distância que corresponde a duas vezes a distância máxima especificada na referência técnica do fabricante.

E.4.2 A conexão tipo luva dos segmentos de tubo deve ser centralizada entre os suportes.

E.4.3 A tubulação montada deve ser preenchida com água e pressurizada à pressão de 1,21 MPa.

E.4.4 No ponto central entre os dois suportes, deve ser aplicada uma carga pontual com massa correspondente à metade do peso do tubo cheio de água entre os suportes, conforme mostrado na Figura E1. A carga deve ser mantida por um período de 1 minuto.

E.4.5 Também pode ser utilizado um procedimento de ensaio que utiliza espaçamentos de suportes mais curtos com um aumento correspondente na carga aplicada, para conseguir um momento de curvatura equivalente, usando a seguinte fórmula:

$$P = \frac{2\omega L_r^2 - \omega L_t^2}{2L_t}$$

Onde:

P = a carga pontual a ser aplicada, em gramas;

$\omega$  = a massa por unidade de comprimento do tubo cheio de água, em gramas por centímetro,

$L_r$  = duas vezes a distância máxima do espaçamento dos suportes especificada pela referência técnica do fabricante, em centímetros;

$L_t$  = a distância entre os suportes na configuração do ensaio, em centímetros.

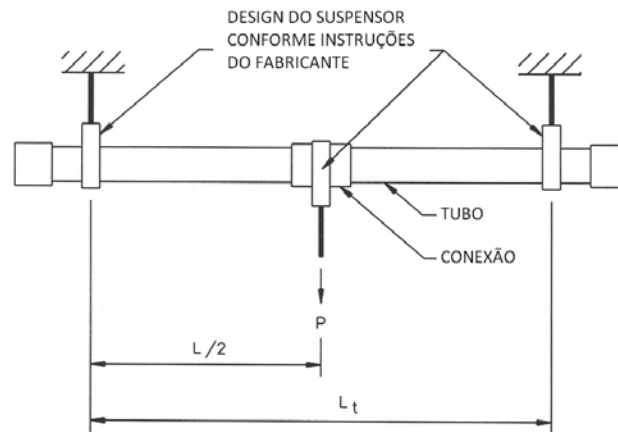


Figura E.1 - ConFiguração do ensaio de flexão

## E.5 Resultado

Registrar o aparecimento de torção, vazamento ou outros sinais de dano permanente no corpo de prova.

## E.6 Relatório do ensaio

O relatório deve conter as seguintes informações:

- Tipo de tubo e diâmetro nominal;
- Ocorrências registradas durante o ensaio;
- Data de realização do ensaio;
- Referência a esta Norma.



## Anexo F (Normativo)

### Verificação da resistência ao impacto

#### F.1 Propósito do ensaio

O propósito do ensaio é verificar a manutenção da resistência à pressão hidrostática interna dos tubos de CPVC após serem submetidos ao impacto.

#### F.2 Corpos de Prova

**F.2.1** O corpo-de-prova deve ser constituído por um segmento de tubo com aproximadamente 300 mm de comprimento.

**F.2.2** Devem ser analisados pelo menos 3 corpos de prova.

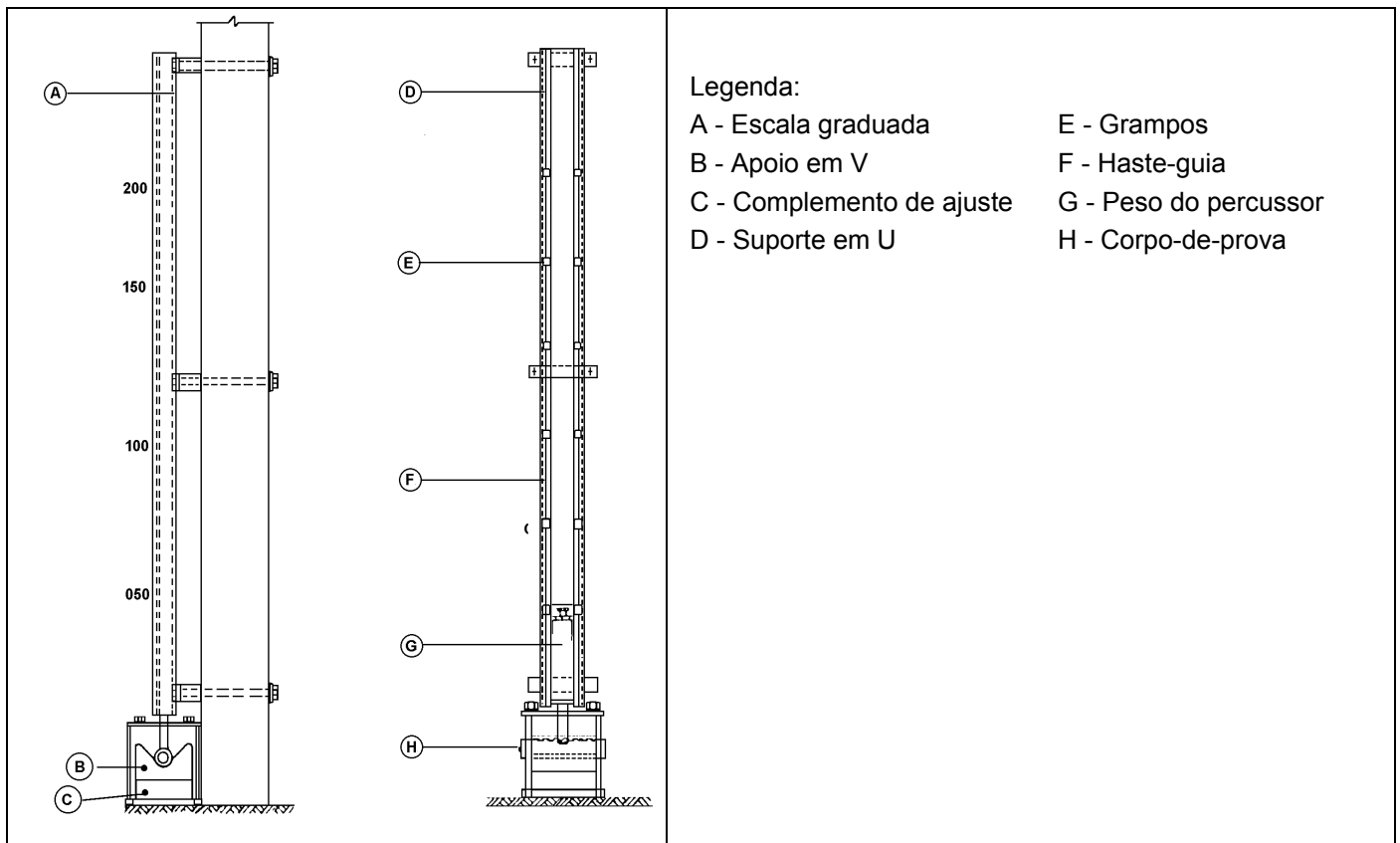
#### F.3 Aparelhagem

**F.3.1** A aparelhagem necessária à execução do ensaio é descrita em F.3.2 e F.3.3:

**F.3.2** Aparelho de impacto, conforme a Figura F.1, que tenha os seguintes elementos:

- a) Tubo-guia, de metal ou plástico, de pelo menos 2 m de comprimento, que permita centrar o percussor durante a sua queda, com o mínimo de atrito;
- b) Percussor cilíndrico de aço com massa de 0,9 kg, diâmetro de 31,7 mm e com a face de impacto plana que tenha bordas arredondadas;
- c) Apoio de aço, em forma de V, com ângulo de 120° e comprimento mínimo de 230 mm;
- d) Sistema ou dispositivo de ajuste de altura do corpo-de-prova em relação ao tubo-guia;
- e) Sistema ou dispositivo de frenagem que impeça o percussor dar mais de um impacto por queda no corpo-de-prova;
- f) O equipamento deve ser apoiado sobre uma base de concreto ou outro material não absorvedor de energia.

**F.3.3** Banho termoestabilizado na temperatura de ensaio, com capacidade de alojar os corpos-de-prova totalmente submersos, ou ambiente climatizado na temperatura de ensaio.



**Figura F.1 – Aparelhagem para o ensaio de impacto**

## F.4 Procedimento

**F.4.1** As amostras de tubos devem ser condicionadas a  $(0 \pm 3) ^\circ\text{C}$  e  $(21 \pm 3) ^\circ\text{C}$  por períodos de 24 horas.

**F.4.2** Ajustar a altura do apoio de aço em forma de V em relação à extremidade inferior do tubo-guia, conforme o diâmetro externo do corpo-de-prova.

**F.4.3** Imediatamente após o condicionamento, num prazo máximo de 5 minutos, colocar cada corpo de prova no apoio em V. O ensaio deve ser conduzido à  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ .

**F.4.4** Posicionar o percussor metálico no tubo-guia para a altura de queda adequada para a aplicação do impacto de 13,5 J para tubos com diâmetro nominal inferior a 25 e para aplicação do impacto de 20,3 J para tubos com diâmetro nominal superior a 25.

**F.4.5** Examinar cada corpo-de-prova verificando a ocorrência ou não de falhas, como fissuras, trincas, furos ou quebras. Eventuais depressões no corpo-de-prova na região do impacto não devem ser consideradas falhas.

**F.4.6** Após o impacto, se os 3 corpos de prova analisados não apresentarem falhas, estes corpos de prova devem ser submetidos ao ensaio de pressão hidrostática interna especificado no Anexo K.

## F.5 Resultado

Registrar as ocorrências nos corpos de prova após a aplicação do impacto e após a aplicação da pressão hidrostática interna.





## F.6 Relatório do ensaio

O relatório deve conter as seguintes informações:

- a) Tipo de tubo e diâmetro nominal;
- b) Ocorrências registradas durante o ensaio;
- c) Data de realização do ensaio;
- d) Referência a esta Norma.



## Anexo G (Normativo)

### Verificação da vibração

#### G.1 Propósito do ensaio

O propósito do ensaio é verificar a ocorrência de deterioração das características de desempenho dos tubos e conexões de CPVC depois de submetidos aos efeitos de vibração por um período de 30 horas. Após terem sido submetidas ao ensaio de vibração especificado, as amostras deverão resistir à pressão hidrostática interna de acordo com o Anexo K.

#### G.2 Corpos-de-Prova

O corpo-de-prova deve ser constituído por segmentos de tubo com comprimento de cerca de 610 mm acoplados em cada saída de um "T".

#### G.3 Aparelhagem

**G.3.1** Mesa vibratória.

**G.3.2** Suportes (pendurais).

**G.3.3** Equipamento de tensão-compressão.

#### G.4 Procedimento

**G.4.1** Um sistema de tubulação de CPVC, montado de acordo com as recomendações do fabricante, e consistindo de 2 segmentos de tubo com cerca de 610 mm de comprimento, acoplados a cada saída de um "T", devem ser colocados horizontalmente e acoplados a uma mesa vibratória.

**G.4.2** As ramificações do tubo devem ser presas à mesa de vibração de cada lado das saídas dos "T".

**G.4.3** A ramificação da saída do "T" lateral deve ter uma conexão na extremidade do tubo da ramificação e deve estar apoiada em um suporte de tubo localizado próximo à conexão final. O suporte deve ser selecionado entre os tipos de suportes especificados pelo fabricante do tubo como sendo o mais provável de causar dano ou desgaste por abrasão no tubo. O suporte deve estar localizado à distância máxima da conexão final, conforme especificado pelo fabricante e conectado a um suporte fixo (não vibratório).

**G.4.4** Uma carga equivalente ao peso de um tubo cheio de água com 1,2 m de comprimento deve pender livremente da conexão localizada na extremidade da saída lateral da ramificação do tubo. As Figuras G.1 e G.2 apresentam o sistema geral do ensaio de vibração.

**G.4.5** As montagens dos corpos de prova, conforme ilustradas nas Figuras G.1 e G.2, não pressurizadas, devem ser submetidas a uma vibração com 0,51 mm de amplitude com uma frequência variável de 18 a 37 hertz por um período de 5 horas. O período de ciclo deve ser de  $(25 \pm 5)$  segundos. Se um ou mais pontos de ressonância puderem ser claramente detectados, as montagens devem ser vibradas àquela frequência ou frequências por períodos das 25 horas restantes do teste, proporcionais ao número de frequências ressonantes detectadas. Caso nenhuma frequência ressonante seja achada, então, os testes devem ser conduzidos às amplitudes, frequências e períodos de tempo mostrados na Tabela G.1.

**G.4.6** Para este teste, a amplitude é definida como o deslocamento máximo do movimento senoidal, a partir da posição de descanso ou metade do deslocamento total da mesa.

G.4.7 Após ter sido submetida à vibração requerida, a amostra deve ser examinada em busca de desgaste e danos, sendo, então, submetida à pressão hidrostática interna de acordo com o Anexo L.

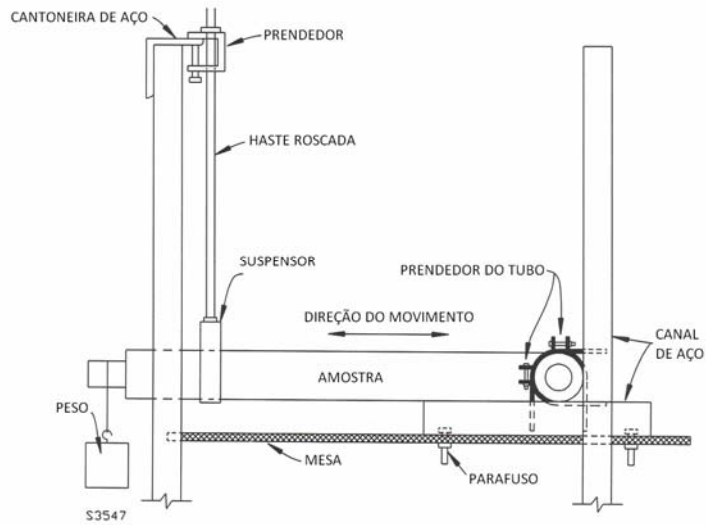


Figura G.1 - Arranjo geral

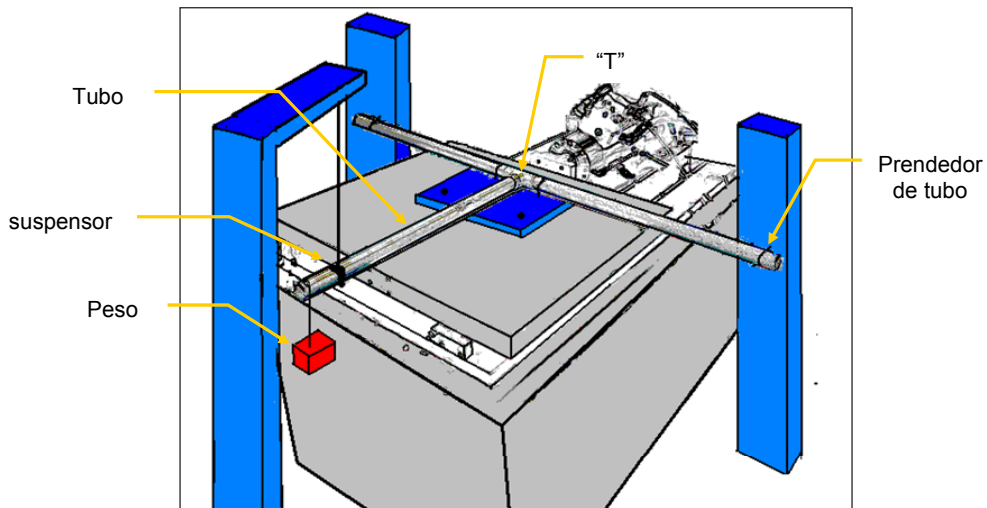


Figura G.2 - Montagem ilustrativa da amostra para ensaio de vibração na mesa vibratória

Tabela G.1 - Amplitude de vibração

Amplitude (mm)	Deslocamento total (mm)	Frequência (Hertz)	Tempo (Horas)
0,25	0,50	28	5
0,50	1,00	28	5
2,00	3,80	28	5
0,50	1,00	18 – 37 (variável)	5
0,90	1,80	18 – 37 (variável)	5



## **G.5 Resultado**

Registrar as ocorrências nos corpos de prova após as condições de vibração e após a aplicação da pressão hidrostática interna.

## **G.6 Relatório do ensaio**

O relatório deve conter as seguintes informações:

- a) Tipo de tubo e conexão e diâmetro nominal;
- b) Ocorrências registradas durante o ensaio;
- c) Data de realização do ensaio;
- d) Referência a esta Norma.



## Anexo H (Normativo)

### Verificação da operação do chuveiro automático de incêndio à alta pressão

#### H.1 Propósito do ensaio

O propósito do ensaio é verificar a capacidade de um arranjo de tubos e conexões de CPVC de fornecer suporte suficiente para manter o chuveiro automático de incêndio na posição de operação e descarga, quando ensaiado conforme descrito a seguir.

#### H.2 Corpos de Prova

O corpo-de-prova deve ser constituído por um tubo de CPVC de 3 m de comprimento, conexões e dois chuveiros automáticos de incêndio.

#### H.3 Aparelhagem

H.3.1 Ponto de água capaz de fornecer a pressão de 1,21 MPa.

H.3.2 Abraçadeiras.

H.3.3 Forro suspenso.

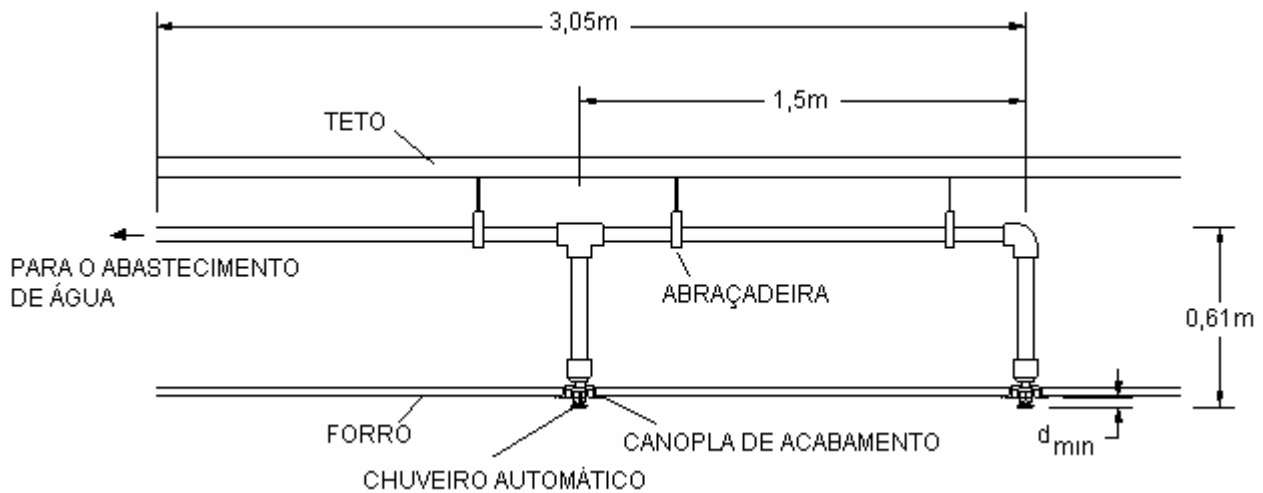
#### H.4 Procedimento

H.4.1 O corpo-de-prova deve ser conectado a um fornecimento de água capaz de fornecer a pressão de 1,21 MPa. Um cotovelo com uma queda de 610 mm até o chuveiro automático de incêndio deve ser instalado na extremidade do tubo. Um segundo chuveiro automático de incêndio deve ser instalado no ponto médio do corpo-de-prova tendo, pelo menos, uma queda de 610 mm desde o "T" até o chuveiro automático de incêndio.

H.4.2 Um forro suspenso deve ser instalado no nível do chuveiro automático de incêndio com as canoplas de acabamento dos chuveiros automáticos instalados. O material do forro suspenso, os chuveiros e as canoplas de acabamento dos chuveiros usados para este ensaio devem ser selecionados, a partir das opções especificadas pelo fabricante, com base nas seguintes considerações.

- a) O material do forro tenha maior probabilidade de interferir nas características de descarga do chuveiro automático de incêndio a ser usado.
- b) A distância do defletor do chuveiro automático de incêndio, abaixo do fundo do flange, deve ser a mínima.
- c) A canopla de acabamento usada deve ser a que fornece o menor suporte para o chuveiro automático de incêndio.

H.4.3 A Figura H.1 mostra a configuração do ensaio especificado.



**Figura H.1 – ConFiguração do ensaio de verificação da operação do chuveiro automático de incêndio à alta pressão**

**H.4.4** O sistema da tubulação e do chuveiro automático de incêndio deve ser pressurizado com 1,21 MPa. O chuveiro automático de incêndio deve então ser acionado com uma fonte de calor e descarregado a uma pressão de no mínimo 1,089 MPa por um período de 2 minutos. Deve-se fazer a observação visual das características de descarga e de posição do chuveiro automático de incêndio.

## H.5 Resultado

Registrar as características de descarga e de posição do chuveiro automático de incêndio.

## H.6 Relatório do ensaio

O relatório deve conter as seguintes informações:

- Tipo de tubo e conexão e diâmetro nominal;
- Ocorrências registradas durante o ensaio;
- Data de realização do ensaio;
- Referência a esta Norma.



## **Anexo I** **(Normativo)**

### **Verificação da resistência à torção**

#### **I.1 Propósito do ensaio**

Determinar o maior raio de curvatura de tubos de CPVC que provoca o estrangulamento do tubo.

#### **I.2 Corpo de Prova**

Segmentos de tubos de CPVC com comprimento de 2m.

#### **I.3 Aparelhagem**

**I.3.1** Aparelho de teste de curvatura, que consiste de um mandril ajustável, que pode ser variado quanto ao diâmetro, para determinar o raio de curvatura do tubo quando ocorrer o estrangulamento.

**I.3.2** Estufa para condicionamento da peça.

#### **I.4 Procedimento**

**I.4.1** As amostras de cada diâmetro de tubo devem ser condicionadas a  $(-5 \pm 3)$  °C,  $(21 \pm 3)$  °C e a  $(65 \pm 3)$  °C, por 24 horas.

**I.4.2** Imediatamente após o condicionamento, a amostra deve ser colocada num aparelho de teste de curvatura e o raio de curvatura do tubo deve ser gradualmente reduzido, até que ocorra o estrangulamento.

#### **I.5 Resultado**

Registrar o menor raio de curvatura aplicado que resultou o estrangulamento da seção do tubo.

#### **I.6 Relatório do ensaio**

O relatório deve conter as seguintes informações:

- a) características do tubo e conexão ensaiados, isto é, tipo de tubo e conexão e diâmetro nominal;
- b) ocorrências registradas durante o ensaio;
- c) data de realização do ensaio;
- d) referência a esta Norma.



## Anexo J (Normativo)

### Verificação da montagem

#### J.1 Propósito do ensaio

O propósito do ensaio é verificar a ocorrência de ruptura, separação ou vazamento das tubulações de CPVC quando submetidas à pressão hidrostática de 1,21 MPa.

#### J.2 Corpos de Prova

Tubos e conexões de CPVC.

#### J.3 Aparelhagem

**J.3.1** Ponto de água capaz de fornecer a pressão de 1,21 MPa.

**J.3.2** Regulador de pressão calibrado.

#### J.4 Procedimento

**J.4.1** A montagem do tubo e conexões deve incluir o seguinte:

- a) Montagem nas temperaturas e nos períodos de tempos de cura mínimos especificados pelo fabricante. O ensaio deve incluir a montagem a 0 °C e a 49 °C;
- b) Os tubos, as conexões, o adesivo e as ferramentas necessárias para a montagem devem ser condicionados a cada temperatura especificada por um período mínimo de 16 h, antes da montagem. Cada montagem deve ser feita na temperatura de condicionamento especificada, usando os tempos de cura mínimos, especificados pelo fabricante.

**J.4.2** Após a montagem e o tempo mínimo de cura especificado pelo fabricante, o arranjo deve ser submetido a uma pressão hidrostática interna de 1,21 MPa por 2 h.

**J.4.3** Verificar a ocorrência de rupturas, deslocamento das conexões em relação ao tubo ou vazamentos.

#### J.5 Relatório do ensaio

O relatório deve conter as seguintes informações:

- a) Tipo de tubo e conexão, e diâmetro nominal;
- b) Ocorrências registradas durante o ensaio;
- c) Data de realização do ensaio;
- d) Referência a esta Norma.



## Anexo K (Normativo)

### Verificação da resistência à pressão hidrostática interna

#### K.1 Propósito do ensaio

O propósito do ensaio é verificar a ocorrência de rupturas, separações ou vazamentos ao submeter o tubo e as conexões de CPVC a uma temperatura e pressão hidrostática interna especificada.

#### K.2 Aparelhagem

A aparelhagem necessária à execução do ensaio é a seguinte:

- a) Banho de água termoestabilizado capaz de conter todos os corpos-de-prova e mantê-los na temperatura especificada durante todo o ensaio;
- b) Equipamento de pressurização e respectivo regulador de pressão, capaz de elevar, gradativamente sem golpe, num tempo máximo de 30 s, a pressão requerida e de mantê-la durante todo o ensaio com tolerância de 2%;
- c) Reservatório de água pressurizada capaz de suprir os corpos-de-prova durante sua dilatação;
- d) Manômetro capaz de medir a pressão hidrostática de ensaio, com precisão de  $\pm 2\%$ ; e
- e) Caps de fechamento e peças de conexão para montagem e acoplamento do corpo-de-prova ao equipamento de pressurização.

#### NOTAS

- 1 As peças de conexão e de montagem devem assegurar uma perfeita estanqueidade do conjunto: corpos-de-prova e equipamento de pressurização.
- 2 O sistema de acoplamento deve permitir a livre variação longitudinal e radial do corpo-de-prova durante todo o ensaio.
- 3 A Figura K.1, exemplifica alguns sistemas de montagem adequados.

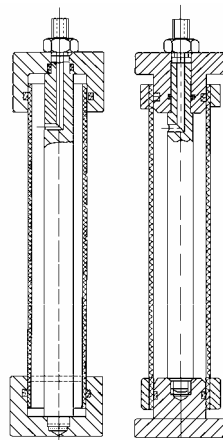


Figura K.1 - Sistema de montagem de corpos-de-prova



### **K.3 Corpos-de-prova**

**K.3.1** Devem ser ensaiados 3 corpos-de-prova. Os corpos-de-prova devem ser segmentos de tubos e conexões, com comprimento livre de ensaio (L), entre os caps de fechamento e entre as conexões, de pelo menos dez vezes o diâmetro externo médio do tubo (10x $d_{em}$ ).

**K.3.2** Excepcionalmente, caso se esteja ensaiando conexões, o comprimento livre do tubo pode ser inferior a dez vezes o seu diâmetro.

### **K.4 Procedimento**

**K.4.1** Eliminar do corpo-de-prova toda a sujeira, óleos, restos de graxa, etc.

**K.4.2** Realizar a montagem do tubo e das conexões conforme recomendações do fabricante do tubo, incluindo os meios de união.

**K.4.3** Fechar as extremidades do corpo-de-prova com os caps e enchê-lo com água, na temperatura especificada.

**K.4.4** Conectar o corpo-de-prova ao equipamento de pressurização e purgar todo o ar do interior do sistema.

**K.4.5** Condicionar o corpo-de-prova, totalmente submerso no banho termoequilibrado à temperatura especificada por no mínimo uma hora.

**K.4.6** Aplicar a pressão hidrostática de ensaio especificada, com tolerância de  $\pm 2\%$ , elevando-se gradativamente e sem golpe, num tempo máximo de 30 s.

**K.4.7** Computar o tempo de ensaio a partir do instante em que a pressão se estabilizar no corpo-de-prova.

**K.4.8** Após a estabilização da pressão, deve-se mantê-la por 1 minuto e verificar se após este período ocorreram rupturas, deslocamento da conexão em relação ao tubo ou vazamentos do corpo de prova.

**K.4.9** Se ocorrer ruptura no corpo-de-prova a uma distância menor que 0,1L de uma das extremidades, o resultado deve ser desprezado e o ensaio repetido em outro corpo-de-prova.

### **K.5 Relatório de ensaio**

O relatório deve conter as seguintes informações:

- a) especificação e identificação completa do tubo e conexões;
- b) exigências do ensaio (pressão, tempo e temperatura);
- c) no caso de ruptura do corpo-de-prova em que condições ocorreu;
- d) data do ensaio; e
- e) referência a esta Norma.



## **Anexo L** **(Normativo)**

### **Determinação do ciclo de pressão**

#### **L.1 Propósito do ensaio**

O propósito do ensaio é verificar a ocorrência de vazamento, separação ou ruptura nos tubos e conexões de CPVC quando submetidos a 3000 ciclos de pressão de zero a duas vezes a pressão de serviço e ao ensaio de pressão hidrostática do item 4.2.12 e Anexo K.

#### **L.2 Corpos de Prova**

O tubo deve ter um comprimento livre entre as conexões/tampões de no mínimo dez vezes o diâmetro do tubo. Excepcionalmente, caso se esteja ensaiando conexões, o comprimento livre do tubo pode ser inferior a dez vezes o diâmetro

#### **L.3 Aparelhagem**

L.3.1 Aparelho para ciclo de pressão.

L.3.2 Regulador de pressão calibrado.

#### **L.4 Procedimento**

L.4.1 Amostras representativas do tubo e das conexões de CPVC montados conforme recomendado na referência técnica do fabricante, devem estar conectadas a um aparelho adequado para ciclos de pressão, cheio com água e com todo o ar purgado.

L.4.2 A montagem do tubo deve ser submetida a 3000 ciclos de pressão. A pressão interna deve ser alternada do zero até duas vezes a pressão de serviço até 0 kPa, em uma frequência de cerca de 10 ciclos por minuto.

L.4.3 Após as amostras de tubos e conexões terem sido submetidas aos 3000 ciclos descritos no item L.4.2, deverão ser submetidas ao ensaio de pressão hidrostática especificado no item 4.2.12.

#### **L.5 Resultado**

Registrar as ocorrências no corpo de prova durante e ao final dos ciclos de pressão, e após a aplicação da pressão hidrostática interna.

#### **L.6 Relatório do ensaio**

O relatório deve conter as seguintes informações:

- a) Tipo de tubo e conexão, e diâmetro nominal;
- c) Ocorrências registradas durante o ensaio;
- d) Data de realização do ensaio;
- e) Referência a esta Norma.



## Anexo M (Normativo)

### Determinação do ciclo de temperatura

#### M.1 Propósito do ensaio

O propósito do ensaio é verificar a ocorrência de vazamento, deslocamento das conexões em relação ou ruptura nos tubos e conexões de CPVC quando submetidos a ciclos de temperatura de 1,7 °C até a temperatura máxima de serviço e ao ensaio de pressão hidrostática do item 4.2.12 e Anexo K.

#### M.2 Corpos de Prova

M.2.1 No caso de ensaios de tubos, estes devem ter um comprimento livre entre as conexões/tampões de no mínimo dez vezes o diâmetro do tubo.

M.2.2 No caso de ensaios das conexões no sistema, o comprimento livre do tubo pode ser inferior a dez vezes o diâmetro.

#### M.3 Aparelhagem

M.3.1 Ponto de água capaz de fornecer a pressão necessária ao ensaio.

M.3.2 Regulador de pressão.

M.3.3 Estufa adequada para condicionar as amostras nas temperaturas do ensaio.

M.3.4 Termômetro.

#### M.4 Procedimento

M.4.1 Amostras representativas do tubo e das conexões devem ser montadas conforme especificado fabricante, preenchidas com água, purgadas de ar e hidrosticamente pressurizadas a 345 kPa.

M.4.2 As amostras pressurizadas devem ser submetidas a ciclos de temperaturas, conforme descrito a seguir

- 1ª etapa: inicia-se o ciclo com a temperatura a 1,7 °C durante 24h;
- 2ª etapa: eleva-se a temperatura a 65 °C, e a mantém durante 24h;
- 3ª etapa: finaliza-se ciclo retornando a temperatura de 1,7 °C durante 24h.

M.4.2.1 Estas 3 etapas compõem um ciclo que deve ser realizado por 5 vezes.

M.4.3 Subseqüentemente aos ciclos de temperatura, submete-se o tubo e as conexões ao Teste de Pressão Hidrostática, item 4.2.12, Anexo K.

#### M.5 Relatório do ensaio

O relatório deve conter as seguintes informações:

- a) Tipo de tubo e conexão, e diâmetro nominal;



- f) Ocorrências registradas durante o ensaio;
- g) Data de realização do ensaio;
- h) Referência a esta Norma.



## Anexo N (Normativo)

### Determinação da Tensão Base de Projeto (HDB)

#### N.1 Propósito do ensaio

Este método descreve o procedimento para obter a categoria da tensão hidrostática de longa duração, denominada como “tensão base de projeto” (HDB), baseada na tensão hidrostática de longa duração do material do tubo (long-term hydrostatic strengt - LTHS).

O LTHS é determinado através da análise dos dados da relação tensão circunferencial x tempo de falha, em um período de pelo menos 10 000 horas de ensaio. Os dados são analisados estatisticamente, sendo que a tensão a 100 000 horas é determinada por extrapolação (LTHS). O valor resultante do LTHS determina a categoria de HDB para o tubo analisado.

#### N.2 Aparelhagem

**N.2.1** Banho de água ou outro fluido.

**N.2.2** Sistema de pressurização capaz de aplicar uma pressão hidrostática interna constante e uniforme no corpo-de-prova. O sistema deve ser capaz de atingir a pressão de ensaio sem excedê-la e mantê-la na tolerância especificada durante a duração do ensaio.

**N.2.3** Equipamento de leitura de pressão com exatidão de  $\pm 1\%$ ;

**N.2.4** Cronômetro integrado ao sistema de pressurização capaz de medir o tempo de falha com exatidão de  $\pm 2\%$ ;

**N.2.5** Dispositivos de fechamento das extremidades dos corpos-de-prova capazes de permitir ou impedir a movimentação longitudinal durante o ensaio e que suporte as pressões atingidas. Os dispositivos não devem transmitir esforços aos corpos-de-prova.

#### N.3 Preparação dos corpos-de-prova

**N.3.1** Para cada diâmetro, no mínimo 18 corpos-de-prova devem ser ensaiados. Os corpos-de-prova devem ser segmentos de tubos e conexões, com comprimento livre de ensaio ( $L$ ), entre os caps de fechamento, de pelo menos dez vezes o diâmetro nominal do tubo ( $10 \times DN$ ). O comprimento livre não pode ser menor que 250 mm e maior que 1000 mm.

**N.3.2** Os corpos-de-prova devem ter suas extremidades cortadas em esquadro e estar isentos de rebarbas ou imperfeições que possam alterar o resultado do ensaio.

#### N.4 Procedimento

**N.4.1** Determinar o diâmetro externo e a espessura mínima de parede dos corpos-de-prova.

**N.4.2** Os dispositivos de fechamento das extremidades devem ser acoplados nos corpos-de-prova;

**N.4.3** O ambiente interno do corpo-de-prova submetido ao ensaio deve ser água e o ambiente externo, ar ou água. Outro meio pode ser utilizado, desde que registrado no relatório de ensaio. A água deve ser mantida nas temperaturas especificadas no item 4.1.1.9.

**N.4.4** Disponibilizar o corpo-de-prova no ambiente e enchê-lo com água, eliminando todo o ar do interior do mesmo;



**N.4.5** Os corpos-de-prova devem estar assentados em algum suporte de modo a não apresentarem deflexão durante o ensaio.

**N.4.6** Aumentar continuamente a pressão interna até a pressão de ensaio.

**N.4.7** As pressões de ensaio deverão ser definidas de modo a se obter a distribuição de pontos de falha para a amostra ensaiada conforme a Tabela N.1:

**Tabela N.1 – distribuição dos pontos de falha**

Tempo de falha (h)	Pontos de falha
< 1000	No mínimo 06
10 a 1 000	No mínimo 03
1 000 a 6 000	No mínimo 03
Após 6 000	No mínimo 03
Após 10 000	No mínimo 01
Total	No mínimo 18

**N.4.8** Iniciar a contagem do tempo;

**N.4.9** Cada corpo-de-prova deve ser pressurizado individualmente ou por um sistema distribuidor de pressão. Se for utilizado um sistema distribuidor deve ser garantida a uniformidade da pressão do sistema no momento de falha de algum corpo-de-prova. A medição do tempo de ensaio deve ser individualizada para cada corpo-de-prova;

**N.4.10** Obter um mínimo de 18 pontos de falha de acordo com a Tabela N.1. Deve ser considerado como falha a exsudação ou a ruptura do corpo-de-prova.

**N.4.11** Manter a pressão hidrostática interna em cada corpo-de-prova com tolerância de  $\pm 1\%$ .

**N.4.12** Medir o tempo de falha com tolerância de  $\pm 2\%$  ou 40h, o que for menor.

**N.4.13** Analisar os resultados do ensaio usando, para cada ponto de falha, o logaritmo da tensão circunferencial (kPa) e o logaritmo do tempo de falha (em horas), como descrito no Anexo R considerando que:

**N.4.13.1** Um corpo-de-prova que apresente falha num ponto a até um diâmetro de distância do dispositivo de fechamento da extremidade pode ser:

- Incluso como ponto de falha se estiver acima de 95% da curva de limite inferior de confiança;
- Reparado e ensaiado novamente desde o início do ensaio, levando em conta que o novo vazamento deverá ocorrer num ponto a uma distância superior a um diâmetro de distância do dispositivo de fechamento;
- Descartado e o ponto de falha não deverá ser registrado.

**N.4.13.2** Os corpos-de-prova que não falharem após mais de 10 000 horas, podem ser incluídos na construção da curva de regressão desde que o limite de confiança seja atendido.

Nota: os corpos-de-prova que não apresentarem falha podem continuar em ensaio e a curva de regressão pode ser recalculada quando ocorrer falha.

**N.4.13.3** Determinar a curva final de extrapolação pelo método dos mínimos quadrados usando os pontos de falha obtidos no ensaio e os pontos que não apresentaram falha, selecionados conforme os itens N.4.13.1 e N.4.13.2.

**N.4.13.4** Não utilizar pontos para pressões que causarem falha em menos de 10 h da média.



**N.4.13.5** Determinar esses pontos pela média dos tempos de falha dos ensaios feitos sob mesmo nível tensão circunferencial com tolerância de 1380 kPa.

**N.4.13.6** Incluir no relatório todos os pontos de ruptura excluídos por este cálculo, identificando-os como tal.

**N.4.13.7** Calcular conforme o Anexo R o *LTHS (long-term hydrostatic strength)* que é uma estimativa da tensão na parede do tubo na direção circunferencial devido à pressão hidrostática interna, aplicada até a falha do corpo-de-prova após o número de horas especificado.

**N.4.13.8** Se o valor de  $S_{xy} > 0$ , quando calculado conforme R.4.2 do Anexo R, considerar os dados não apropriados para a determinação, se não continuar conforme N.4.13.7.

**N.4.13.9** Calcular o índice de correlação ( $r$ ) conforme R.4.3 do Anexo R. Se o valor encontrado for inferior ao mínimo valor especificado na Tabela R.1 do Anexo R, considerar os dados não apropriados para a determinação, se não continuar conforme N.4.13.8.

**N.4.13.10** Determinar o valor HDB conforme a Tabela N.2 a seguir:

**Tabela N.2 – Determinação da categoria do HDB**

Intervalos de tensão circunferencial calculados (MPa)	Categoria de HDB (MPa)
$1,31 \leq LTHS < 1,65$	1,38
$1,65 \leq LTHS < 2,07$	1,72
$2,07 \leq LTHS < 2,62$	2,17
$2,62 \leq LTHS < 3,31$	2,76
$3,31 \leq LTHS < 4,14$	3,45
$4,14 \leq LTHS < 5,24$	4,34
$5,24 \leq LTHS < 6,62$	5,52
$6,62 \leq LTHS < 8,27$	6,89
$8,27 \leq LTHS < 10,55$	8,62
$10,55 \leq LTHS < 13,24$	11,03
$13,24 \leq LTHS < 16,55$	13,79
$16,55 \leq LTHS < 20,82$	17,24
$20,82 \leq LTHS < 26,41$	21,72
$26,41 \leq LTHS < 33,09$	27,58
$33,09 \leq LTHS < 41,62$	34,47
$41,62 \leq LTHS < 46,92$	43,41
$46,92 \leq LTHS < 54,62$	48,92

## **N.5 Relatório do ensaio**

O relatório deve conter as seguintes informações:





- a) Identificações completas dos corpos-de-prova, incluindo: tipo de material, origem, nome e código do fabricante, etc;
- b) Dimensões dos corpos-de-prova, incluindo: diâmetro nominal, espessuras mínima e média da parede, diâmetro externo médio;
- c) Tipo de dispositivo de fechamento utilizado;
- d) Temperatura de ensaio;
- e) Pressões em MPa e o tempo de falha de todos os corpos-de-prova ensaiados;
- f) Tipo de falha e local, corpos-de-prova que foram incluídos na análise depois de terem sido submetidos à tensão por mais de 10 000 horas devem ser registrados
- g) O valor do LTHS estimado, conforme R.4.6.3;
- h) O valor de  $r$ ;
- i) O valor do HDB, determinado conforme a Tabela N.2;
- j) Data de realização do ensaio;
- k) Referência a esta Norma.



## Anexo O (Normativo)

### Verificação da resistência à exposição ao meio ambiente

#### O.1 Propósito do ensaio

O propósito do ensaio é verificar o desempenho quanto à resistência à tração e à pressão hidrostática (item 4.2.12 e Anexo K), de tubos e conexões de CPVC, após exposição em ambientes agressivos.

#### O.2 Corpos-de-Prova

Segmentos de tubos adequados para realização de ensaio de pressão hidrostática conforme Anexo K, e corpos-de-prova para ensaios de tração conforme ASTM D638.

#### O.3 Aparelhagem

**O.3.1** Recipientes com água destilada ou deionizada mantida à temperatura de  $(87 \pm 2) ^\circ\text{C}$

**O.3.2** Recipientes com água do abastecimento mantida à temperatura de  $(87 \pm 2) ^\circ\text{C}$

**O.3.3** Estufa com circulação de ar

**O.3.4** Aparelho de exposição à água e à luz –“Weather-ometer”

O equipamento *Weather-O-Meter* constitui-se de uma estrutura cilíndrica de aço inoxidável contendo os dispositivos e as condições descritos a seguir:

**O.3.4.1** Lâmpada com filamento de xenônio

**O.3.4.1.1** A lâmpada com filamento de xenônio emite radiação em uma faixa que se estende abaixo de 270 nm no ultravioleta, passando pelo espectro visível até o infravermelho. Para tanto, são utilizados filtros externo e interno de borossilicato para reduzir a emissão dos menores comprimentos de onda e também remover o máximo de infravermelho possível, de forma que o alcance da radiação do corpo-de-prova exposto tenha um poder de distribuição espectral que mais se aproxime da luz solar.

**O.3.4.1.2** A irradiação do corpo-de-prova para o intervalo do comprimento de onda de 300 nm a 400 nm é aproximadamente de  $40 \text{ W/m}^2$  ( $0,35 \text{ W/m}^2$  no comprimento de onda de 340 nm). A irradiação não varia mais do que  $\pm 10\%$  sobre toda a área do corpo-de-prova.

**O.3.4.1.3** Irradiações abaixo de 300 nm não devem exceder  $1 \text{ W/m}^2$ .

**O.3.4.2** Suportes dos corpos-de-prova

Os suportes devem ser feitos de materiais inertes que não afetem os resultados do ensaio, por exemplo alumínio ou aço inoxidável, e devem prover a passagem de ar sobre os corpos-de-prova para o controle de temperatura.

**O.3.4.3** Umidade relativa

**O.3.4.3.1** A umidade relativa do ar que passa sobre os corpos-de-prova pode ser controlada e medida por termômetros de bulbo úmido e seco, introduzidos no espaço do ensaio e protegidos da radiação da lâmpada.

**O.3.4.3.2** A umidade relativa a ser utilizada é  $60 \pm 5\%$ .



#### **O.3.4.4** Termômetro de painel negro para indicação do ensaio de temperatura

**O.3.4.4.1** O termômetro de painel negro deve ser montado no suporte do corpo-de-prova com metal enegrecido com a face voltada para a lâmpada. As leituras só devem ser feitas depois de um dado tempo, o suficiente para que a temperatura esteja estável.

**O.3.4.4.2** O termômetro de painel negro deve ser controlado pelo ajuste de circulação de ar refrigerado.

**O.3.4.4.3** A temperatura utilizada deve ser igual a  $(63 \pm 3) ^\circ\text{C}$ .

#### **O.3.4.5** Pulverizador

**O.3.4.5.1** O sistema do pulverizador deve ser feito de material inerte para não contaminar a água utilizada.

**O.3.4.5.2** O ciclo do pulverizador utilizado é:

- tempo de pulverização: 18 min.;

- intervalo seco entre as pulverizações: 102 min.

**O.3.4.5.3** A resistividade específica da água utilizada no sistema do pulverizador deve ser inferior a  $0,20 \text{ M}\Omega$ . Para tanto, a água deve ser filtrada e deionizada.

#### **O.3.4.6** Instrumentos de medida da dosagem de luz

**O.3.4.6.1** Estes instrumentos devem ser constituídos de um sistema fotorreceptor montado ao lado dos corpos-de-prova, e conectado a um aparelho integrado para a indicação da energia total recebida em um determinado período.

**O.3.4.6.2** O sistema fotorreceptor deve ser sensível à radiação recebida sob um ângulo fixo, similar àquele sob o qual a radiação é recebida pelos corpos-de-prova, e o espectro resultante do sistema fotorreceptor deve ser definido correspondendo às regiões espectrais que produzam mudanças nos corpos-de-prova.

**O.3.4.6.3** O instrumento deve ser calibrado na unidade radiométrica conveniente, Watts por metro quadrado, para a fonte de luz específica. A calibração não deve ser afetada por variações na intensidade da luz ou da temperatura.

### **O.4 Procedimento**

#### **O.4.1 Exposição por Imersão em Água**

- a) As amostras para ensaio de pressão hidrostática devem ser imersas num banho de água, contendo água do abastecimento e mantido a uma temperatura de  $(87 \pm 2) ^\circ\text{C}$ .
- b) Os corpos-de-prova do teste de resistência à tração devem ser imersos em recipientes com água destilada ou deionizada e mantidos à temperatura de  $(87 \pm 2) ^\circ\text{C}$ .
- c) Todas as amostras devem ser expostas por 30, 90 e 180 dias. As amostras devem esfriar por 24 horas a  $(21 \pm 3) ^\circ\text{C}$  e umidade relativa de 50%, antes do ensaio físico.

#### **O.4.2 Exposição ao envelhecimento em estufa com circulação de ar**

- a) As amostras devem ser submetidas ao envelhecimento em estufa com circulação de ar por 30, 90 e 180 dias. A temperatura de teste deve ser de  $(116 \pm 3) ^\circ\text{C}$ .
- b) As amostras devem esfriar por 24 horas a  $(21 \pm 3) ^\circ\text{C}$  com umidade relativa de 50%, antes do ensaio físico.



- c) *Exceção*: o teste de envelhecimento, em estufa com circulação de ar, pode ser realizado a uma temperatura mais baixa por um período de tempo mais longo. A duração da exposição deve ser calculada a partir da seguinte fórmula:

$$D = (184049)e^{-6,93\left(\frac{t_1}{t_2}\right)}$$

Onde:

$D$  = duração do teste em dias e,

$t_1$  = temperatura de teste menor para o teste de maior duração, °C.

$t_2$  = temperatura de teste para a duração de 180 dias (116 °C).

### **O.4.3 Exposição à luz e à água**

As amostras de teste devem ser expostas por 360 horas, à luz e à água, num aparelho de exposição à água e à luz, tipo weather-ometer, conforme especificado no item O.3.4.

### **O.4.4 Ensaio físicos**

Após as amostras terem sido expostas às condições de envelhecimento descritas nos itens O.4.1, O.4.2 e O.4.3 elas devem ser submetidas aos testes descritos a seguir.

- a) Testes de resistência à tração de acordo com a Norma Teste para Propriedades Tensoras de Plásticos, ASTM D638, usando corpos de prova Tipo IV, e velocidade de separação das garras aplicável ao material de tubulação que está sendo testado. No caso das amostras expostas nas condições O.4.1 (imersão em água) e O.4.2 (exposição em estufa), a resistência à tração de corpos-de-prova extraídos dos tubos não deve ser reduzida em mais do que 30% em relação ao valor do material não envelhecido. Para a exposição na condição O.4.3 ("weather-ometer") a redução da resistência à tração não pode ser superior a 10%;
- b) As montagens de tubo e conexões não devem romper, vazar ou apresentar deslocamento da conexão em relação ao tubo em um valor de pressão inferior a 90% do requisito de pressão hidrostática especificado no Teste de Pressão Hidrostática, item 4.2.12 e Anexo K.



## Anexo P (Normativo)

### Verificação da permanência da marcação

#### P.1 Propósito do ensaio

O propósito do ensaio é verificar a permanência da marcação legível após os testes especificados neste Anexo.

#### P.2 Corpos-de-Prova

Os corpos-de-prova usados para este teste devem ser 8 segmentos do tubo de menor diâmetro produzido, no comprimento mínimo de 7,5 cm, que contenham a marcação. Os corpos-de-prova devem ser limpos levemente com um pano limpo, sem fiapos, antes de serem condicionados.

#### P.3 Aparelhagem

P.3.1 Estufa com circulação de ar.

P.3.2 Aparelho de madeira ilustrado na Figura P.1.

P.3.3 Tecido 100 % de algodão cru tipo tela, com largura de aproximadamente 13 mm.

P.3.4 Mesa vibratória.

P.3.5 Uma massa de 0,45 kg.

#### P.4 Procedimento

P.4.1 Dois corpos-de-prova devem ser condicionados por 168 horas numa estufa com circulação de ar, a temperatura de  $(70 \pm 1)^\circ\text{C}$  e, então, removidos da estufa e condicionados por 24 horas a  $(21 \pm 3)^\circ\text{C}$ .

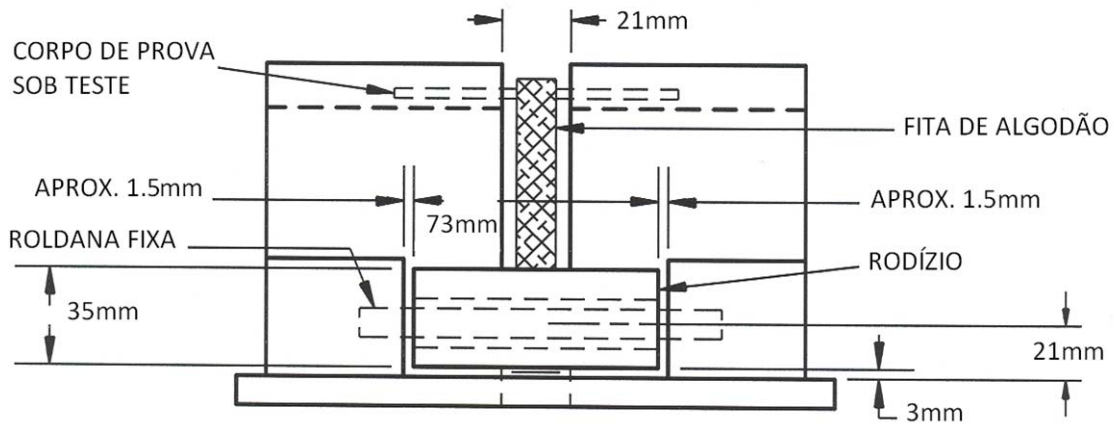
P.4.2 Dois corpos-de-prova devem ser imersos por 24 horas em água de abastecimento mantida a uma temperatura de  $(60 \pm 1)^\circ\text{C}$  e devem ser removidos da água, agitados para remover a maior parte da água e, então, deixados secar (sem esfregar) por 24 horas a  $(21 \pm 3)^\circ\text{C}$ .

P.4.3 Dois corpos-de-prova devem ser imersos em óleo e mantidos a uma temperatura de  $(60 \pm 1)^\circ\text{C}$  por 24 horas. Os corpos-de-prova devem, então, serem removidos do óleo, limpos com um pano macio limpo e seco e condicionados por 24 horas a  $(21 \pm 3)^\circ\text{C}$ . O óleo usado deve ser Óleo Combustível ASTM nº 2, conforme especificado na Norma para Óleos Combustíveis, ASTM D396.

P.4.4 Dois corpos-de-prova devem ser testados, sem qualquer condicionamento, na condição "como recebido".

P.4.5 Os testes devem ser conduzidos, usando-se um aparelho de madeira ilustrado na Figura P.1. O aparelho e os corpos-de-prova devem estar em equilíbrio térmico com o ar circundante, que deve estar a uma temperatura de  $(23 \pm 8)^\circ\text{C}$  e a uma umidade relativa de  $(50 \pm 5)\%$ , durante todo o teste. Um novo segmento de tecido deve ser usado para cada corpo-de-prova. Uma extremidade do tecido deve ser acoplada à mesa vibratória (com a mesa em uma extremidade de seu percurso) e uma massa de 0,45 kg deve ser acoplada à outra extremidade, antes que qualquer corpo-de-prova seja colocado no lugar.

Dimensões são mostradas em milímetros (mm)



**Figura P.1 - Vista lateral e da extremidade rolante do aparelho de teste de permanência da marcação**

**P.4.6** O tecido deve ser levantado e o corpo-de-prova colocado na fenda, conforme mostrado na Figura P.1, com a marcação no centro do arco de contato entre o tecido e o corpo-de-prova. As extremidades do corpo-de-prova devem ser fixadas para evitar que a área impressa da amostra gire para fora do tecido. O tecido deve, então, ser suavemente baixado no local da marcação, sobre o corpo-de-prova.

**P.4.7** Deve então ser iniciado o movimento vibratório horizontal (movimento harmônico simples) da mesa a velocidade de aproximadamente 28 ciclos por minuto, cada ciclo consistindo de um movimento completo para frente e para trás (um percurso aproximado de 159 mm). A mesa deve ser parada após 50 ciclos. Os corpos-de-prova condicionados devem ser examinados em relação à legibilidade de marcação. Três corpos-de-prova não condicionados devem ser submetidos a 50 ciclos adicionais de esfregação, com o outro lado do tecido de algodão, antes de serem examinados. Se a marcação estiver ilegível em qualquer um dos corpos-de-prova, a marcação no tubo é reprovada.

## Anexo Q (Normativo)

### Resistência ao fissuramento sob tensão

#### Q.1 Princípio

Este ensaio destina-se a verificar a resistência ao fissuramento sob tensão de componentes de latão que contém mais de 15% de zinco, por exposição em atmosfera de amônia úmida durante 10 dias.

#### Q.2 Aparelhagem

Q.2.1 Estufa capaz de manter a temperatura de  $(34 \pm 1) ^\circ\text{C}$ .

Q.2.2 Lupa estereoscópica com aumento de 25 vezes.

Q.2.3 Câmara de vidro para exposição das peças com dimensões mínimas de  $(305 \pm 25)$  mm x  $(305 \pm 25)$  mm x  $(305 \pm 25)$  mm, com uma tampa de vidro.

Q.2.4 Bandeja de material inerte para ser colocada na câmara do item Q.2.3 para apoio das peças.

Q.2.5 Torquímetro com capacidade de aplicar torques de 35 N.m até 250 N.m e resolução de 1 N.m

#### Q.3 Reagentes

Q.3.1 Solução para desengraxar as peças metálicas

Q.3.2 Solução aquosa de amônia líquida com massa específica de 0,94

#### Q.4 Preparação dos corpos-de-prova

Q.4.1 A amostra a ser ensaiada é constituída por peças de latão ou contendo partes de latão com mais de 15% de zinco.

Q.4.2 Cada peça a ser ensaiada deve ser submetida às tensões físicas às quais é submetida durante seu uso normal. Peças que serão acopladas a outros componentes por meio de rosca no seu uso no campo, devem ser acopladas e submetidas ao torque constante na Tabela Q.1 a seguir. Este torque deve ser mantido durante toda a duração do ensaio. Não devem ser usados materiais veda-rosca como fitas de teflon nestas roscas.

Tabela Q.1 – Torque a ser aplicado nas conexões roscadas

Diâmetro nominal do tubo	Torque (N.m)
20 ( $\frac{3}{4}$ "	68
25 (1"	136
32 (1 $\frac{1}{4}$ "	164
40 (1 $\frac{1}{2}$ "	175
50 (2"	186
65 (2 $\frac{1}{2}$ "	194
80 (3"	203



## **Q.5 Procedimento**

### **Q.5.1 Preparo da câmara**

Colocar na câmara de vidro 600 mL da solução de amônia líquida e a bandeja para apoiar os corpos-de-prova. Os corpos-de-prova devem ficar a  $(38 + 13 - 0)$  mm acima da solução amoniacal.

### **Q.5.2 Exposição**

Três peças devem ser desengraxadas e depois devem ser expostas continuamente em uma determinada posição durante 10 dias na câmara com atmosfera de amônia, em temperatura de  $(34 \pm 1)$  °C e a pressão atmosférica.

### **Q.5.3 Avaliação**

Após os 10 dias de exposição, as peças devem ser examinadas com aumento de 25 vezes para se verificar a presença ou não de fissuras.

## **Q.6 Relatório do ensaio**

O relatório deve conter as seguintes informações:

- a) Tipo de peça e diâmetro nominal;
- b) Presença ou não de fissuras e localização das fissuras;
- c) Data de realização do ensaio;
- d) Referência a esta Norma.





## Anexo R (Informativo)

### Método dos mínimos quadrados para o cálculo dos parâmetros de HDB

#### R.1 Geral

R.1.1 A análise é baseada na seguinte relação:

$$y = a + bx \quad (R.1)$$

onde:

x é a variável 1;

y é a variável 2;

b é a inclinação da reta;

a é a intersecção com o eixo y.

R.1.2 Para os cálculos usa-se uma análise de função linear (às vezes denominada análise de covariância), após os testes para o sinal (+ ou -) da inclinação e do valor do coeficiente de correlação com os dados disponíveis. As equações relevantes são apresentadas junto com um exemplo de dados amostrais e os resultados calculados por este método. Pode ser usado algum método computacional estatístico para cálculo destes valores, desde que validado através da concordância com os resultados apresentados no exemplo.

R.1.3 Pelos critérios estabelecidos neste Anexo, deve ser assumido um tempo de 438 000 h.

#### R.2 Procedimento de análise dos dados

R.2.1 Utilizar a função linear apresentada acima para analisar n pares de dados amostrais (x e y) para obter as informações indicadas em R.2.1.1 a R.2.1.4:

R.2.1.1 A inclinação (b) da reta.

R.2.1.2 A intersecção com o eixo y (a).

R.2.1.3 O coeficiente de correlação (r).

R.2.1.4 A média prevista, o intervalo de confiança inferior de 95% e o intervalo de previsão inferior de 95%, estimados para a média.

#### R.3 Atribuição de variáveis

Seja  $x = \log_{10} t$ , onde t é o tempo em horas, e  $y = \log_{10} V$ , onde V é o valor da tensão circunferencial.

#### R.4 Equações das relações funcionais e método de cálculo

##### R.4.1 Base estatística e símbolos

R.4.1.1 Deve ser utilizada a seguinte base estatística e respectivos símbolos:



$n$  = número de pares de valores observados ( $t_i$  e  $V_i$ )

$y_i = \log_{10} V_i$ , onde  $V_i$  é a tensão circunferencial na observação  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ )

$x_i = \log_{10} t_i$ , onde  $t_i$  é tempo de ruptura, em horas, na observação  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ )

$y_m$  = média aritmética de todos os valores de  $y_i$

$x_m$  = média aritmética de todos os valores de  $x_i$

## R.4.2 Soma dos mínimos quadrados

R.4.2.1 Calcular as seguintes somas dos mínimos quadrados:

$$S_{xy} = \frac{1}{n} \sum (x_i - x_m)(y_i - y_m) \quad (\text{R.2})$$

R.4.2.2 Se  $S_{xy} > 0$  considerar que os dados não são adequados para a avaliação do material; caso contrário, calcular os valores a seguir:

$$S_{xx} = \frac{1}{n} \sum (x_i - x_m)^2 \quad (\text{R.3})$$

$$S_{yy} = \frac{1}{n} \sum (y_i - y_m)^2 \quad (\text{R.4})$$

## R.4.3 Correlação dos dados

R.4.3.1 Calcular o coeficiente de correlação,  $r$ , pela seguinte equação:

$$r^2 = \frac{(S_{xy})^2}{(S_{xx} \times S_{yy})} \quad (\text{R.5})$$

$$r = \sqrt{r^2} \quad (\text{R.6})$$

R.4.3.2 Se o valor de  $r$  for inferior aos valores mínimos apresentados na Tabela R.1, em função  $n$ , rejeitar os dados, senão seguir para R.4.4.

Tabela R.1 – Valores mínimos de coeficiente de correlação  $r$  em função de  $n$

$(n-2)$	$r$ mínimo	$(n-2)$	$r$ mínimo
11	0,6835	25	0,4869
12	0,6614	30	0,4487
13	0,6411	35	0,4182
14	0,6226	40	0,3932
15	0,6055	45	0,3721



16	0,5897	50	0,3541
17	0,5751	60	0,3248
18	0,5614	70	0,3017
19	0,5487	80	0,2830
20	0,5386	90	0,2673
21	0,5252	100	0,2540
22	0,5145	...	...
23	0,5043	...	...
24	0,4952	...	...

#### R.4.4 Relações funcionais

R.4.4.1 Para determinar os coeficientes  $a$  e  $b$  da reta, utilizar as seguintes relações:

$$\lambda = \frac{S_{yy}}{S_{xx}} \quad (\text{R.7})$$

$$b = \sqrt{\lambda} \quad (\text{R.8})$$

NOTA Em geral a inclinação da reta ( $b$ ) assume o mesmo sinal de  $S_{xy}$ .

$$a = y_m - b.x_m \quad (\text{R.9})$$

#### R.4.5 Cálculo de variância

R.4.5.1 Se  $t_L$  for o tempo de falha obtido, então:

$$x_L = \log_{10} t_L \quad (\text{R.10})$$

R.4.5.2 Fazer o cálculo dos seguintes valores estatísticos para  $i = 1$  até  $i = n$ :

$\xi_i$  é a melhor aproximação para o valor real de  $x$ ;

$Y_i$  é a melhor aproximação para o valor real de  $y$ ;

$\sigma_\delta^2$  = variância do erro para  $x$ .

$$\xi_i = \{\lambda.x_i + (y_i - a).b\} / 2\lambda \quad (\text{R.11})$$

$$Y_i = a + b.\xi_i \quad (\text{R.12})$$

$$\sigma_\delta^2 = \{\sum (y_i - Y_i)^2 + \lambda.\sum (x_i - \xi_i)^2\} / \{\lambda(n - 2)\} \quad (\text{R.13})$$

R.4.5.3 Calcular os seguintes valores:

$$\tau = b \cdot \sigma_{\delta}^2 / 2 \cdot S_{xy} \quad (\text{R.14})$$

$$D = 2 \cdot \lambda \cdot b \cdot \sigma_{\delta}^2 / n \cdot S_{xy} \quad (\text{R.15})$$

$$B = -D \cdot x_m \cdot (1 + \tau) \quad (\text{R.16})$$

R.4.5.4 Calcular as seguintes variâncias:

A variância C do coeficiente  $b$ , usando a equação:

$$C = D \cdot (1 + \tau) \quad (\text{R.17})$$

A variância A do coeficiente  $a$ , usando a equação:

$$A = D \cdot \left\{ x_m^2 \cdot (1 + \tau) + \frac{S_{xy}}{b} \right\} \quad (\text{R.18})$$

A variância  $\sigma_n^2$  da linha ajustada em  $x_L$ , usando a equação:

$$\sigma_n^2 = A + 2 \cdot B \cdot x_L + C \cdot x_L^2 \quad (\text{R.19})$$

A variância do erro,  $\sigma_E^2$  para o valor de  $y$ , utilizando a equação:

$$\sigma_E^2 = \lambda \cdot \sigma_{\delta}^2 \quad (\text{R.20})$$

A variância total  $\sigma_y^2$  para valores futuros,  $y_L$ , para  $y$  em função de  $x_L$ , usando a equação:

$$\sigma_y^2 = \sigma_n^2 + \sigma_E^2 \quad (\text{R.21})$$

R.4.5.5 Calcular o desvio-padrão de  $y_L$  ( $\sigma_y$ ), utilizando a seguinte equação:

$$\sigma_y = (\sigma_n^2 + \sigma_E^2)^{0,5} \quad (\text{R.22})$$

e o valor previsto de  $y_L$  para  $y$  em função de  $x_L$ , utilizando a seguinte relação:

$$y_L = a + b \cdot x_L \quad (\text{R.23})$$

onde  $a$  e  $b$  são os valores obtidos com as equações R.8 e R.9.

## R.4.6 Cálculo e intervalos de confiança

R.4.6.1 Calcular o intervalo de previsão inferior de 95%  $y_{L0,95}$  estimado para  $y_L$  pela seguinte equação:

$$y_{L0,95} = y_L - t_V \cdot \sigma_y \quad (\text{R.24})$$

onde:



$y_L$  é o valor obtido com a equação R.23, quando  $x_L$  é o valor de acordo com a equação R.10, apropriado ao período de extrapolação do ensaio, por exemplo 438 000 h ( $x_L = 5.6415$  (h)) ou o tempo desejado para estimar com 95% de segurança o mínimo valor para a próxima observação de  $V$ ;

$\sigma_y$  é o valor obtido de acordo com a equação R.22;

$t_v$  é o coeficiente  $t$  da distribuição de "t" student para  $v = n - 2$ , especificado na Tabela R.2 em função de  $n$  para um nível de significância de 0,05 bilateral (isto é, média  $\pm 2,5\%$ ).

**Tabela R.2 – Valor do coeficiente "t" da distribuição de t' Student**

Degrees of Freedom (n - 2)	Student's "t" Value, $t_c$	Degrees of Freedom (n - 2)	Student's "t" Value, $t_c$	Degrees of Freedom (n - 2)	Student's "t" Value, $t_c$
1	12.7062	46	2.0129	91	1.9864
2	4.3027	47	2.0117	92	1.9861
3	3.1824	48	2.0106	93	1.9858
4	2.7764	49	2.0096	94	1.9855
5	2.5706	50	2.0086	95	1.9853
6	2.4469	51	2.0076	96	1.9850
7	2.3646	52	2.0066	97	1.9847
8	2.3060	53	2.0057	98	1.9845
9	2.2622	54	2.0049	99	1.9842
10	2.2281	55	2.0040	100	1.9840
11	2.2010	56	2.0032	102	1.9835
12	2.1788	57	2.0025	104	1.9830
13	2.1604	58	2.0017	106	1.9826
14	2.1448	59	2.0010	108	1.9822
15	2.1315	60	2.0003	110	1.9818
16	2.1199	61	1.9996	112	1.9814
17	2.1098	62	1.9990	114	1.9810
18	2.1009	63	1.9983	116	1.9806
19	2.0930	64	1.9977	118	1.9803
20	2.0860	65	1.9971	120	1.9799
21	2.0796	66	1.9966	122	1.9796
22	2.0739	67	1.9960	124	1.9793
23	2.0687	68	1.9955	126	1.9790
24	2.0639	69	1.9949	128	1.9787
25	2.0595	70	1.9944	130	1.9784
26	2.0555	71	1.9939	132	1.9781
27	2.0518	72	1.9935	134	1.9778
28	2.0484	73	1.9930	136	1.9776
29	2.0452	74	1.9925	138	1.9773
30	2.0423	75	1.9921	140	1.9771
31	2.0395	76	1.9917	142	1.9768
32	2.0369	77	1.9913	144	1.9766
33	2.0345	78	1.9908	146	1.9763
34	2.0322	79	1.9905	148	1.9761
35	2.0301	80	1.9901	150	1.9759
36	2.0281	81	1.9897	200	1.9719
37	2.0262	82	1.9893	300	1.9679
38	2.0244	83	1.9890	400	1.9659
39	2.0227	84	1.9886	500	1.9647
40	2.0211	85	1.9883	600	1.9639
41	2.0195	86	1.9879	700	1.9634
42	2.0181	87	1.9876	800	1.9629
43	2.0167	88	1.9873	900	1.9626
44	2.0154	89	1.9870	1000	1.9623
45	2.0141	90	1.9867	...	1.9600

**R.4.6.2** Calcular o valor da tensão circunferencial  $V$  correspondente ao intervalo de previsão inferior de 95% pela seguinte relação:

$$V_{L0.95} = 10^{Y_{L0.95}} \quad (R.25)$$

**R.4.6.3** Determinar pela equação abaixo o valor estimado para a média do valor de  $V$  no tempo  $t_L$  ( $V_L$ ), que será o *LTHS* (*long-term hydrostatic strength*):

$$V_L = LTHS = 10^{Y_L} \quad (R.26)$$

onde  $Y_L$  é o valor obtido pela equação R.23.

**R.4.6.4** Calcular o intervalo de confiança inferior de 95% para a curva de regressão, eliminando o termo  $\sigma_E^2$  na equação R.21, isto é, fazendo  $\sigma_y^2 = \sigma_n^2$  e utilizar o novo valor obtido para  $\sigma_y$  nas equações R.24 e R.25.



## R.5 Exemplo numérico de regressão linear através do método dos mínimos quadrados:

Este exemplo numérico tem o objetivo de estabelecer uma referência em relação à utilização da metodologia de cálculo apresentada, através da regressão linear dos dados obtidos no ensaio de determinação da tensão base de projeto (HDB) (Anexo N).

Os dados exemplificados na Tabela R.2 devem ser utilizados em conjunto com a metodologia de cálculo apresentada para validar os procedimentos estatísticos. Devido aos erros de arredondamento, provavelmente os valores obtidos na aplicação do procedimento não serão idênticos aos apresentados, mas o procedimento deve ser validado caso esta diferença esteja dentro da tolerância de  $\pm 0,1\%$  em relação aos resultados apresentados em R.5.4 e R.5.5.

**Tabela R.2 – Sugestão de valores para validação do procedimento estatístico**

Ponto de falha	Tempo h	Tensão psi	Log Tempo h	Log Tensão psi	Ponto de falha	Tempo h	Tensão psi	Log Tempo h	Log Tensão psi
1	9	5 500	0,95424	3,74036	17	1301	4 700	3,11428	3,67210
2	13	5 500	1,11394	3,74036	18	1430	4 800	3,15534	3,68124
3	17	5 500	1,23045	3,74036	19	1710	4 800	3,23300	3,68124
4	17	5 500	1,23045	3,74036	20	2103	4 800	3,32284	3,68124
5	104	5 200	2,01703	3,71600	21	2220	4 500	3,34635	3,65321
6	142	5 200	2,15229	3,71600	22	2230	4 400	3,34830	3,64345
7	204	5 200	2,30963	3,71600	23	3816	4 700	3,58161	3,67210
8	209	5 200	2,32015	3,71600	24	4110	4 700	3,61384	3,67210
9	272	5 000	2,43457	3,69897	25	4173	4 600	3,62045	3,66276
10	446	5 000	2,64933	3,69897	26	5184	4 400	3,71466	3,64345
11	466	5 000	2,66839	3,69897	27	8900	4 600	3,94939	3,66276
12	589	4 800	2,77012	3,68124	28	8900	4 600	3,94939	3,66276
13	669	4 700	2,82543	3,67210	29	10900	4 500	4,03743	3,65321
14	684	5 000	2,83506	3,69897	30	10920	4 500	4,03822	3,65321
15	878	4 600	2,94349	3,66276	31	12340	4 500	4,09132	3,65321
16	1299	4 800	3,11361	3,68124	32	12340	4 500	4,09132	3,65321

### R.5.1 Soma dos mínimos quadrados

$$S_{xx} = 0,798109$$

$$S_{yy} = 8,78285 \times 10^{-4}$$

$$S_{xy} = - 0,024836$$

### R.5.2 Coeficiente de correlação

$$r = 0,938083$$

### R.5.3 Relações funcionais

$$\lambda = 1,100457 \times 10^{-3}$$



$$b = - 3,31731 \times 10^{-2}$$

$$a = 3,782188$$

#### R.5.4 Variâncias calculadas

$$D = 4,84225 \times 10^{-6}$$

$$B = - 1,46896 \times 10^{-5}$$

$$C \text{ (variância do } b) = 5,01271 \times 10^{-6}$$

$$A \text{ (variância do } a) = 4,66730 \times 10^{-5}$$

$$\sigma_n^2 \text{ (variância do erro para o } x) = 4,046696 \times 10^{-5}$$

$$\sigma_E^2 \text{ (variância do erro para o } y) = 5,80063 \times 10^{-5}$$

#### R.5.5 Limites de confiança e previsão

Para  $n = 32$  e "t" de Student de 2,0423, a média estimada e os limites inferiores de confiança e de previsão são apresentados na Tabela R.3.

**Tabela R.3 – Limites de confiança**

Tempo h	Valor estimado médio (LTHS)	Intervalo de confiança inferior	Intervalo de previsão inferior
1	6 056	5 864	5 771
10	5 611	5 487	5 379
100	5 198	5 129	5 003
1 000	4 816	4 772	4 641
10 000	4 462	4 398	4 293
100 000	4 133	4 037	3 960
438 000	3 936	3 820	3 756