

**CONTEC**

Comissão de Normalização  
Técnica

**SC-09**

Isolamento Térmico e  
Refratários

**Montagem de Isolamento Térmico  
a Baixa Temperatura**

Revalidação

Revalidada em 04/2022.

## Montagem de Isolamento Térmico a Baixa Temperatura

### Procedimento

Esta Norma substitui e cancela a sua revisão anterior.

Cabe à CONTEC - Subcomissão Autora, a orientação quanto à interpretação do texto desta Norma. A Unidade da PETROBRAS usuária desta Norma é a responsável pela adoção e aplicação das suas seções, subseções e enumerações.

**Requisito Técnico:** Prescrição estabelecida como a mais adequada e que deve ser utilizada estritamente em conformidade com esta Norma. Uma eventual resolução de não segui-la ("não conformidade" com esta Norma) deve ter fundamentos técnico-gerenciais e deve ser aprovada e registrada pela Unidade da PETROBRAS usuária desta Norma. É caracterizada por verbos de caráter impositivo.

**Prática Recomendada:** Prescrição que pode ser utilizada nas condições previstas por esta Norma, mas que admite (e adverte sobre) a possibilidade de alternativa (não escrita nesta Norma) mais adequada à aplicação específica. A alternativa adotada deve ser aprovada e registrada pela Unidade da PETROBRAS usuária desta Norma. É caracterizada por verbos de caráter não impositivo. É indicada pela expressão: **[Prática Recomendada]**.

Cópias dos registros das "não conformidades" com esta Norma, que possam contribuir para o seu aprimoramento, devem ser enviadas para a CONTEC - Subcomissão Autora.

As propostas para revisão desta Norma devem ser enviadas à CONTEC - Subcomissão Autora, indicando a sua identificação alfanumérica e revisão, a seção, subseção e enumeração a ser revisada, a proposta de redação e a justificativa técnico-econômica. As propostas são apreciadas durante os trabalhos para alteração desta Norma.

**"A presente Norma é titularidade exclusiva da PETRÓLEO BRASILEIRO S. A. - PETROBRAS, de aplicação interna na PETROBRAS e Subsidiárias, devendo ser usada pelos seus fornecedores de bens e serviços, conveniados ou similares conforme as condições estabelecidas em Licitação, Contrato, Convênio ou similar.**

**A utilização desta Norma por outras empresas/entidades/órgãos governamentais e pessoas físicas é de responsabilidade exclusiva dos próprios usuários."**

### Apresentação

As Normas Técnicas PETROBRAS são elaboradas por Grupos de Trabalho - GT (formados por Técnicos Colaboradores especialistas da Companhia e de suas Subsidiárias), são comentadas pelas Unidades da Companhia e por suas Subsidiárias, são aprovadas pelas Subcomissões Autoras - SC (formadas por técnicos de uma mesma especialidade, representando as Unidades da Companhia e as Subsidiárias) e homologadas pelo Núcleo Executivo (formado pelos representantes das Unidades da Companhia e das Subsidiárias). Uma Norma Técnica PETROBRAS está sujeita a revisão em qualquer tempo pela sua Subcomissão Autora e deve ser reanalisada a cada 5 anos para ser revalidada, revisada ou cancelada. As Normas Técnicas PETROBRAS são elaboradas em conformidade com a Norma Técnica PETROBRAS N-1. Para informações completas sobre as Normas Técnicas PETROBRAS, ver Catálogo de Normas Técnicas PETROBRAS.

**CONTEC**Comissão de Normalização  
Técnica**SC - 09**

Isolamento Térmico e Refratários

**Sumário**

1	Escopo.....	5
2	Referências Normativas .....	5
3	Termos e Definições.....	5
4	Condições Gerais .....	6
5	Isolante Pré-Moldado .....	10
5.1	Tubulação - Trecho Reto .....	10
5.2	Tubulação - Trecho Curvo ou Acessório .....	12
5.3	Tampos e Saias de Vaso e Tampos Boleados de Trocadores de Calor.....	13
5.4	Conexões de Entrada/Saída de Equipamento, Bocas de Visita e Conexões de Instrumento	14
5.5	Vaso Cilíndrico Horizontal e Trocador de Calor - Casco .....	14
5.6	Vaso Cilíndrico Vertical - Casco.....	15
6	Isolante de Poliuretano Projetado (Pulverizado).....	16
6.1	Esferas, Tampos e Cascos de Vaso Cilíndrico Horizontal, Vertical e de Trocador de Calor	16
6.2	Conexões de Entrada/Saída de Equipamentos, Bocas de Visita e Conexões de Instrumentos.....	17
6.3	Tanque Cilíndrico Vertical .....	17
7	Isolante de Poliuretano Injetado.....	19
7.1	Tubulação - Trecho Reto .....	19
7.2	Tubulação - Trecho Curvo e Acessórios.....	20
7.3	Tanque Cilíndrico Vertical - com Remoção das Formas .....	21
8	Qualificação e Inspeção .....	22
8.1	Isolante Pré-Moldado .....	22
8.2	Isolante de Poliuretano Projetado (Pulverizado).....	22
8.3	Isolante de Poliuretano Injetado.....	23
8.4	Inspeção em Operação.....	24
9	Aceitação e Rejeição.....	24
9.1	Isolante Pré-Moldado .....	24
9.2	Isolante de Poliuretano Projetado (Pulverizado).....	25
9.3	Isolante de Poliuretano Injetado.....	26

10 Procedimentos para Reparos no Isolamento .....	27
Anexo A - Figuras .....	28

### **Figuras**

Figura A.1 - Disposição de Peças Isolantes Pré-Moldadas .....	28
Figura A.2 - Isolamento Típico de Curvas Flangeadas e Juntas de Expansão .....	29
Figura A.3 - Fixação de Peças Isolantes em Tubulações (Camada Única ou Última Externa).....	30
Figura A.4 - Acabamento das Extremidades das Camadas de Isolantes.....	31
Figura A.5 - Isolamento de Peça Interferência Ligada à Tubulação .....	32
Figura A.6 - Fixação das Chapas de Proteção .....	33
Figura A.7 - Isolamento Típico de Curvas e Conexões .....	34
Figura A.8 - Isolamento de Flanges .....	35
Figura A.9 - Isolamento de Válvulas .....	36
Figura A.10 - Fixação do Isolamento Pré-Moldado na União Casco-Tampo .....	37
Figura A.11 - Conexão de Entrada/Saída de Equipamento ou Conexão de Instrumentos .....	38
Figura A.12 - Isolamento de Bocas de Visita .....	39
Figura A.13 - Isolamento de Casco de Vasos Horizontais.....	40
Figura A.14 - Suporte e Anéis de Sustentação dos Isolantes de Vasos Verticais.....	41
Figura A.15 - Isolamento de Junta de Contração em Vasos Verticais .....	42
Figura A.16 - Isolamento de Vasos Verticais com e sem Proteção Contrafogo .....	43
Figura A.17 - Isolamento do Tampo Boleado de Trocadores .....	45
Figura A.18 - Isolamento do Carretel de Trocadores de Calor .....	46
Figura A.19 - Isolamento de Emendas de Tubos.....	47
Figura A.20 - Tubo Isolado por Injeção (Oficina) .....	48
Figura A.21 - Tubulação Isolada por Injeção (Campo) .....	49
Figura A.22 - Suporte Isolado.....	51
Figura A.23 - Isolamento de Tanques .....	54
Figura A.24 - Isolamento de Tanques .....	55
Figura A.25 - Caixas para Medições Periódicas .....	57

**Tabelas**

Tabela 1 - Fixação de Camadas de Materiais Isolantes Pré-Moldados.....	11
Tabela 2 - Revestimento de Proteção de Pré-Moldados .....	11
Tabela 3 - Fixação das Chapas de Proteção Corrugadas .....	12
Tabela 4 - Revestimento de Proteção dos Acessórios de Tubulação .....	12
Tabela 5 - Proteção Contra Intempéries de Tampos e Boleados de Equipamentos.....	13
Tabela 6 - Revestimento de Proteção de Tubulação e seus Acessórios .....	20

## 1 Escopo

1.1 Esta Norma fixa as condições exigíveis na montagem de isolamento térmico de tubulações e equipamentos operando a baixa temperatura, utilizando-se isolantes rígidos ou flexíveis.

1.2 Esta Norma se aplica a projetos iniciados a partir da data de sua edição e também a instalações/equipamentos já existentes, quando da sua manutenção ou reforma.

1.3 Esta Norma contém Requisitos Técnicos e Práticas Recomendadas.

## 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 dos referidos documentos.

PETROBRAS [N-2](#) - Revestimento Anticorrosivo de Equipamento Industrial;

PETROBRAS [N-133](#) - Soldagem;

PETROBRAS [N-250](#) - Montagem de Isolamento Térmico a Alta Temperatura;

PETROBRAS [N-442](#) - Revestimento Externo de Tubulação em Instalações Terrestres;

PETROBRAS [N-894](#) - Projeto de Isolamento Térmico a Baixa Temperatura;

PETROBRAS [N-1618](#) - Material para Isolamento Térmico;

PETROBRAS [N-2238](#) - Reparo de Revestimento Anticorrosivo Externo de Tubos;

PETROBRAS [N-2913](#) - Revestimentos Anticorrosivos para Tanque, Esfera e Cilindro de Armazenamento.

## 3 Termos e Definições

Para os efeitos deste documento aplicam-se os termos e definições das PETROBRAS [N-894](#) e [N-1618](#) e os seguintes.

### 3.1

#### **acessório de tubulação**

denominação genérica de válvulas, respiros, purgadores de vapor, tês, tampões, flanges, uniões, reduções, niples, luvas, joelhos e curvas

### 3.2

#### **barreira de vapor**

camada impermeável, com função de evitar a penetração de vapores úmidos e consequente formação de gelo no interior do material isolante térmico

### 3.3

#### **peça de interferência**

qualquer peça metálica que se projeta para fora da barreira de vapor

### 3.4

#### **proteção contra intempéries (e danos mecânicos) ou chapa de proteção**

revestimento externo, com função de evitar a infiltração de umidade e danos mecânicos ao material isolante térmico e à barreira de vapor

## 4 Condições Gerais

### 4.1 Materiais

Devem ser utilizados materiais isolantes térmicos específicos para isolamento à baixa temperatura. Todos os materiais utilizados devem estar de acordo com as PETROBRAS [N-1618](#) e [N-894](#).

### 4.2 Requisitos de Segurança

Devem ser seguidas as orientações dos fabricantes para o manuseio seguro e correto dos materiais de isolamento térmico a baixa temperatura, observando os aspectos de saúde, segurança e meio ambiente.

### 4.3 Elaboração e Qualificação de Procedimento de Aplicação

4.3.1 Para qualquer serviço de montagem de isolamento a frio é necessária a elaboração de um procedimento de aplicação.

4.3.2 O procedimento de aplicação deve ser qualificado para os serviços de projeção ou injeção do poliuretano. A qualificação do procedimento não é exigida para a montagem de isolantes pré-moldados.

4.3.2.1 Na aplicação de poliuretano por projeção (pulverização), o procedimento de aplicação deve ser qualificado conforme 8.2.1 e 9.2.1 e conter, pelo menos, as seguintes informações:

- a) distância da pistola à chaparia;
- b) pressão de operação da pistola;
- c) relação de mistura entre os componentes do material isolante;
- d) sequência de aplicação com a indicação das espessuras por camada e da espessura final isolante;
- e) critérios e métodos para o controle da qualidade do revestimento isolante e de seus materiais constituintes, conforme seções 8 e 9.

4.3.2.2 Na aplicação de poliuretano por injeção, o procedimento de aplicação deve ser qualificado conforme 8.3.1 e 9.3.1 e conter, pelo menos, as seguintes informações:

- a) relação entre o tempo de injeção e o volume do espaço vazio entre a peça a ser isolada e a caixa;
- b) relação de mistura entre os componentes do material isolante;
- c) posicionamento e número de furos para injeção e/ou respiro (exceto para tanques);
- d) pressão de operação da pistola;
- e) critérios e métodos para o controle da qualidade do revestimento isolante e de seus materiais constituintes, conforme Seções 8 e 9.

NOTA No caso de tanques, utilizar a pistola de injeção para fazer a aplicação dentro do molde.

4.3.2.3 Na aplicação de isolante pré-moldado, o procedimento de aplicação deve conter, pelo menos, as seguintes informações:

- a) sequência de aplicação detalhando as condições estabelecidas nesta Norma;
- b) materiais isolantes a serem aplicados (tipo, formato, dimensões, fabricante e referência comercial);
- c) materiais acessórios a serem aplicados tais como: selantes, impermeabilizantes, adesivos, cintas e tecidos, indicando características, fabricante e referência comercial;
- d) método de aplicação dos selantes, impermeabilizantes e adesivos, incluindo o método de controle da espessura;
- e) critérios e métodos para o controle da qualidade do revestimento isolante e dos materiais constituintes, conforme Seções 8 e 9.

4.4 Os testes hidrostáticos de tubulações, vasos de pressão, trocadores de calor e tanques (inclusive teste de válvula quebra-vácuo) devem ser realizados antes da aplicação do isolante térmico. Nos casos em que essa prática não for viável (por exemplo: nas emendas dos tubos isolados na oficina), deixar as regiões a serem inspecionadas provisoriamente sem isolamento. **[Prática Recomendada]**

4.5 Todas as soldas dos dispositivos de fixação de material isolante devem ser efetuadas de acordo com a PETROBRAS [N-133](#) e com as normas de construção e montagem dos equipamentos e tubulações.

4.6 As superfícies a serem isoladas devem receber preparo de superfície e aplicação de tinta de acordo com as condições estabelecidas nas seguintes normas:

- a) PETROBRAS [N-2](#): para equipamentos industriais;
- b) PETROBRAS [N-442](#): para tubulações;
- c) PETROBRAS [N-2913](#): para tanques, esferas, cilindros de armazenamento e vasos de pressão.

NOTA As superfícies pintadas devem estar isentas de resíduos oleosos, graxas, umidade e outros materiais estranhos, por ocasião da aplicação do material isolante.

4.7 Recomenda-se que a folga mínima entre a superfície externa do isolamento e qualquer superfície adjacente seja de 100 mm. **[Prática Recomendada]**

4.8 As recomendações técnicas e instruções dos fabricantes devem ser consideradas, exceto em casos de divergência ao explicitamente descrito e recomendado nesta Norma.

4.9 Quando o isolamento for feito com material isolante pré-moldado em múltiplas camadas, a distribuição das espessuras deve estar de acordo com o previsto na Tabela 1 da PETROBRAS [N-894](#).

4.10 O isolamento de acessórios deve ser executado com o mesmo material e espessura usados para o isolamento da tubulação ou do equipamento ao qual pertencem.

4.11 O início da aplicação do isolante só deve ser permitido após término do tempo de secagem para repintura da tinta utilizada na proteção da tubulação ou do equipamento.

4.12 Os serviços de injeção não devem ser realizados em tubulação ou equipamento em operação (baixa ou alta temperatura).

4.13 Não devem ser programadas remoções do isolamento de equipamentos ou tubulações em operação a baixa temperatura, quando sujeitos à condensação de umidade. Quando a remoção do isolamento for necessária, estes trechos devem ser envolvidos, logo após a remoção do isolante, por filme de polietileno com 0,10 mm a 0,15 mm de espessura.

NOTA Nos pontos onde são necessárias medições periódicas de espessura recomenda-se que sejam instaladas caixas para medições periódicas. (ver Figuras A.25.1 e A.25.2). **[Prática Recomendada]**

4.14 Durante a aplicação do material isolante pré-moldado, deve-se providenciar proteção provisória contra umidade até que a barreira de vapor seja aplicada.

4.14.1 A barreira de vapor deve ser aplicada, preferencialmente, durante a mesma jornada de trabalho da aplicação do material isolante.

4.14.2 A proteção contra intempéries e danos mecânicos deve ser aplicada, o mais breve possível, após a secagem da barreira de vapor.

4.15 Os serviços de projeção ou injeção do poliuretano devem ser realizados somente com o atendimento das condições atmosféricas abaixo:

- a) umidade relativa do ar menor que 85 %;
- b) temperatura ambiente acima de 10 °C;
- c) velocidade do vento menor que 9 km/h (apenas para a aplicação por projeção);
- d) temperatura da tubulação ou equipamento entre 20 °C e 50 °C.

NOTA Admite-se o uso de proteções para adequar às condições mencionadas nesta subseção.

4.16 Os serviços de injeção do poliuretano devem utilizar equipamentos e mangueiras aquecidas, principalmente em locais de clima frio.

4.17 As peças de isolantes pré-moldados devem estar isentas de defeitos, tais como quinas, sulcos ou extremidades danificadas.

4.18 As peças de isolantes pré-moldados devem ser preparadas de modo a conformar-se às superfícies de aplicação, bem como às peças adjacentes.

4.19 As peças de interferência devem ser montada com a mesma espessura que o isolamento da tubulação ou do equipamento ao qual pertencem, estendendo-se em um comprimento igual a quatro vezes a espessura do isolante ou, no mínimo, 300 mm (ver Figura A.5).

4.19.1 A barreira de vapor e a proteção contra intempéries devem ser seladas nos locais de contato com a peça de interferência, aplicando selante não secativo à base de borracha de silicone com cura neutra, a fim de evitar a infiltração de umidade no isolamento (ver Figura A.5).

4.19.2 As peças de interferência para calço de suporte metálico de tubulação, bloco de sustentação de tanques, escadas ou plataformas devem ser de madeira tratada, poliuretano/poliisocianurato de densidade igual ou maior que 150 kg/m<sup>3</sup> ou em plásticos de engenharia de alta densidade, montados conforme as Figuras A.22.1 e A.22.2.

4.20 Nos casos em que o equipamento ou tubulação for submetido a alta e baixa temperatura, então deve-se utilizar, primeiramente, uma camada de isolante térmico rígido para alta temperatura ou selecionar um material isolante adequado para o serviço na faixa de temperatura prevista, conforme orientações de dimensionamento da PETROBRAS [N-894](#).

NOTA Nos casos em que a seleção dos isolantes térmicos não for adequada para serviços em alta temperatura, conforme 4.20, então não deve ser realizada a operação de “steam-out”, a fim de preservar o isolamento térmico. Nestes casos, deve ser prevista a utilização de gases inertes a temperatura ambiente.

4.21 Para fins desta Norma, o impermeabilizante, o adesivo e o selante secativo podem ser o mesmo produto.

4.22 A amarração das cintas de fixação deve ser feita por meio de selos (ver Figura A.2 da PETROBRAS [N-250](#)), de modo que se tenha um comprimento livre mínimo de 25 mm. De cada lado do selo deve ficar uma sobreposição de 100 mm da cinta para futuro reaperto.

4.23 Junto a flanges, válvulas, bocais, pernas, entre outros, a terminação do isolamento deve receber impermeabilização, de acordo a Figura A.4. A impermeabilização deve ser feita conforme sequência abaixo:

- a) efetuar corte (chanfro) a 45° na extremidade do isolamento;
- b) aplicar barreira de vapor na emenda sobre o corte a 45°, estendendo-se em 50 mm para cada lado;
- c) aplicar a barreira de vapor principal, cobrindo a barreira aplicada na emenda sobre o corte a 45° da extremidade;
- d) montar a proteção contra intempéries.

NOTA No caso de flanges, o material isolante deve terminar a uma distância do flange igual a 1,5 vezes o comprimento do parafuso do flange.

#### 4.24 Barreira de Vapor

4.24.1 Deve ser composta por manta asfáltica elastomérica aluminizada e auto-adesiva, com espessura de 3 mm.

4.24.2 Em peças de interferência, acessórios ou equipamentos de geometria irregular onde não é possível a aplicação da manta asfáltica elastomérica, admite-se a opção de barreira de vapor constituída de duas camadas de impermeabilizante de base asfáltica ou elastomérica, entremeadas com tecido de fibra de vidro, com espessura total de 3 mm.

4.24.3 Danos sofridos pela barreira de vapor devem receber reparo imediato, a fim de evitar a infiltração de umidade no sistema isolante.

4.24.4 Quando o acabamento da última camada isolante se apresentar porosa ou irregular, de modo que não permita a adesão da barreira de vapor, deve-se aplicar tinta de base asfáltica sobre o isolante antes da instalação da barreira de vapor.

#### 4.25 Proteção Contra Intempéries

4.25.1 As sobreposições longitudinais e circunferenciais da chapa de proteção contra intempéries devem ser de, no mínimo, 50 mm e dispostas de maneira a evitar a infiltração de água.

4.25.2 A fixação da proteção contra intempéries não deve danificar a barreira de vapor.

4.25.3 Os trechos de tubulação enterrados devem ter a proteção contra intempéries ou barreira de vapor (quando injetado) recoberta com fita anticorrosiva (conforme PETROBRAS [N-2238](#)) em toda a sua extensão.

4.25.4 As chapas de proteção de alumínio classe A (chapa lisa), quando utilizadas, devem ser adequadamente calandradas e frisadas nas bordas longitudinais e circunferenciais (ver Figura A.6 da PETROBRAS [N-250](#)).

### 5 Isolante Pré-Moldado

#### 5.1 Tubulação - Trecho Reto

5.1.1 A primeira camada isolante deve ser aplicada diretamente sobre a tubulação e as camadas subsequentes devem ser aplicadas sobre uma camada contínua de selante secativo ou de impermeabilizante de base asfáltica ou elastomérica.

5.1.2 As juntas longitudinais e semicircunferenciais devem ser rejuntadas com selante secativo ou com impermeabilizante de base asfáltica ou elastomérica.

5.1.3 As juntas longitudinais devem ser desencontradas em 90° entre camadas (ou metade da largura, no caso de placas ou segmentos), conforme Figura A.1.

5.1.4 As juntas semicircunferenciais de peças isolantes das camadas ímpares devem ser desencontradas de um comprimento igual à metade do comprimento da peça e as de camadas pares de um comprimento igual à quarta parte do comprimento da peça da camada anterior, conforme Figura A.1.

5.1.5 Devem ser previstas juntas de contração a cada 25 m de comprimento da tubulação, conforme FIGURA A.2.

NOTA A existência de flange ou válvula ao longo do trecho substitui a junta de contração.

5.1.6 A fixação da última ou única camada do isolante pré-moldado deve ser feita através de fita filamentosa sobreposta por arame de aço-carbono galvanizado ou por cinta de aço inoxidável, afastados 50 mm das extremidades de cada peça (ver Figura A.3), selecionada em função do diâmetro nominal da tubulação, conforme Tabela 1.

NOTA No caso de camadas múltiplas, as camadas internas devem ser fixadas apenas por fita filamentosa.

Tabela 1 - Fixação de Camadas de Materiais Isolantes Pré-Moldados

Diâmetro nominal da tubulação NPS	Fixação
$\varnothing \leq 12''$	Arame de aço-carbono galvanizado de $\varnothing$ 1,65 mm (BWG 16) ou Superior
$\varnothing > 12''$	Cinta de aço inoxidável de 12,7 mm (1/2'')

5.1.7 A superfície externa da última camada de isolante deve receber uma barreira de vapor.

5.1.8 A proteção contra intempéries do material isolante deve ser feita conforme a Tabela 2.

NOTA Em regiões sujeitas à chuva de granizo recomenda-se não utilizar a chapa de alumínio de 0,15 mm de espessura. **[Prática Recomendada]**

Tabela 2 - Revestimento de Proteção de Pré-Moldados

Revestimento de proteção	Espessura (mm)	Diâmetro nominal da tubulação NPS
Alumínio corrugado Classe B Tipo II	0,15	$\varnothing \leq 12''$
	0,40	$\varnothing > 12''$
Alumínio liso Classe A Tipo II	0,50	$\varnothing \leq 12''$
	0,80	$\varnothing > 12''$

5.1.8.1 Em trechos verticais ou com inclinação superior a 45°, a chapa superior deve se sobrepôr à inferior, devendo ser instalados clipe "S" para suporte das chapas espaçadas de 300 mm, utilizando-se, no mínimo, dois cliques defasados de 180° (ver Figura A.6).

5.1.8.2 A sobreposição longitudinal deve ser localizada sempre no sentido de evitar a infiltração de água.

5.1.8.3 A fixação de chapas de proteção corrugadas (ver Figura A.6) deve ser feita com cintas de acordo com a Tabela 3 da seguinte forma:

- fixar uma cinta no meio de cada sobreposição circunferencial;
- intercalar duas outras cintas entre as fixadas nas sobreposições.

NOTA As chapas inicial e final do revestimento devem receber uma cinta a 25 mm da extremidade do revestimento (ver Figura A.7).

Tabela 3 - Fixação das Chapas de Proteção Corrugadas

Diâmetro nominal da tubulação NPS	Fixação
$\varnothing \leq 12''$	Cinta de alumínio de 12,7 mm (1/2")
$\varnothing > 12''$	Cinta de aço inoxidável de 12,7 mm (1/2")

5.1.9 No caso de tubulações enterradas, ver também 4.25.3.

## 5.2 Tubulação - Trecho Curvo ou Acessório

5.2.1 No isolamento de curvas, tês ou reduções deve-se recortar e aplicar o mesmo material usado na tubulação mantendo a geometria do acidente (ver Figura A.2 para curvas flangeadas e Figura A.7 para os demais acessórios).

5.2.2 A aplicação do material isolante deve obedecer os 5.1.1, 5.1.2, 5.1.3 e 5.1.6.

5.2.3 Em flanges e válvulas (ver Figuras A.8 e A.9, respectivamente) o isolamento deve se sobrepor ao isolamento da tubulação em um comprimento igual à espessura do isolamento da tubulação.

NOTA 1 As válvulas devem ser isoladas até o nível da gaxeta (ver Figura A.9).

NOTA 2 Para temperaturas menores que  $-70^{\circ}\text{C}$ , deve ser previsto também um isolante removível para a haste e o volante, tal que permita a sua remoção e reinstalação para acionamento manual da válvula.

5.2.4 Os suportes de tubulação devem ser isolados conforme a Figura A.22.

5.2.5 A barreira de vapor deve ser feita de acordo com o 4.24.

5.2.6 A proteção contra intempéries e a danos mecânicos dos acessórios de tubulação deve obedecer ao disposto na Tabela 4.

NOTA A fixação do revestimento de proteção dos acessórios nas chapas de revestimento da tubulação deve ser feita, na sobreposição circunferencial, por meio de parafusos auto-roscantes, desencontrados de  $90^{\circ}$  para tubulações cujo diâmetro nominal seja de até 8" e de  $45^{\circ}$  para diâmetros superiores, selada com selante não secativo.

Tabela 4 - Revestimento de Proteção dos Acessórios de Tubulação

Revestimento de proteção	Espessura (mm)	Diâmetro Nominal da Tubulação NPS
Chapa de alumínio classe A Tipo II (lisa, sem barreira)	0,5	$\varnothing \leq 8''$
	0,8	$8'' < \varnothing \leq 24''$
	1,0	$\varnothing > 24''$
Chapa de aço-carbono zincada e pré-pintada	0,3	$\varnothing \leq 8''$
	0,5	$\varnothing > 8''$
Chapa de aço Inoxidável	0,3	$\varnothing \leq 8''$
	0,5	$\varnothing > 8''$

### 5.3 Tampos e Saias de Vaso e Tampos Boleados de Trocadores de Calor

5.3.1 A aplicação de peças isolantes sobre a superfície a ser isolada deve ser iniciada no sentido da parte superior para a inferior do equipamento.

5.3.2 A primeira camada de isolante deve ser fixada aplicando-se, por pontos, um adesivo de base asfáltica ou elastomérica na peça, para fixá-la na superfície do equipamento até a colocação de cintas.

5.3.3 As juntas de topo devem ser desencontradas de um comprimento igual à metade do comprimento ou da largura da peça isolante e, exceto para a primeira camada, rejuntadas com selante secativo.

5.3.4 As cintas e os selos devem ser de aço inoxidável com largura de 12,7 mm, colocadas sobre uma fita adesiva filamentosa.

5.3.5 Aplicar impermeabilizante de base asfáltica ou elastomérica, com uma espessura úmida de 3 mm, cobrindo completamente a superfície externa da primeira camada de isolante, inclusive cintas e selos de fixação, não devendo apresentar bolhas ou crateras.

5.3.6 Aplicar a segunda camada de isolante sobre o revestimento impermeabilizante citado em 5.3.5, enquanto o revestimento ainda estiver úmido, permitindo assim a fixação da segunda camada de isolante.

5.3.7 O rejuntamento de juntas de topo deve ser feito com selante secativo, constituindo uma selagem completa de todas as juntas da peça isolante.

5.3.8 A fixação de outras camadas deve seguir o mesmo procedimento citado em 5.3.4, 5.3.5 e 5.3.6, sendo que a superfície externa da última camada de isolante deve receber uma barreira de vapor de acordo com 4.24.

5.3.9 A união do isolante do tampo com o do casco de vasos cilíndricos horizontais ou verticais deve ser feita conforme Figura A.10.

5.3.10 Nos tampos de vasos de pressão e trocadores de calor, deve-se aplicar sobre a barreira de vapor, uma proteção contra intempéries e danos mecânicos de acordo com a Tabela 5.

**Tabela 5 - Proteção Contra Intempéries de Tampos e Boleados de Equipamentos**

<b>Proteção contra intempéries</b>	<b>Espessura (mm)</b>
Chapa de Alumínio classe A Tipo II (lisa, sem barreira)	1,0
Chapa de aço carbono zincada e pré-pintada	0,5
Chapa de aço Inoxidável	0,5

5.3.11 O isolamento de tampos de trocadores deve obedecer ao disposto nas Figuras A.17 e A.18.

5.3.12 O isolamento de tampos inferiores e saias deve obedecer ao disposto nas Figuras A.16.1 e A.16.2.

#### **5.4 Conexões de Entrada/Saída de Equipamento, Bocas de Visita e Conexões de Instrumento**

5.4.1 Devem ser isolados conforme Figuras A.11 e A.12.

5.4.2 A cobertura isolante removível deve ser fixada na superfície externa da camada de isolante do equipamento, após a aplicação da barreira de vapor do equipamento. A barreira de vapor do removível deve sobrepor a barreira de vapor do equipamento em 50 mm.

5.4.2.1 As várias partes que compõem a cobertura removível devem ser unidas com adesivo de base asfáltica ou elastomérica e os vazios existentes preenchidos com fibras de vidro em flocos.

5.4.2.2 A cobertura removível deve ser concêntrica em relação à conexão ou boca de visita a ser isolada.

5.4.3 Aplicar proteção contra intempéries e danos mecânicos de acordo com 5.3.10, sendo de 100 mm o prolongamento da barreira sob a chapa de proteção do equipamento e seladas com selante não secativo.

#### **5.5 Vaso Cilíndrico Horizontal e Trocador de Calor - Casco**

5.5.1 A aplicação do isolamento deve seguir o descrito em 5.3.1 a 5.3.8.

5.5.2 As peças isolantes devem ser fixadas por meio de fita adesiva filamentosa e sobre a fita deve ser aplicado cinta de aço inoxidável de 12,7 mm (ver Figura A.13) afastadas 50 mm das extremidades das peças isolantes (juntas circunferenciais). Em isolamento de múltiplas camadas, as camadas internas devem ser fixadas apenas por meio de fita adesiva filamentosa. De cada lado do selo deve ficar uma sobreposição de 100 mm, para reaperto.

5.5.3 Deve-se aplicar sobre a barreira de vapor uma proteção contra intempéries e danos mecânicos, constituída pela aplicação de um revestimento de chapa de alumínio corrugado, classe B, tipo II, com 0,40 mm de espessura. Esta proteção também pode ser em chapa de alumínio liso, classe A, tipo II, com 0,8 mm de espessura.

5.5.3.1 As chapas de proteção devem ser aplicadas com uma sobreposição de 75 mm tanto circunferencial quanto longitudinal (ver Figura A.13).

5.5.3.2 A sobreposição longitudinal deve ser localizada sempre no sentido de evitar infiltração de água.

5.5.3.3 As chapas de proteção devem ser fixadas por meio de, pelo menos, três cintas de aço inoxidável, sendo que uma em cada sobreposição circunferencial e a(s) intermediária(s) com espaçamento máximo de 530 mm. A largura das cintas deve ser de 12,7 mm, devendo ser fixadas por meio de selos de aço inoxidável aplicados na região de sobreposição longitudinal.

5.5.4 As conexões de entrada/saída e bocas de visita do vaso, bem como conexões de instrumentos, devem seguir o mesmo procedimento em 5.4.

## **5.6 Vaso Cilíndrico Vertical - Casco**

5.6.1 A aplicação do isolamento deve seguir o descrito em 5.3.1 a 5.3.8.

5.6.2 Os anéis de sustentação para o isolante devem ter espaçamento máximo de 8 000 mm. Na extremidade superior do equipamento, o último anel deve distar 300 mm da solda do tampo e, na inferior, 600 mm da solda da saia do equipamento (ver Figura A.14). Os anéis de reforço dos vasos devem ser utilizados como anéis de sustentação.

5.6.3 Juntas de contração devem ser previstas ao longo da parte inferior dos anéis de suporte, sendo de 25 mm a largura da junta (ver Figura A.15).

5.6.3.1 A junta de contração deve iniciar no casco e prolongar-se até a superfície externa da última camada isolante (ver Figura A.15).

5.6.3.2 O espaço que constitui a junta deve ser preenchido com tiras de espuma elastomérica, com densidade de  $60 \text{ kg/m}^3$  e com 50 mm de espessura, comprimidas para espessura de 25 mm (ver Figura A.15).

5.6.3.3 A cobertura da junta deve ser com o mesmo material isolante do restante do isolamento com espessura igual à metade da espessura do isolamento do vaso e com a sobreposição indicada na Figura A.15.

5.6.3.4 A fixação da cobertura da junta de contração deve ser feita por meio de selos e cintas de aço inoxidável de 12,7 mm de largura, aplicadas a 25 mm das extremidades superior e inferior da cobertura (ver Figura A.15).

5.6.4 A barreira de vapor aplicada sobre o isolante deve seguir o mesmo procedimento de 4.24.

5.6.5 As conexões de entrada/saída e bocas de visita do vaso, bem como conexões de instrumentos, devem seguir o mesmo procedimento de 5.4.

5.6.6 A proteção contra intempéries e danos mecânicos deve seguir o mesmo procedimento de 5.5.3 (ver Figuras A.16.1 e A.16.2).

5.6.6.1 O acabamento de chapas de proteção, junto às saias dos vasos, deve estar de acordo com as Figuras A.16.1 e A.16.2.

5.6.6.2 Nas sobreposições circunferenciais das chapas de proteção, deve-se usar cliques “S” espaçados de 600 mm, a fim de auxiliar na fixação das chapas (ver Figuras A.16.1 e A.16.2).

## **6 Isolante de Poliuretano Projetado (Pulverizado)**

A utilização da técnica de aplicação de poliuretano projetado deve atender às restrições ambientais, cabendo análise crítica quanto à dispersão de material particulado no ar, devido ao risco de atingir equipamentos ou instalações, causando danos irreversíveis à pintura dos equipamentos ou instalações.

### **6.1 Esferas, Tampos e Cascos de Vaso Cilíndrico Horizontal, Vertical e de Trocador de Calor**

6.1.1 Devem ser tomados os seguintes cuidados antes e depois da aplicação do composto isolante:

- a) isolar a área periférica ao equipamento;
- b) colocar placas de aviso proibindo fumar, soldar e a aproximação de pessoas estranhas ao serviço;
- c) proteger os equipamentos vizinhos contra a ação de partículas do composto isolante que está sendo aplicado;
- d) remover totalmente o material projetado e não depositado na superfície a ser isolada;
- e) dimensionar a área do equipamento a ser isolado, de forma que a aplicação da espuma e da barreira de vapor sejam realizadas na mesma jornada de trabalho;
- f) conter a dispersão de resíduos sólidos oriundos da regularização da superfície.

6.1.2 A aplicação do composto isolante deve seguir o procedimento abaixo:

- a) aplicar o composto isolante no sentido descendente de modo que, após a expansão, tenha uma espessura entre 10 mm e 25 mm;
- b) efetuar a inspeção visual da camada aplicada;
- c) repetir o descrito em a) e b) até atingir a espessura total do isolamento;
- d) o acabamento superficial deve ter um aspecto tipo “casca de laranja” sendo que a ondulação máxima admissível deve ser de 5 % da espessura isolante total, determinada pelo projeto do equipamento. Em caso de sobresspessura ou irregularidade demasiada, regularizar a superfície externa do isolante expandido por meio mecânico, tais como raspagem ou lixamento.

6.1.2.1 A aplicação do composto isolante deve ser protegida da ação do vento, chuva, poeira e outros.

6.1.2.2 A aplicação deve ser feita dando-se ao canhão um movimento helicoidal (rotação e avanço uniformes verticais) e fazendo-o passar na câmara onde recebe, por jato de pistola, uma película que, após a expansão, constitui o isolante térmico.

6.1.2.3 As extremidades do isolante devem ser chanfradas a 45° e devem receber uma proteção constituída de um revestimento impermeabilizante de base asfáltica ou elastomérica.

6.1.3 A barreira de vapor aplicada sobre o isolante deve seguir o mesmo procedimento de 4.24.

Caso não seja possível completar a execução da barreira de vapor numa mesma jornada de trabalho, devem ser seguidas as orientações abaixo:

- a) proteger, preferencialmente, a área isolada numa jornada de trabalho por uma barreira de vapor com uma espessura 50 % da total prevista;

- b) sobrepor em 200 mm as barreiras de vapor nas regiões de emenda de duas jornadas de trabalho;
- c) aplicar os 50 % restantes da espessura da barreira de vapor, após o final do trabalho de aplicação de todo o isolante.

**NOTA** Caso a barreira de vapor tenha sido projetada para ser em uma só camada, a proteção do isolante sem barreira deve ser por meio de lonas totalmente estanques à infiltração de umidade provenientes de chuva ou ar.

6.1.4 A proteção contra intempéries e danos mecânicos deve ser executada conforme 5.5.3. No caso de tampos, deve-se colocar uma proteção contra intempéries e danos mecânicos de acordo com 5.3.10.

## **6.2 Conexões de Entrada/Saída de Equipamentos, Bocas de Visita e Conexões de Instrumentos**

O isolamento deve obedecer ao mesmo procedimento de 6.1, tomando-se o devido cuidado para proteger as partes que não devem ser isoladas.

## **6.3 Tanque Cilíndrico Vertical**

6.3.1 Utilizar a Figura A.23 como desenho típico de montagem do isolamento.

6.3.2 A aplicação do isolante deve seguir o procedimento abaixo:

- a) colagem das mestras conforme 6.3.3;
- b) aplicar o composto isolante no sentido descendente de modo que, após a expansão, tenha uma espessura entre 10 mm e 25 mm;
- c) efetuar a inspeção visual da camada aplicada;
- d) repetir o descrito em b) e c) até atingir a espessura total do isolamento;
- e) o acabamento superficial deve ter um aspecto tipo “casca de laranja” sendo que a ondulação máxima admissível deve ser de 5 % da espessura isolante total, determinada pelo projeto do equipamento. Em caso de sobresspessura ou irregularidade demasiada, regularizar a superfície externa do isolante expandido por meio mecânico, tais como raspagem ou lixamento.

6.3.3 A espessura total do isolamento deve ser orientada no campo pela aplicação de mestras de perfil retangular, de base de 100 mm, altura 10 mm menor que a espessura total prevista para o isolamento e comprimento de 1 000 mm.

6.3.3.1 As mestras devem ser fabricadas a partir da moldagem em caixa aberta, em poliuretano de mesma densidade e condutividade térmica do isolamento e cortadas nas dimensões estabelecidas.

6.3.3.2 As mestras devem ser coladas ao costado do equipamento com o próprio composto isolante e imediatamente receber uma camada de poliuretano projetado, para fechamento das células da sua superfície externa exposta.

6.3.3.3 As mestras formam quadros delimitadores das regiões para aplicação do poliuretano, sendo fixadas com distanciamento na vertical de 1 m a 2 m uma da outra, e de 2 m a 5 m de distanciamento na horizontal. O dimensionamento para a distância entre as mestras deve ser objeto de estudo orientado pelo rendimento da aplicação do isolante, visando atender a recomendação de executar a barreira de vapor na mesma jornada de trabalho.

6.3.4 A projeção do poliuretano deve ser efetuada de cima para baixo.

6.3.5 A aplicação do poliuretano deve ser por anel completo e não em faixas verticais.

6.3.6 Deve ser instalada junto ao primeiro anel, uma junta de contração, conforme segue:

- a) até uma altura de 1 700 mm, aplicar uma camada de painel de lã de vidro com espessura de 25,4 mm e densidade de 40 kg/m<sup>3</sup>, com folha de alumínio, sendo a vedação da junta entre painéis feita por meio da colagem com fita adesiva filamentosa de largura mínima de 50 mm. Esta camada também pode ser em espuma elastomérica de mesma espessura;
- b) fixar os painéis na circunferência do costado, com a folha voltada para lado externo, utilizando-se quatro cintas de aço inoxidável AISI 304, 12,7 mm de largura, sendo duas nas extremidades e duas intermediárias, igualmente espaçadas a partir da parte baixa;
- c) as barras de ancoragem do costado (chumbadores) também devem ser envolvidas com fibra de vidro ou espuma elastomérica (junta de contração);
- d) aplicar o composto isolante sobre toda a junta de contração e barras de ancoragem.

6.3.7 A borda superior do teto, constituída por uma chapa de compressão, deve possuir, em toda circunferência, uma barra chata em aço inoxidável AISI 304 de 50,8 mm x 3,2 mm soldada, que serve para fixação do rufo protetor do isolante. Ver detalhe A da Figura A.23.1.

6.3.8 A aplicação do composto isolante sobre o costado deve permitir a montagem do rufo sem que ocorram danos no isolamento, sobretudo na barreira de vapor.

6.3.9 Os acessórios do tanque, tais como bocas de visita, conexões de tubulações e suportes estruturais, devem ser isolados adotando-se o sistema por injeção em caixa fechada, conforme disposto em 7.2.

6.3.10 O controle da espessura do isolamento, durante a aplicação do composto isolante, deve ser efetuado por método que não perfure ou danifique a espessura de poliuretano.

6.3.11 As características físicas do poliuretano, após cessadas as reações químicas e apresentar espessura estabilizada, devem ser comprovadas mediante ensaios laboratoriais, cuja periodicidade deve constar no procedimento de aplicação em acordo com o disposto em 4.3.2.

6.3.12 Os sistemas de fixação do isolamento (por aderência), da proteção metálica (rebites e cintas), da barreira de vapor (por aderência), não podem implicar na soldagem de suportes ou ancoragens ao costado do tanque, considerados aqui como pontos frios que se projetam para fora da espessura isolante.

6.3.13 A barreira de vapor deve ser aplicada conforme 4.24.

6.3.14 Montar a proteção contra intempéries e danos mecânicos sobre a barreira de vapor, utilizando chapa de alumínio lisa, classe A, tipo II com 1,0 mm de espessura até altura de 1 700 mm a partir do fundo do tanque. A proteção externa acima de 1 700 mm deve ser montada com telha de alumínio do tipo ondulada com ondulações posicionadas na vertical e sobreposição mínima de 100 mm. A fixação entre as chapas deve ser obtida por meio de rebites herméticos, distanciados de, no máximo, 300 mm.

NOTA Na sobreposição entre o alumínio liso e a telha ondulada deve ter um rufo de junção.

6.3.15 Na proximidade do teto deve ser instalada a proteção metálica tipo rufo misto (liso/ondulado), utilizando-se chapas de alumínio de 1 120 mm x 300 mm liso x 300 mm ondulado x 0,8 mm espessura, fixadas por meio de rebites herméticos, distanciados de, no máximo, 300 mm.

6.3.16 Na proximidade da base de assentamento do tanque, a chapa de proteção deve ser fixada em cantoneira de abas iguais, em alumínio de 38 mm x 38 mm x 3,2 mm de espessura, montada em toda circunferência, e hermeticamente selada nas emendas, para fins de fixação da chapa de proteção.

6.3.17 A proteção externa deve ser montada anel por anel, a partir da base do tanque em direção ao teto, com amarração por cintas de aço inoxidável AISI 304 de 19 mm de largura, distanciadas na vertical entre 430 mm (mínimo) e 450 mm (máximo) e possuindo expansores a cada 6 000 mm, devendo ter no mínimo 4. A fixação entre as chapas deve ser feita através de aplicação de rebites herméticos, distanciados de, no máximo, 300 mm.

NOTA As telhas onduladas devem ser rebitadas na ondulação mais distante do isolamento, de modo a preservar a barreira de vapor.

6.3.18 Os expansores devem ser compostos de dupla mola senoidal de aço inoxidável AISI 304.

6.3.19 Prever sobreposição horizontal e vertical entre chapas onduladas de 100 mm, de forma a evitar infiltração de chuva. Utilizar cliques "S" do mesmo material das cintas (ver detalhe A da Figura A.23.1).

6.3.20 As emendas de fechamento das cintas de amarração devem ser feitas com selo de aço inoxidável AISI 304.

## **7 Isolante de Poliuretano Injetado**

### **7.1 Tubulação - Trecho Reto**

7.1.1 Os tubos a serem revestidos devem seguir o procedimento abaixo:

- a) envolver o tubo a ser isolado com filme de PVC ou polietileno de espessura entre 0,10 mm e 0,15 mm, em espiral ao redor do tubo, visando impedir a aderência do isolante ao substrato e o livre movimento devido a retrações tanto da tubulação quanto do material isolante;
- b) fixar, por meio de adesivo ou fita adesiva filamentosa e arame galvanizado, anéis centralizadores de poliuretano expandido (massa específica mínima de 55 kg/m<sup>3</sup>) a intervalos de 1 000 mm, sendo que os dois extremos são fixados a 150 mm a partir das pontas ou do fim da rosca do tubo (ver Figura A.20), para permitir a execução de soldas ou acoplamento rosqueado; se flangeadas, a um comprimento de 1,5 vezes o comprimento do parafuso do flange, a fim de permitir a sua montagem;
- c) introduzir um tubo camisa de PVC com espessura mínima de 1 mm ou de chapa metálica (ver 7.1.2), apoiando-o nos anéis centralizadores;

NOTA O tubo camisa de PVC deve ser utilizado somente em dutos (fora da unidade industrial) ou em tubulações enterradas.

- d) executar dois furos de 16 mm próximos a cada lado dos anéis centralizadores, admitindo-se outros furos, a fim de garantir o enchimento perfeito das camisas;
- e) recobrir as áreas externas próximas aos furos com um desmoldante, a fim de facilitar a remoção da espuma após a injeção;
- f) injetar a espuma de poliuretano;

- g) tamponar os furos quando a espuma começar a extravasar;
- h) aplicar, nas faces externas dos anéis extremos, uma camada de impermeabilizante conforme 4.24;
- i) no caso de tubulações enterradas, ver 4.25.3.

7.1.2 Caso seja utilizada a camisa em chapa metálica, adicionalmente ao 7.1.1 deve-se seguir o procedimento abaixo (ver Figura A.21):

- a) as chapas metálicas para camisa devem ser de acordo com a Tabela 6;
- b) usar sobreposição de 50 mm nas emendas longitudinais e circunferenciais;
- c) em trechos verticais a camisa superior se sobrepõe à camisa inferior;
- d) fixar a camisa de proteção por meio de rebites herméticos, distanciados de, no máximo, 150 mm, nas sobreposições longitudinais e circunferenciais;
- e) aplicar selante não secativo nas áreas de sobreposição longitudinal e circunferencial e nos furos dos rebites;
- f) após a injeção e a remoção da espuma extravasada, as emendas longitudinais e circunferenciais das camisas de proteção devem receber em toda a extensão, um selo contínuo de fita de alumínio autoadesiva, com largura de 50 mm.

**Tabela 6 - Revestimento de Proteção de Tubulação e seus Acessórios**

Revestimento de proteção	Espessura (mm)	Diâmetro nominal da tubulação NPS
Chapa de alumínio classe A tipo II (lisa, sem barreira)	0,8	$\varnothing \leq 24''$
	1,0	$\varnothing > 24''$
Chapa de aço-carbono zincada e pré-pintada	0,3	$\varnothing \leq 8''$
	0,5	$\varnothing > 8''$
Chapa de aço Inoxidável	0,3	$\varnothing \leq 8''$
	0,5	$\varnothing > 8''$

7.1.3 Após a acoplagem de tubos, sendo atendido os 4.4 e 4.6, efetuar o isolamento de juntas de acordo com o seguinte procedimento (ver Figura A.19):

- a) envolver o tubo a ser isolado com filme de PVC ou polietileno de espessura entre 0,10 mm e 0,15 mm, em espiral ao redor do tubo, visando impedir a aderência do isolante ao substrato e o livre movimento devido a retrações tanto da tubulação quanto do material isolante;
- b) aplicar sobre a junta um molde removível e do lado de dentro do molde um desmoldante;
- c) injetar espuma através de um orifício feito no molde;
- d) remover o molde após a expansão do líquido isolante;
- e) aplicar uma barreira de vapor de acordo com o 4.24, sobrepondo o tubo camisa em 50 mm;
- f) aplicar o revestimento de proteção na região de emenda, de acordo com a Tabela 6, sobrepondo o revestimento sobre o tubo camisa em 100 mm para cada lado, aplicando selante não secativo e fixando o revestimento com cintas e selos;
- g) no caso de tubulações enterradas, ver também 4.25.3.

## 7.2 Tubulação - Trecho Curvo e Acessórios

7.2.1 O isolamento deve seguir o procedimento do 7.1.3 com as seguintes modificações:

- a) não deve ser aplicado desmoldante nas chapas de proteção e nem nos acessórios da tubulação;
- b) utilizar somente anéis centralizadores nos extremos;
- c) curvas com diâmetros nominais de tubulação superiores a 6" devem ter um anel centralizador no meio da curva;

d) válvulas e outros tipos de acessórios devem ter apoios específicos para a camisa de proteção.

7.2.2 Na região de apoio de suportes deve ser previsto apoio de madeira tratada, ou em materiais sintéticos, tais como poliuretano ou poliisocianurato de densidade igual ou maior que  $150 \text{ kg/m}^3$  e plásticos de engenharia, desde que também de alta densidade (ver Figuras A.22.1, A.22.2 e A.22.3).

NOTA Quando os suportes forem submetidos a tensões cisalhantes deve utilizar obrigatoriamente apoio de madeira tratada.

### **7.3 Tanque Cilíndrico Vertical - com Remoção das Formas**

7.3.1 Utilizar a Figura A.24 como esquema típico de montagem do isolamento.

7.3.2 As partes devem ser isoladas segundo a sequência abaixo:

- a) colar espaçadores de poliuretano ou poliisocianurato conforme 7.3.3;
- b) aplicar na superfície do costado uma junta de contração conforme 6.3.6;
- c) aplicar na face interna do molde metálico o desmoldante;
- d) montar molde metálico, confeccionado em chapas lisas de aço-carbono adequadamente cortadas e calandradas, com altura aproximada de 1 m, apoiadas sobre os espaçadores e fixadas com parafusos de aço zincado;
- e) aplicar, pelo processo de injeção, a espuma de poliuretano até o preenchimento completo do molde;
- f) cortar em ângulo de  $45^\circ$  o excesso do material extravasado na face superior do molde;
- g) repetir a), c), d), e) e f);
- h) remover os moldes após a cura completa do material e inspecionar visualmente o isolante injetado;
- i) revestir a superfície externa dos dois anéis injetados com uma barreira de vapor constituída de manta asfáltica elastomérica aluminizada adesiva de acordo com 4.24;
- j) repetir o procedimento acima, com exceção de b) até o isolamento completo do costado.

7.3.3 A espessura total do isolamento deve ser orientada no campo pela aplicação dos espaçadores de perfil retangular (com base 100 mm) e comprimento de 1 000 mm.

7.3.3.1 Os espaçadores devem ser fabricados a partir da moldagem em caixa aberta, em poliuretano ou poliisocianurato de mesma densidade e condutividade térmica do isolamento e cortados nas dimensões estabelecidas.

7.3.3.2 Os espaçadores devem ser aderidos ao costado distanciados de 1 m entre um e outro.

7.3.4 A borda superior do teto, constituída por uma chapa de compressão, deve possuir, em toda circunferência, uma barra chata em aço inoxidável AISI 304 de 50,8 mm x 3,2 mm soldada, que serve para fixação do rufo protetor do isolante, ver detalhe A da Figura A.23.1.

7.3.5 Os acessórios do tanque, tais como bocas de visita, conexões de tubulações e suportes estruturais, devem ser isolados, podendo adotar o sistema por injeção em caixa fechada ou caixa pré-moldada.

7.3.6 Montar a proteção contra intempéries e danos mecânicos sobre a barreira de vapor conforme 6.3.14 ao 6.3.20.

7.3.7 O controle de qualidade do poliuretano aplicado deve ser baseado no 8.3.

7.3.8 Os sistemas de fixação do isolante (por aderência), da proteção metálica (rebites e cintas) e da barreira de vapor (por aderência), não podem pressupor soldagem de suportes ou ancoragens do costado do tanque, considerados aqui como pontos frios que se projetam para fora da espessura isolante.

## **8 Qualificação e Inspeção**

### **8.1 Isolante Pré-Moldado**

8.1.1 Onde for aplicado barreira de vapor constituída de duas camadas de impermeabilizante de base asfáltica ou elastomérica, entremeadas com tecido de fibra de vidro, deve ser medida a espessura da barreira de vapor após sua secagem, adotando-se a seguinte sequência:

- a) retirar um corpo-de-prova com uma seção de 20 mm x 20 mm, sem provocar danos excessivos ao material isolante;
- b) medir a espessura da barreira de vapor, no corpo-de-prova;
- c) recompor o isolamento e a barreira de vapor imediatamente após a retirada do corpo-de-prova.

8.1.2 Para a determinação do número de medições, atender aos seguintes critérios:

- a) equipamentos com área inferior a 200 m<sup>2</sup>: duas medições;
- b) equipamentos com área superior a 200 m<sup>2</sup>: acrescentar mais uma medição para cada 200 m<sup>2</sup> ou fração de área adicional;
- c) tubulações: uma medição a cada 200 m de comprimento.

8.1.3 Verificar se ocorreram folgas devido à contração nas regiões de peças-interferências após a pré-operação da tubulação ou equipamento.

8.1.4 Imediatamente antes da aplicação da proteção contra as intempéries e danos mecânicos, efetuar uma inspeção visual em toda a barreira de vapor, a fim de constatar possíveis danos ou descontinuidades.

### **8.2 Isolante de Poliuretano Projetado (Pulverizado)**

8.2.1 O procedimento de execução deve ser qualificado da seguinte maneira:

- a) projetar o material sobre um painel de aço medindo 1,2 m x 1,2 m (posicionado na vertical), com preparo de superfície e pintura idênticos aos do equipamento ou tubulação, de maneira que tenha uma espessura de 100 mm após o término da aplicação;
- b) medir a espessura do isolante em pelo menos seis pontos do painel;
- c) retirar blocos com dimensões de 230 mm x 115 mm x 100 mm, verificando a adesão do isolante ao substrato, visando à confecção dos corpos-de-prova;
- d) inspecionar visualmente os corpos-de-prova, verificando se eles apresentam vazios e se a reação química de formação da espuma desenvolveu-se perfeitamente (células com dimensões e distribuição homogêneas);
- e) executar os ensaios conforme indicado na especificação do respectivo material na PETROBRAS [N-1618](#), utilizando-se pelo menos três corpos-de-prova para cada ensaio:

- massa específica aparente;
- resistência mecânica (compressão);
- quantidade de células fechadas;
- variação linear máxima;
- absorção de água.

8.2.2 Após a qualificação do procedimento de aplicação, todos os operadores de pistola devem ser qualificados conforme descrito em 8.2.1.

8.2.3 Deve ser feito, diariamente, a projeção do isolamento em painel de 300 mm x 300 mm, previamente preparado com desmoldante, na espessura do isolamento, para a retirada de corpo-de-prova de 100 mm x 100 mm, efetuando-se:

- a) inspeção visual, verificando se apresentam vazios e se a reação química de formação de espuma desenvolve-se perfeitamente (células com dimensões e distribuição homogênea);
- b) determinação da massa específica aparente.

8.2.4 A aplicação do material isolante somente deve ser iniciada após a aprovação dos testes descritos em 8.2.3.

8.2.5 Quando a barreira de vapor for constituída de duas camadas de impermeabilizante de base asfáltica ou elastomérica, entremeadas com tecido de fibra de vidro, a espessura da barreira de vapor deve ser controlada a cada 10 m<sup>2</sup> da área isolada pelo consumo de material e inspecionada de acordo com 8.1.1, 8.1.2 e 8.1.3.

### **8.3 Isolante de Poliuretano Injetado**

8.3.1 O procedimento de aplicação deve ser qualificado da seguinte maneira:

- a) preparar dois corpos-de-provas constituídos de tubos de 50 mm (2") de diâmetro e 1 000 mm de comprimento com chapa de proteção (ver Nota) removível considerando 110 mm de espessura de isolamento e aplicado desmoldante na superfície interna da chapa de proteção;
- b) injetar o material de acordo com o procedimento a ser qualificado, com um tubo na posição vertical e outro na horizontal;
- c) verificar se o isolante extravasou pelos furos de respiro e não nas sobreposições da chapa;
- d) deixar o material curar;
- e) remover as chapas de proteção;
- f) verificar se o isolante preencheu todos os espaços vazios e se não apresenta cavidades superficiais;
- g) retirar de cada trecho vertical ou horizontal blocos com dimensões de 230 mm x 115 mm x 110 mm, para confecção dos corpos-de-prova;
- h) verificar a adesão dos blocos no tubo;
- i) inspecionar visualmente os blocos, verificando se eles apresentam vazios e se a reação química de formação da espuma desenvolveu-se perfeitamente (células com dimensões e distribuição homogêneas);
- j) executar os seguintes ensaios conforme indicado na especificação do respectivo material na PETROBRAS [N-1618](#):
  - massa específica aparente;
  - resistência à compressão;
  - quantidade de células fechadas;
  - variação linear máxima;
  - absorção de água.

NOTA Recomenda-se utilizar chapa de proteção de acordo com a Tabela 6. **[Prática Recomendada]**

8.3.2 Após a qualificação do procedimento de aplicação, todos os aplicadores devem ser qualificados conforme descrito no 8.3.1.

8.3.3 Diariamente, no início e no término da jornada de trabalho, deve ser feita uma injeção em uma caixa com dimensões de 100 mm x 100 mm x 100 mm, efetuando-se:

- a) abertura da caixa após reação do material;
- b) inspeção visual, verificando se apresentou vazios e se a reação química de formação da espuma desenvolveu-se perfeitamente (células com dimensões e distribuição homogêneas);
- c) determinar a massa específica aparente.

8.3.4 A aplicação do material isolante somente deve ser iniciada após a aprovação dos testes descritos em 8.3.3.

8.3.5 Efetuar o teste de percussão com martelo de borracha de 250 g, sobre a chapa de proteção, em pelo menos 20 % da área isolada, a fim de detectar possíveis vazios no material isolante aplicado, determinados através dos diferentes efeitos sonoros gerados.

8.3.6 Para tubulações, retirar a chapa de proteção em 100 m, 200 m, 500 m e a cada 500 m subsequentes, e:

- a) retirar cinco blocos do isolante com dimensões de 230 mm x 115 mm x espessura do isolamento, para confecção do corpo-de-prova;
- b) verificar a adesão do material isolante ao substrato;
- c) inspecionar visualmente os blocos, verificando se eles apresentam vazios e se a reação química de formação da espuma desenvolveu-se perfeitamente (células com dimensões e distribuição homogêneas);
- d) determinar a massa específica aparente.

8.3.7 Para equipamentos, efetuar uma inspeção de acordo com 8.3.6 para cada anel de injeção.

## **8.4 Inspeção em Operação**

Para a inspeção do isolamento de tubulações e de equipamentos pode ser utilizado o processo de termografia, de forma a não precisar remover o isolamento ou parte dele, preservando a integridade física da instalação. **[Prática Recomendada]**

## **9 Aceitação e Rejeição**

### **9.1 Isolante Pré-Moldado**

9.1.1 Nos casos em que a barreira de vapor for constituída de duas camadas de impermeabilizante de base asfáltica ou elastomérica, entremeadas com tecido de fibra de vidro, a espessura da barreira de vapor, quando medida segundo 8.1.1, deve ter um valor compreendido entre 100 % e 130 % da espessura definida no projeto.

9.1.1.1 Se a medida efetuada não atender o critério definido em 9.1.1, a medição deve ser repetida da seguinte forma:

- a) no caso de equipamentos, efetuar quatro novas medidas em pontos diametralmente opostos e afastados de 300 mm entre si;
- b) no caso de tubulações, efetuar quatro novas medidas, sendo que uma deve ser feita na região superior e uma na região inferior da tubulação e duas ao longo do eixo da tubulação, em sentidos opostos e afastados de 300 mm em relação à medida inicial.

9.1.1.2 Se as medidas encontradas em 9.1.1.1 estiverem atendendo ao critério definido, a barreira de vapor inspecionada deve ser aceita; caso contrário, a região afetada deve sofrer uma nova aplicação de impermeabilizante e o número de medições determinados em 8.1.2 deve ser aumentado para:

- a) equipamentos com área inferior a 200 m<sup>2</sup>: quatro medições;
- b) equipamentos com área superior a 200 m<sup>2</sup>: acrescentar mais duas medições para cada 200 m<sup>2</sup> ou fração de área adicional;
- c) tubulações: duas medições a cada 200 m de comprimento.

NOTA 1 Caso a barreira de vapor se apresente com baixa espessura em toda a superfície revestida a mesma deve ser refeita em sua totalidade.

NOTA 2 Caso a espessura da barreira de vapor seja superior a 130 % da espessura definida no projeto deve ser avaliado o excesso de consumo de material para a execução da barreira de vapor.

9.1.2 Se forem constatadas folgas, analisadas segundo o 8.1.3, deve ser reaplicado o selante não secativo.

9.1.3 A barreira de vapor executada com manta elastomérica não deve apresentar folgas e/ou descontinuidades.

9.1.4 A proteção contra intempéries é aceita quando se apresentar devidamente presa e selada.

## **9.2 Isolante de Poliuretano Projetado (Pulverizado)**

9.2.1 O procedimento de execução está qualificado se:

- a) as espessuras medidas, de acordo com b) do 8.2.1, estiverem compreendidas entre 100 mm e 120 mm;
- b) os blocos do isolante, retirados de acordo com c) do 8.2.1, apresentarem resistência ao descolamento;
- c) os blocos do isolante, inspecionados de acordo com d) do 8.2.1, não apresentarem vazios ou formação de células com dimensões e distribuição heterogêneas;
- d) os corpos-de-prova, ensaiados de acordo com e) do 8.2.1, atenderem aos critérios previstos na PETROBRAS [N-1618](#).

9.2.2 Caso qualquer uma das enumerações do 9.2.1 não tenha sido atendida, o procedimento de execução deve ser requalificado.

9.2.3 A aplicação do isolante na região em que está sendo avaliada deve ser aceita se os corpos-de-prova, confeccionados de acordo com o 8.2.3, não apresentarem vazios ou formação de células com dimensões e distribuição heterogêneas e a massa específica aparente estiver conforme indicado na especificação do respectivo material na PETROBRAS [N-1618](#).

9.2.4 Nos casos em que a barreira de vapor for constituída de duas camadas de impermeabilizante de base asfáltica ou elastomérica, entremeadas com tecido de fibra de vidro, a espessura da barreira de vapor deve ser avaliada conforme 9.1.1 e medida conforme 8.2.5.

9.2.5 A barreira de vapor executada com manta elastomérica não deve apresentar folgas e/ou descontinuidades.

9.2.6 A proteção contra intempéries é aceita quando se apresentar devidamente presa e selada.

### **9.3 Isolante de Poliuretano Injetado**

9.3.1 O procedimento de execução está qualificado se:

- a) o isolante, verificado segundo c) do 8.3.1, tiver extravasado pelos furos de respiro e não pelas sobreposições da chapa;
- b) o isolante, verificado segundo f) do 8.3.1, não apresentar vazios nem cavidades superficiais superiores a 8 mm;
- c) os blocos do isolante, retirados de acordo com g) e h) do 8.3.1, apresentarem resistência ao deslocamento;
- d) os blocos do isolante, inspecionados de acordo com i) do 8.3.1, não apresentarem vazios ou formação de células com dimensões e distribuição heterogêneas;
- e) os corpos-de-prova, ensaiados de acordo com j) do 8.3.1, atenderem aos critérios previstos na especificação do respectivo material na PETROBRAS [N-1618](#).

9.3.2 Caso qualquer uma das enumerações do 9.3.1 não tenha sido atendida, o procedimento de execução deve ser requalificado.

9.3.3 Os corpos-de-prova obtidos de acordo com o 8.3.3 devem:

- a) estar isentos de vazios ou formação de células com dimensões e distribuição heterogêneas;
- b) ter massa específica aparente conforme indicado na especificação do respectivo material na PETROBRAS [N-1618](#) para isolante injetado.

9.3.4 A área testada de acordo com o 8.3.5 não deve apresentar vazios no material isolante.

9.3.5 A aplicação do isolante na região que está sendo avaliada conforme 8.3.6 e 8.3.7 deve ser aceita quando:

- a) a região isolada for aprovada conforme 9.3.4;
- b) os corpos-de-prova, retirados de acordo com a) do 8.3.6, apresentarem resistência ao deslocamento, de acordo com b) do 8.3.6;
- c) os corpos-de-prova, retirados de acordo com a) do 8.3.6, não apresentarem vazios ou formação de células com dimensões e distribuição heterogêneas, de acordo com c) do 8.3.6;
- d) a massa específica aparente, de acordo com d) do 8.3.6, atender à especificação do respectivo material na PETROBRAS [N-1618](#), para isolante injetado.

9.4 A área inspecionada conforme o 8.4 é considerada aceita, desde que as temperaturas encontradas na termografia, na superfície externa do isolamento ou da chapa de proteção, não sejam inferiores a 5 % daquela especificada em projeto, e desde que nesta condição não ocorra a condensação na superfície.

9.5 Para os casos de isolamento injetado com posterior remoção da forma, a barreira de vapor é aceita quando atender aos requisitos do 9.2.4 ou 9.2.5 e a chapa de proteção atender aos requisitos do 9.2.6.

## **10 Procedimentos para Reparos no Isolamento**

10.1 Os reparos em isolamento devem ser executados utilizando, preferencialmente, o mesmo tipo de material e método de aplicação do isolante, conforme serviço original.

10.2 Os reparos devem ser executados em conformidade ao procedimento qualificado. A qualificação deve ocorrer antes do início dos serviços.

10.3 O material isolante aplicado no reparo deve ter a massa específica aparente compatível com o material isolante existente.

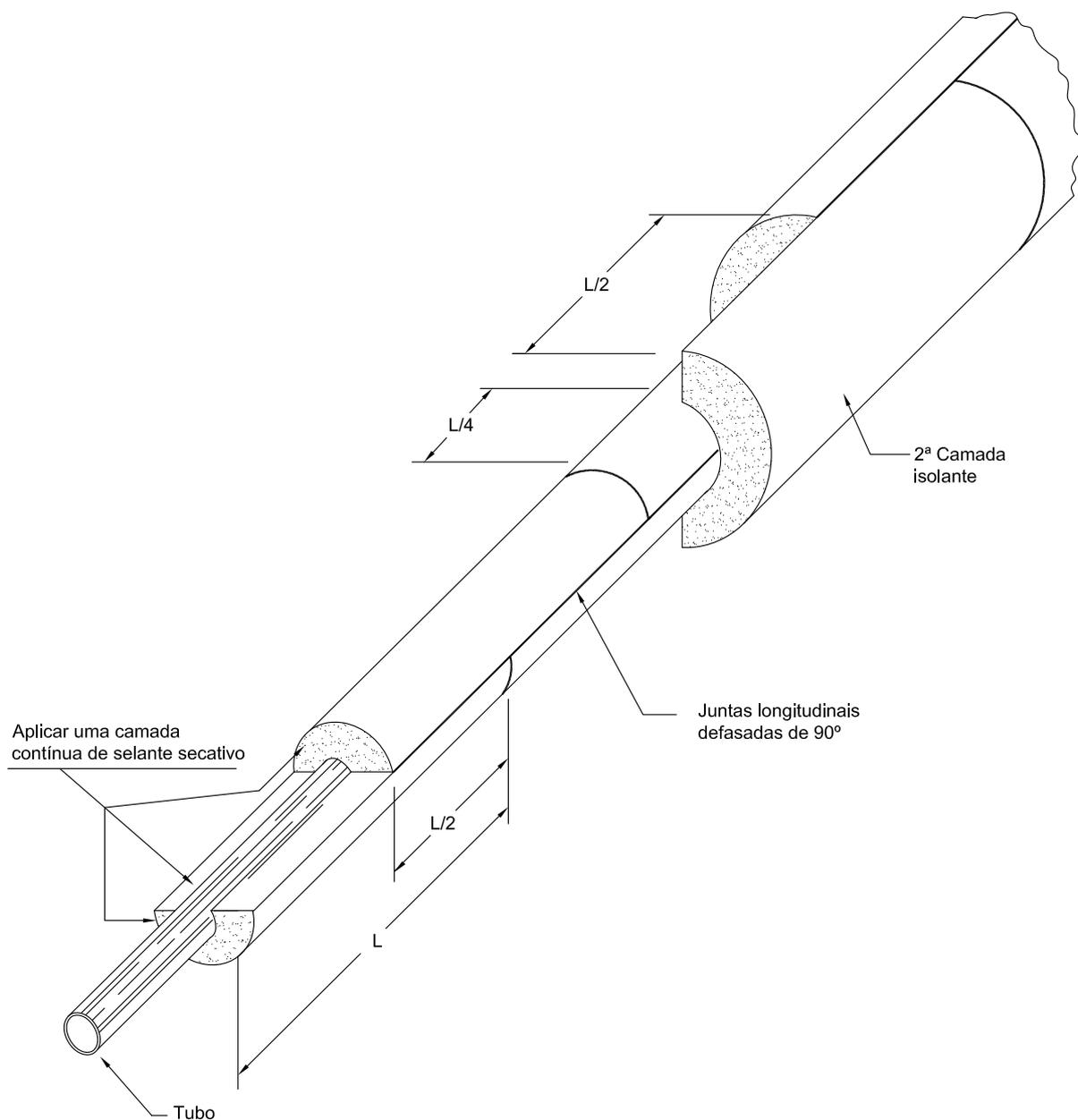
10.4 Deve ser observado o estado da superfície a ser isolada.

10.4.1 Deve ser removido todo o material isolante, de modo a não deixar resíduos de qualquer componente do isolamento térmico existente aderido sobre a superfície.

10.4.2 Caso a superfície seja pintada deve ser avaliada a necessidade de reparos na pintura.

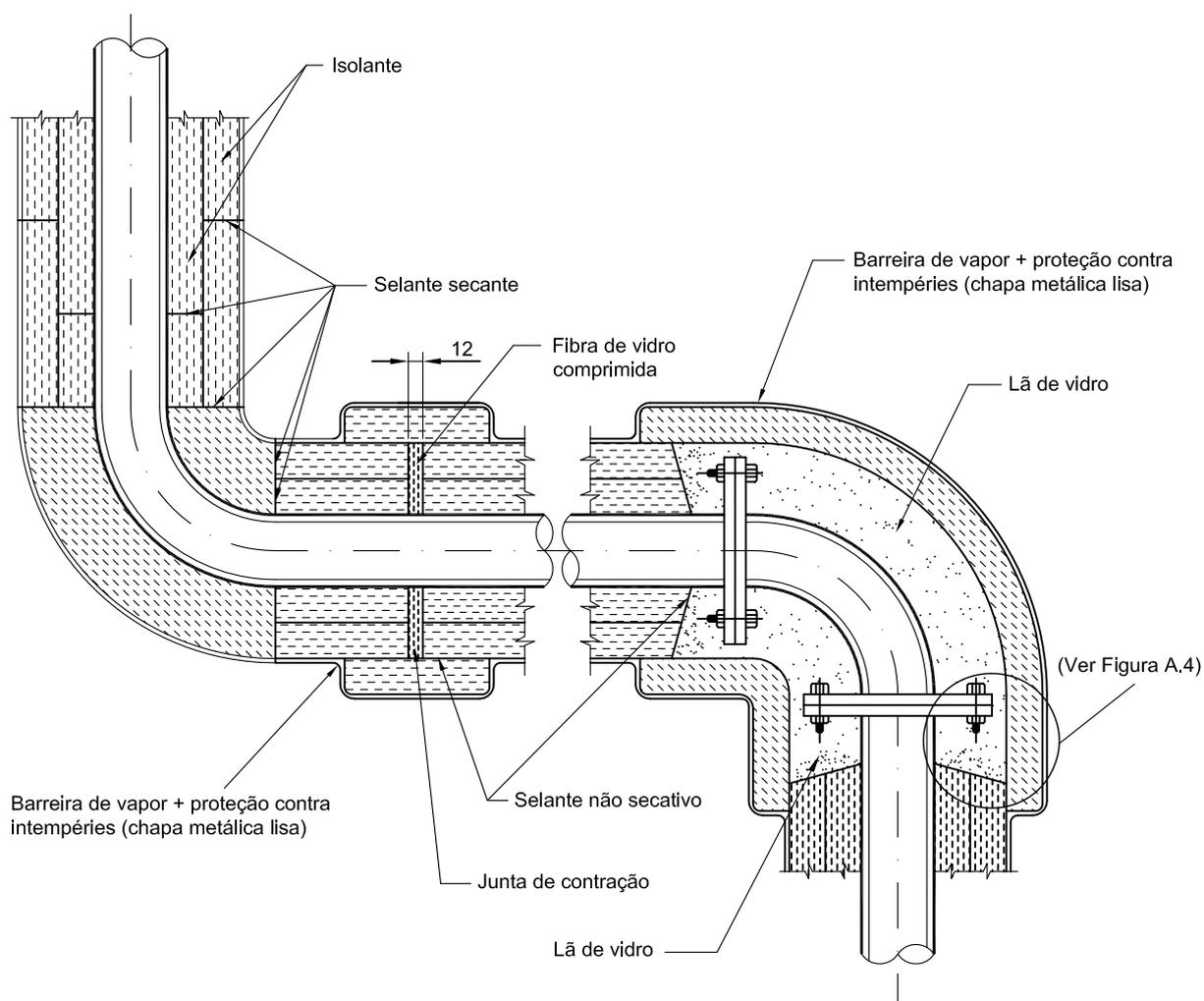
10.5 O procedimento de reparo deve atender os requisitos desta Norma.

## Anexo A - Figuras



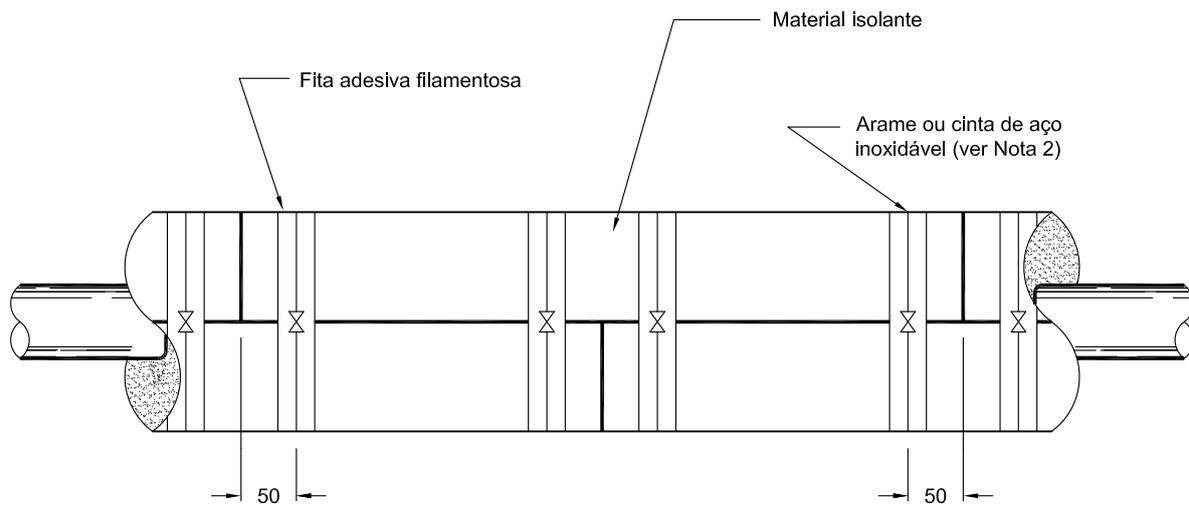
NOTA Quando a peça isolante for segmento, deve-se defasar os segmentos de um comprimento igual a  $L/N$ , onde "L" é o comprimento do segmento e "N" é o número de segmentos necessários ao contorno do tubo a isolar.

Figura A.1 - Disposição de Peças Isolantes Pré-Moldadas



NOTA Dimensões em milímetros.

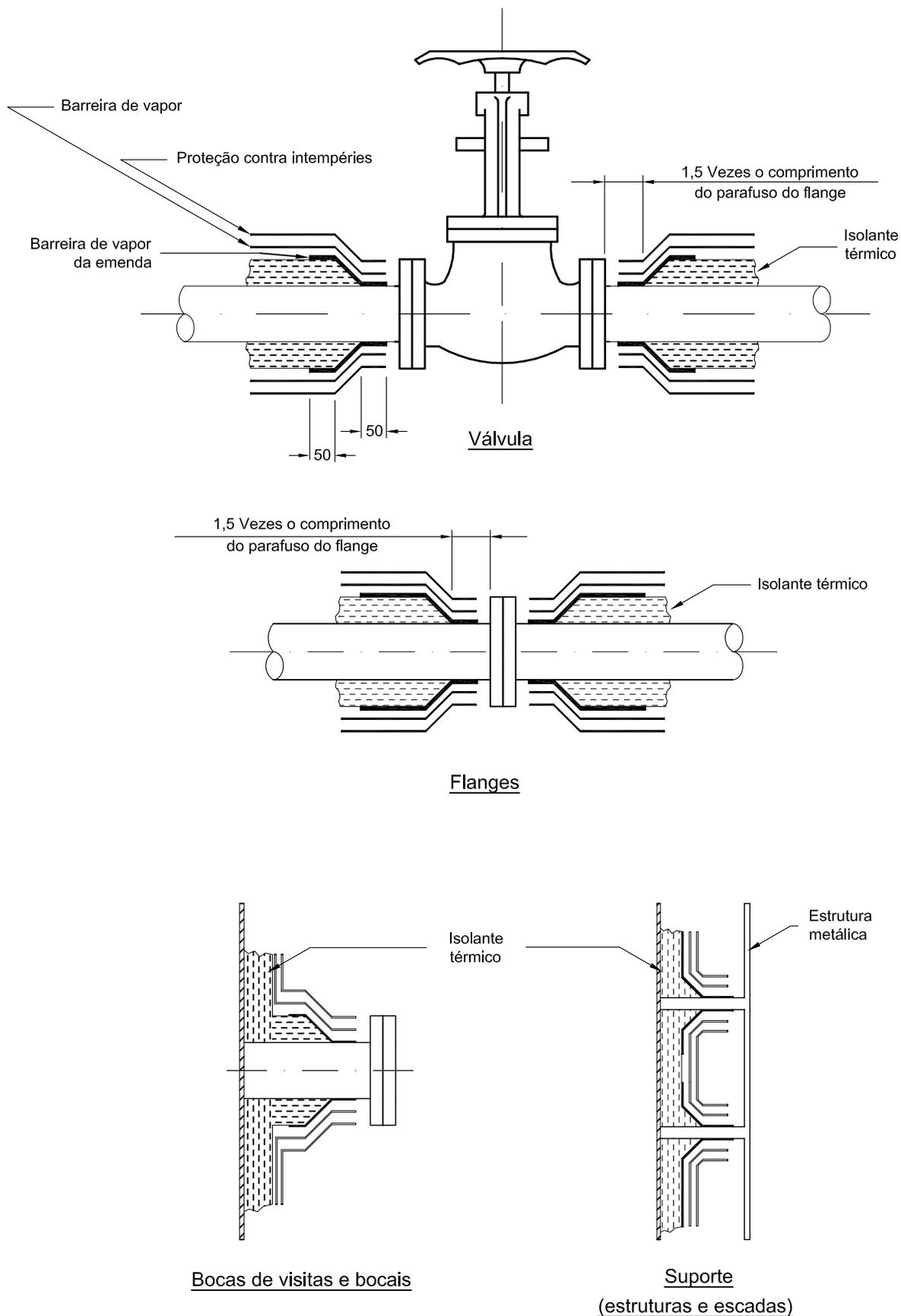
Figura A.2 - Isolamento Típico de Curvas Flangeadas e Juntas de Expansão



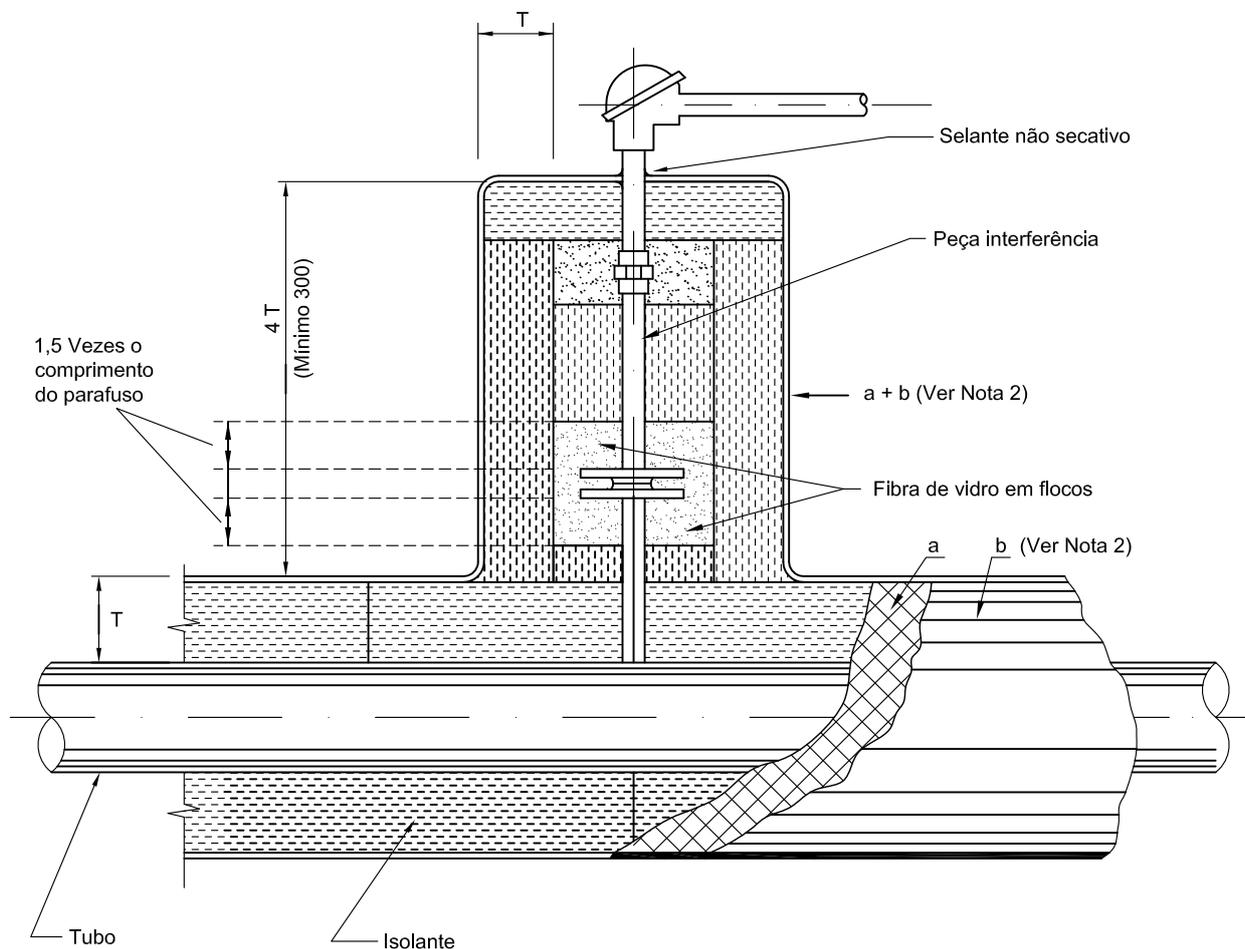
NOTA 1 Dimensões em milímetros.

NOTA 2 Usar arame de aço-carbono galvanizado BWG 16 para tubos até 12" e cinta de aço inoxidável de 12,7 mm de largura para diâmetros maiores.

**Figura A.3 - Fixação de Peças Isolantes em Tubulações (Camada Única ou Última Externa)**



**Figura A.4 - Acabamento das Extremidades das Camadas de Isolantes**



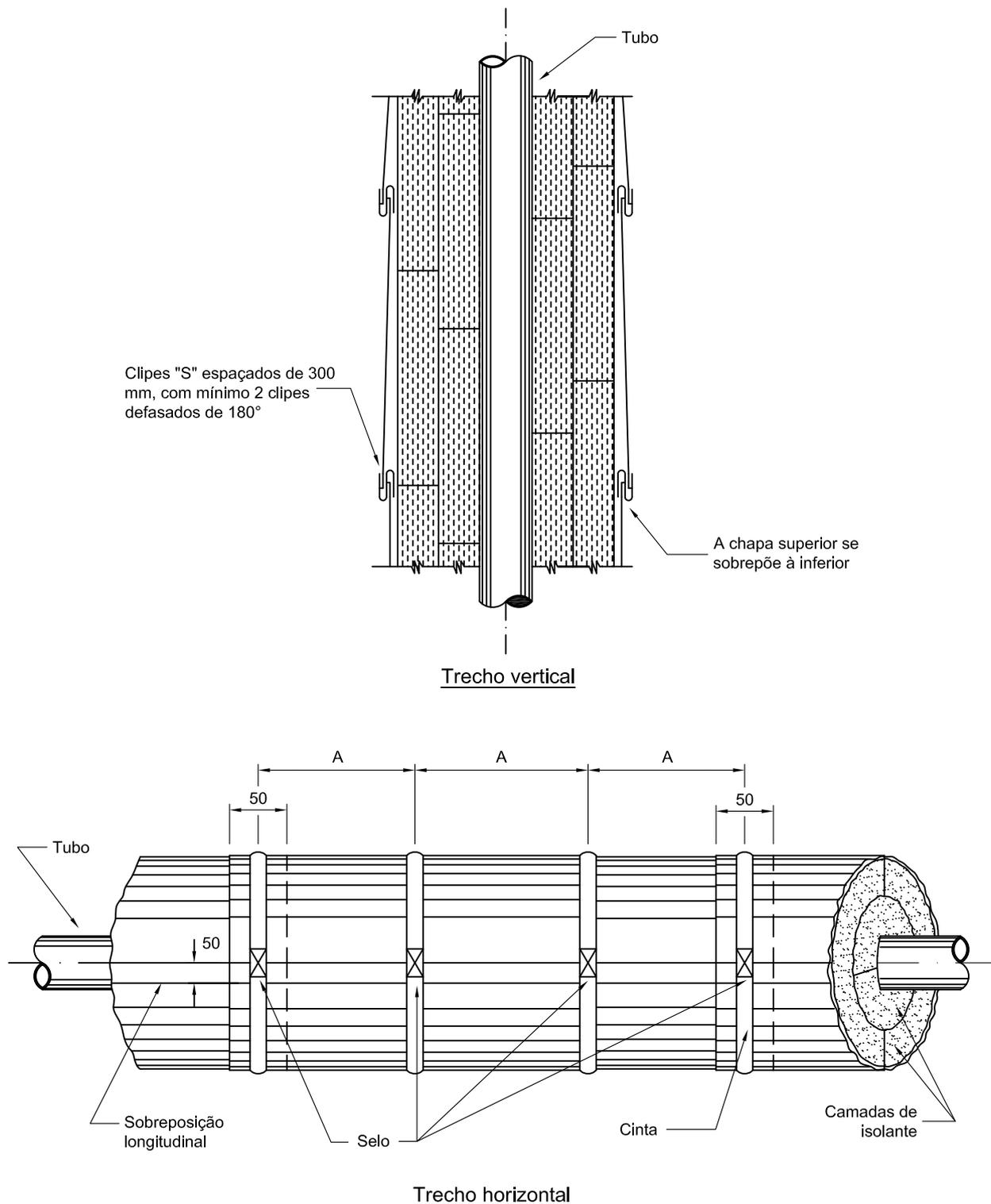
NOTA 1 Dimensões em milímetros.

NOTA 2 a = Barreira de vapor.

b = Proteção contra intempéries.

NOTA 3 T = Espessura do isolamento.

**Figura A.5 - Isolamento de Peça Interferência Ligada à Tubulação**



NOTA 1 Dimensões em milímetros.

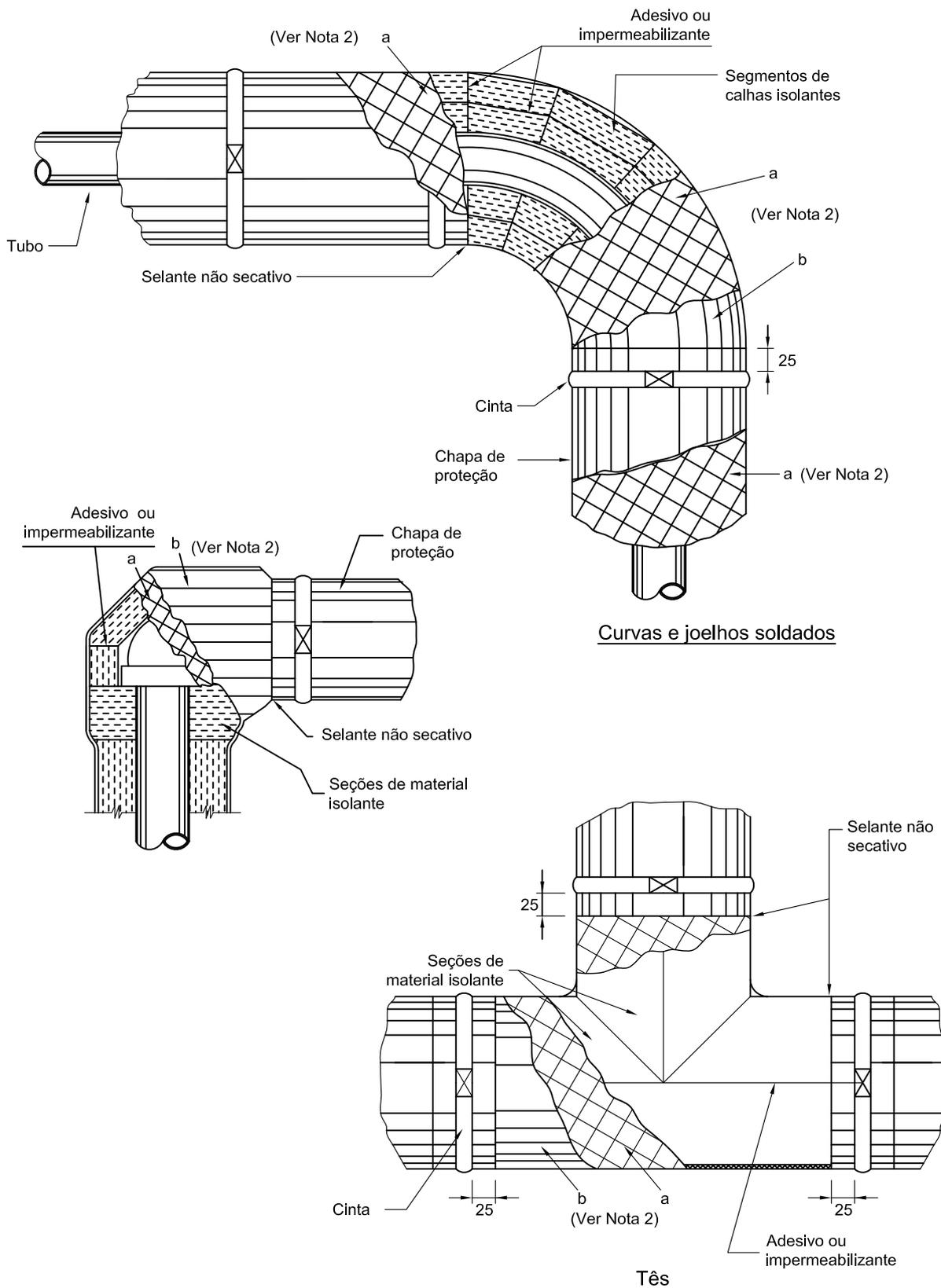
NOTA 2 Usar quatorzintas por chapa de proteção.

NOTA 3 A fixação das chapas de proteção em trechos verticais segue a mesma disposição do trecho horizontal.

NOTA 4 A sobreposição longitudinal das chapas de proteção deve evitar a penetração de água.

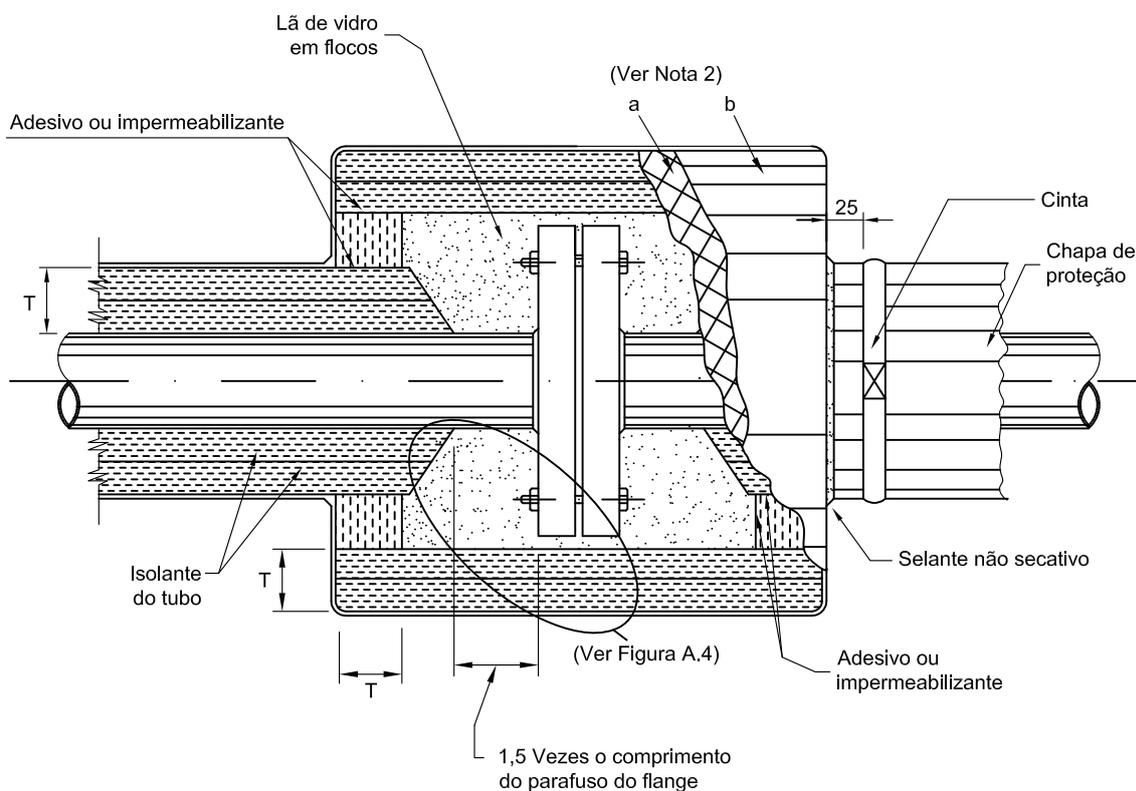
NOTA 5 Valor "A" deve constar do projeto de isolamento (típico = 315 mm).

**Figura A.6 - Fixação das Chapas de Proteção**



NOTA 1 Dimensões em milímetros.  
 NOTA 2 a = Barreira de vapor;  
 b = Proteção contra intempéries.

**Figura A.7 - Isolamento Típico de Curvas e Conexões**

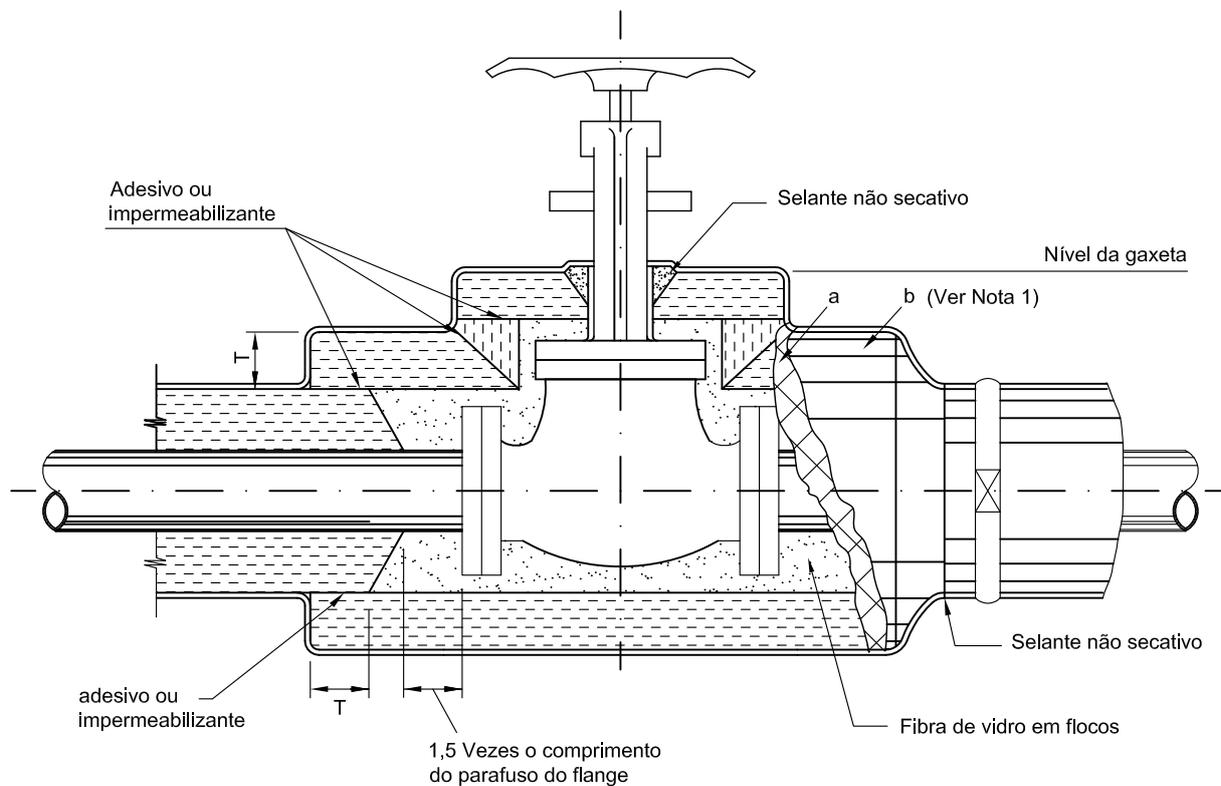


NOTA 1 Dimensões em milímetros.

NOTA 2 a = Barreira de vapor;  
b = Proteção contra intempéries.

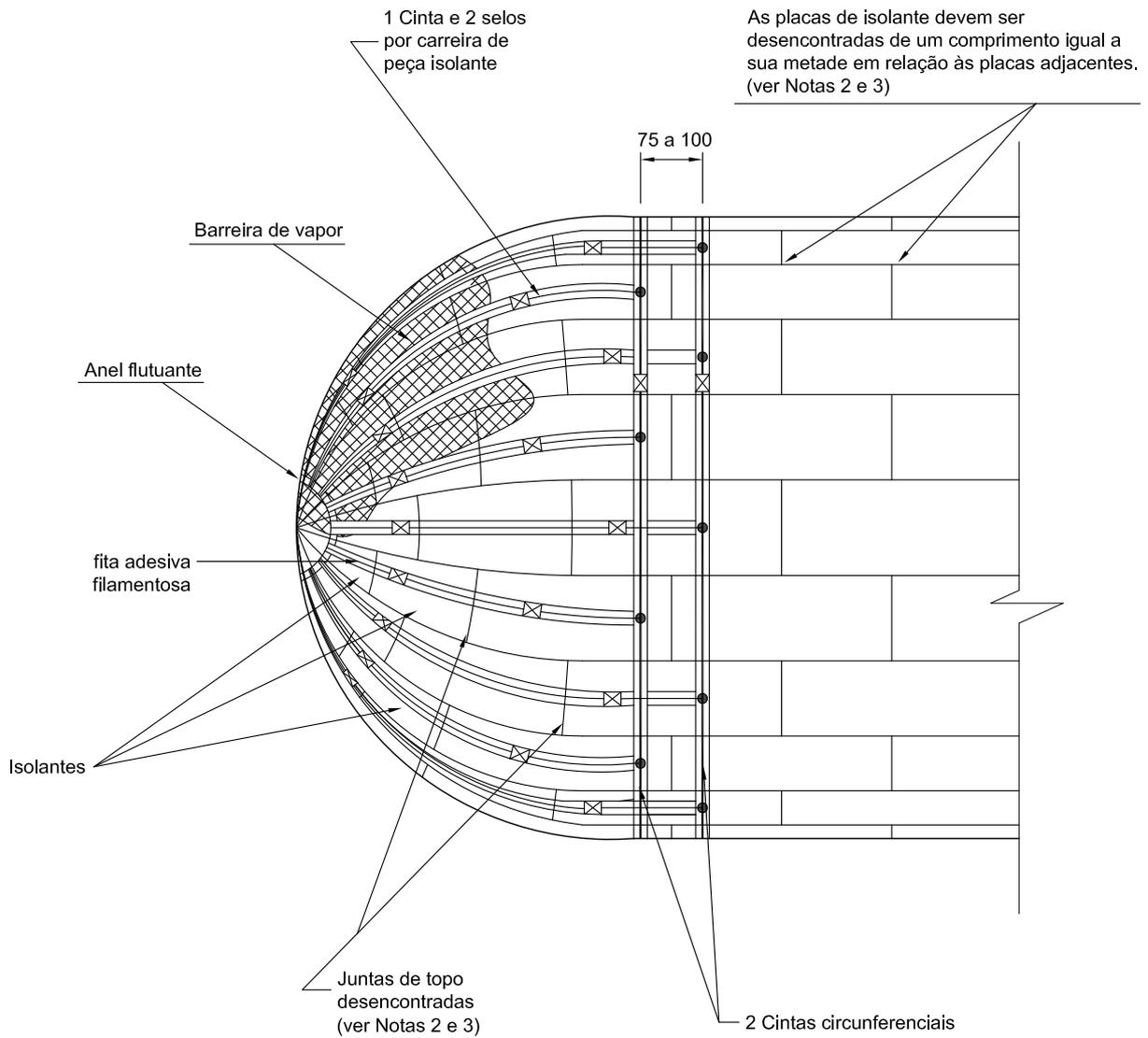
NOTA 3 T = Espessura do isolamento.

**Figura A.8 - Isolamento de Flanges**



NOTA 1 a = Barreira de vapor;  
 b = Proteção contra intempéries.  
 NOTA 2 T = Espessura de isolamento.

**Figura A.9 - Isolamento de Válvulas**

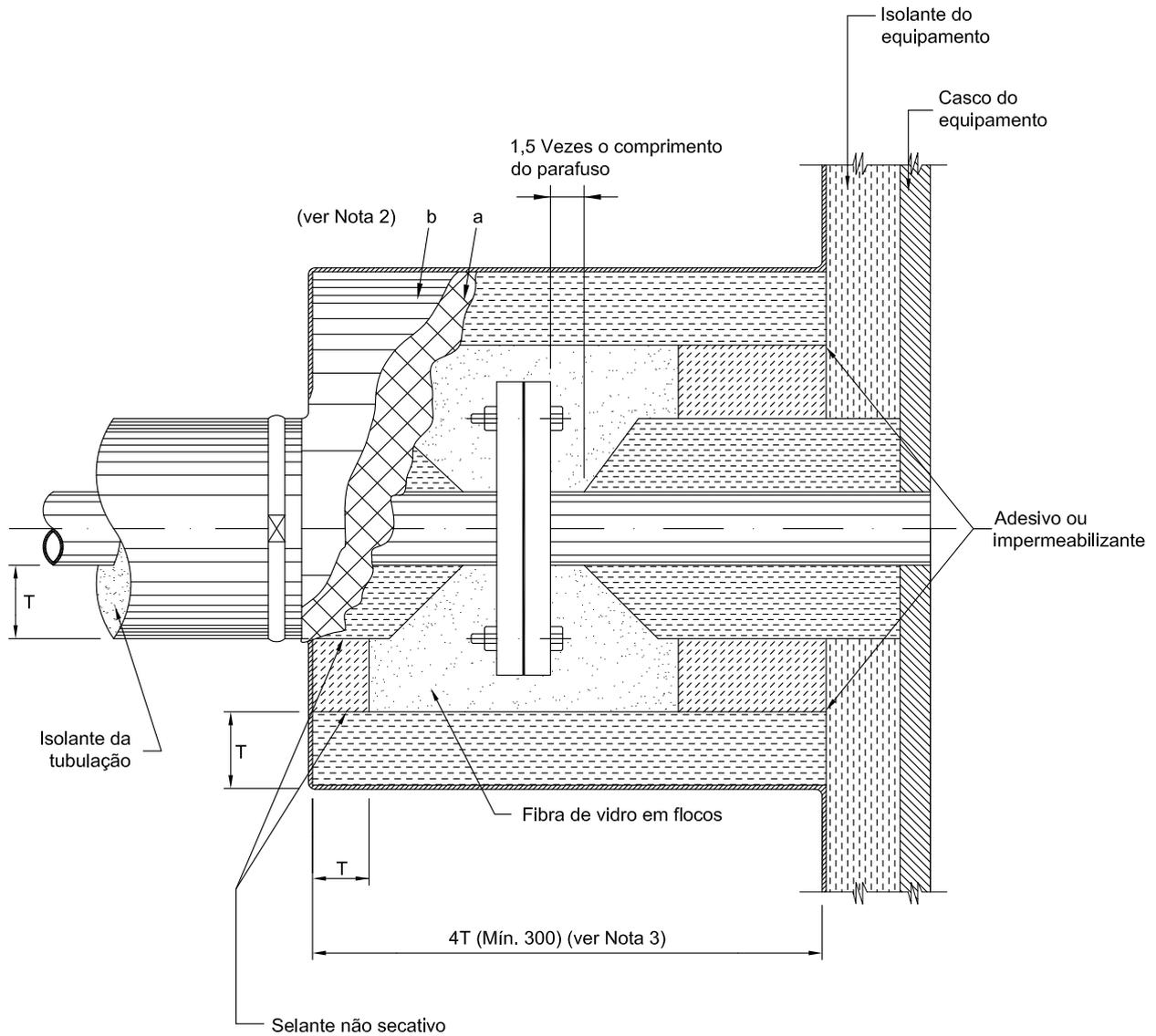


NOTA 1 Dimensões em milímetros.

NOTA 2 As juntas de topo e longitudinal da 2ª camada das placas isolantes são desencontradas em relação as da 1ª camada.

NOTA 3 Aplicar uma camada contínua de selante secativo em todas as juntas.

**Figura A.10 - Fixação do Isolamento Pré-Moldado na União Casco-Tampo**



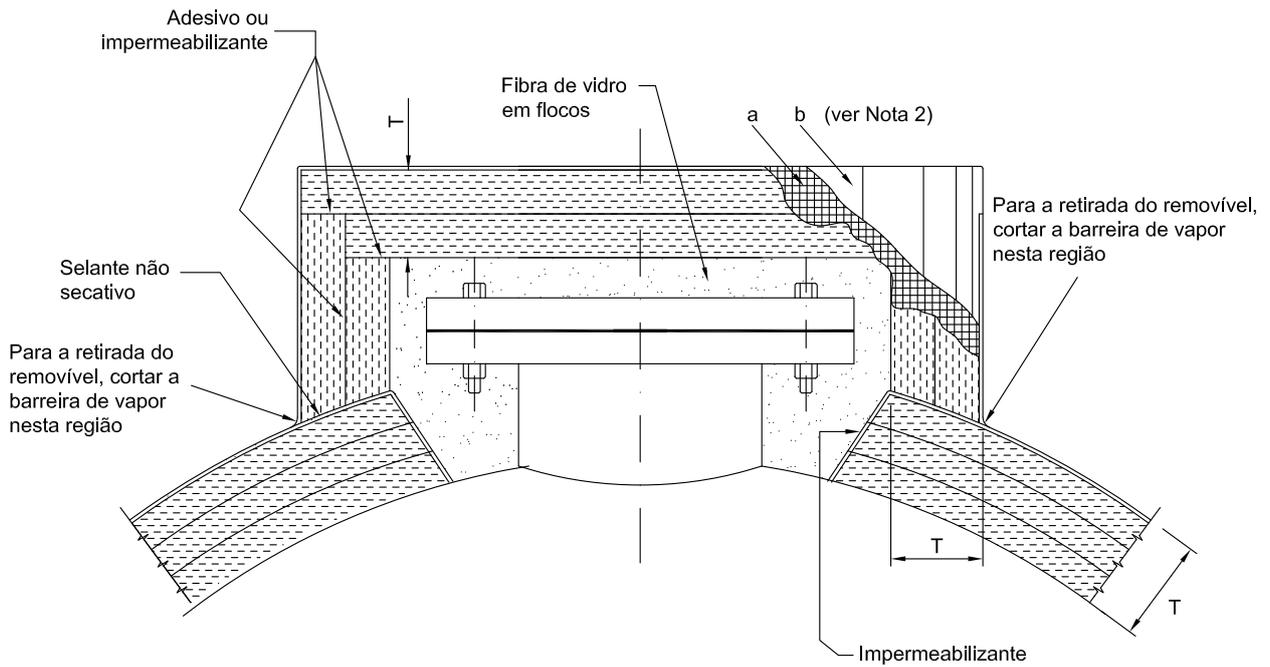
NOTA 1 Dimensões em milímetros.

NOTA 2 a = Barreira de vapor;

b = Proteção contra intempéries.

NOTA 3 A medida 4T (mín. 300) só deve ser obedecida para conexão de instrumentos.

**Figura A.11 - Conexão de Entrada/Saída de Equipamento ou Conexão de Instrumentos**

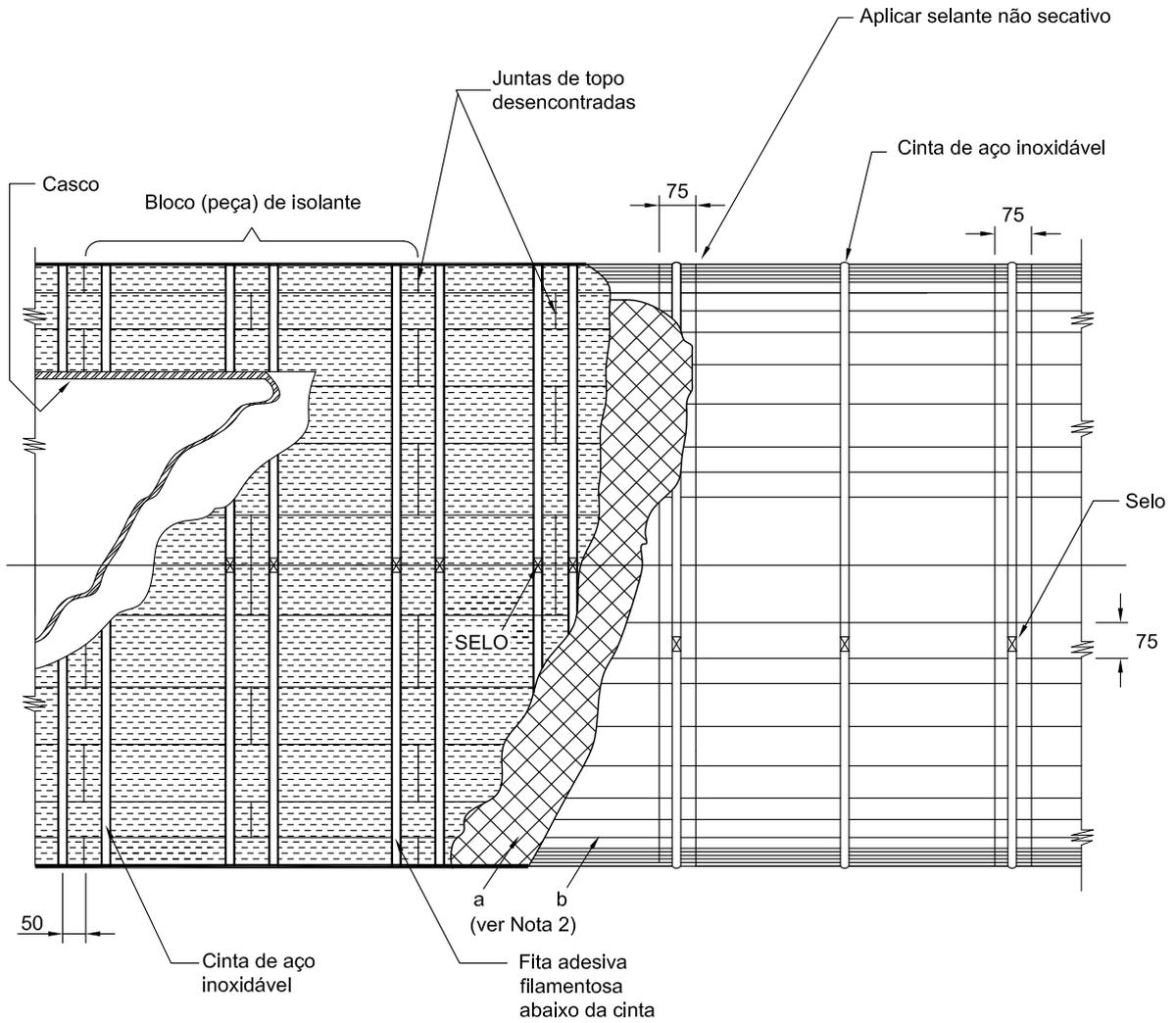


NOTA 1 Dimensões em milímetros.

NOTA 2 a = Barreira de vapor;  
b = Proteção contra intempéries.

NOTA 3 T = Espessura de isolamento.

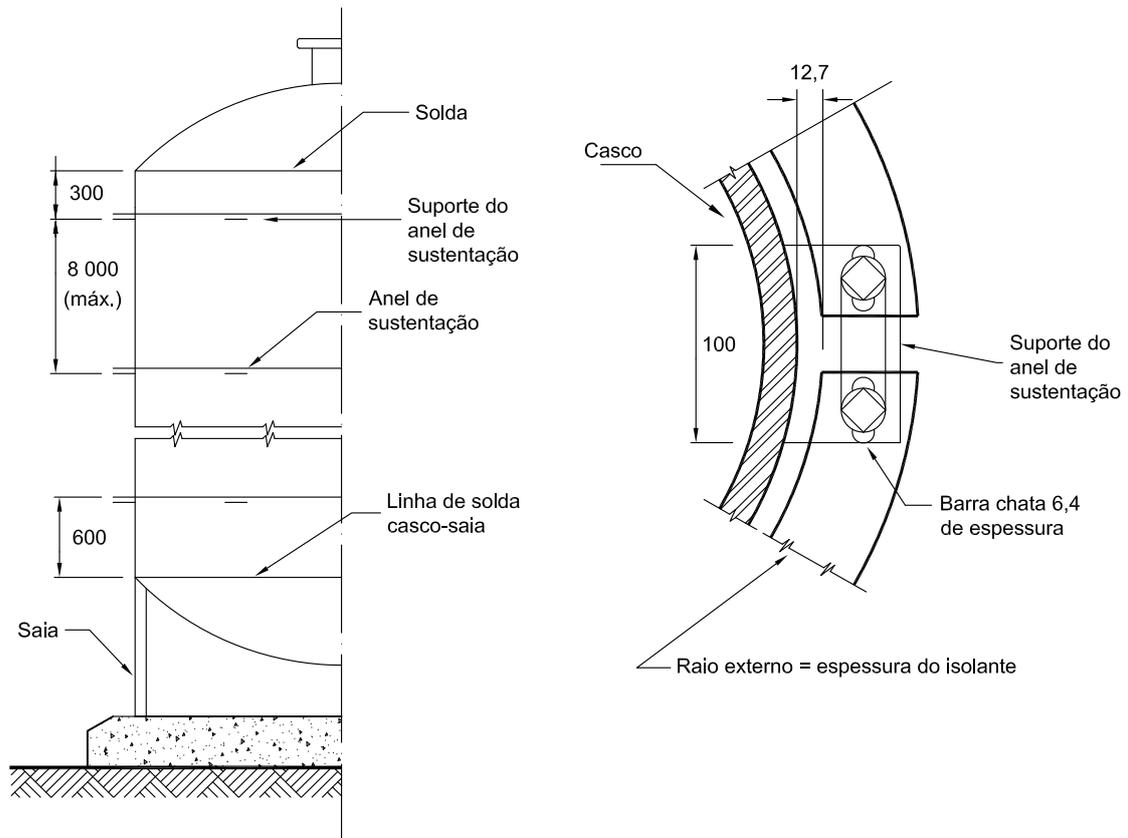
**Figura A.12 - Isolamento de Bocas de Visita**



NOTA 1 Dimensões em milímetros.

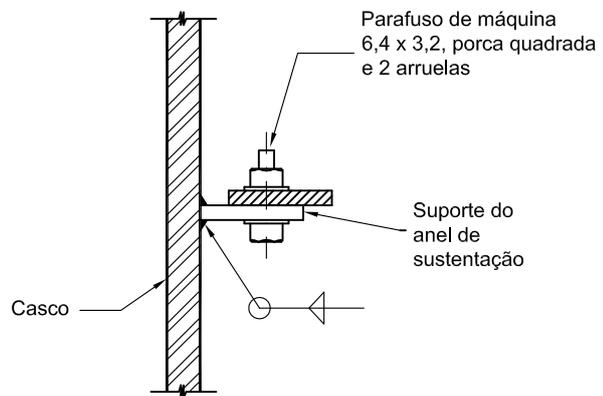
NOTA 2 a = Barreira de vapor,  
b = Proteção contra intempéries.

**Figura A.13 - Isolamento de Casco de Vasos Horizontais**



**Suporte do anel**

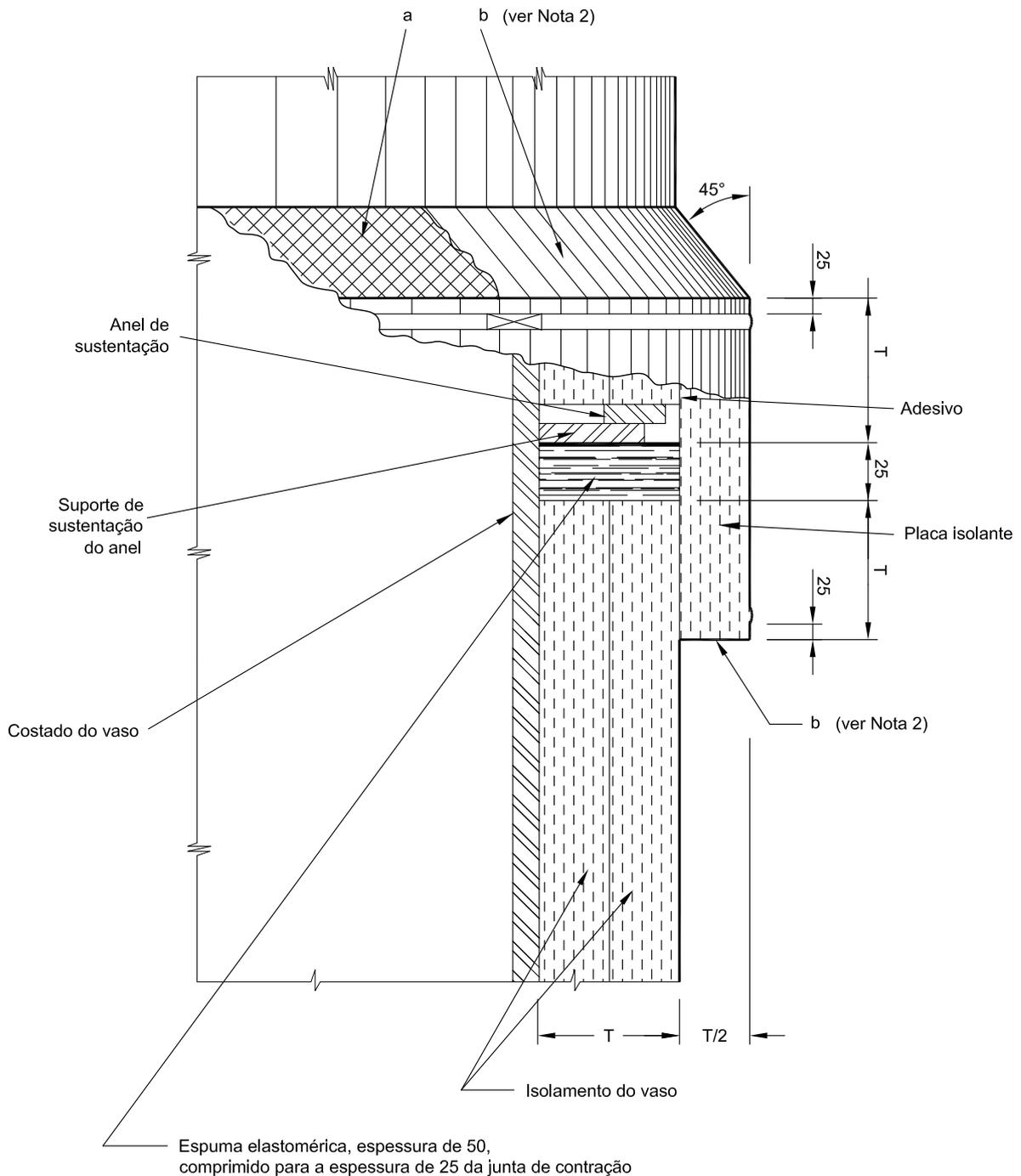
Diâmetro do vaso	Nº de suportes
Até 1 200	4
1 210 - 2 400	6
2 410 - 3 600	8
3 610 - 4 800	10
4 810 - 6 000	12
> 6 010	Espaçamento de 1 500



Anel de sustentação aparafusado

NOTA Dimensões em milímetros.

**Figura A.14 - Suporte e Anéis de Sustentação dos Isolantes de Vasos Verticais**



NOTA 1 Dimensões em milímetros.

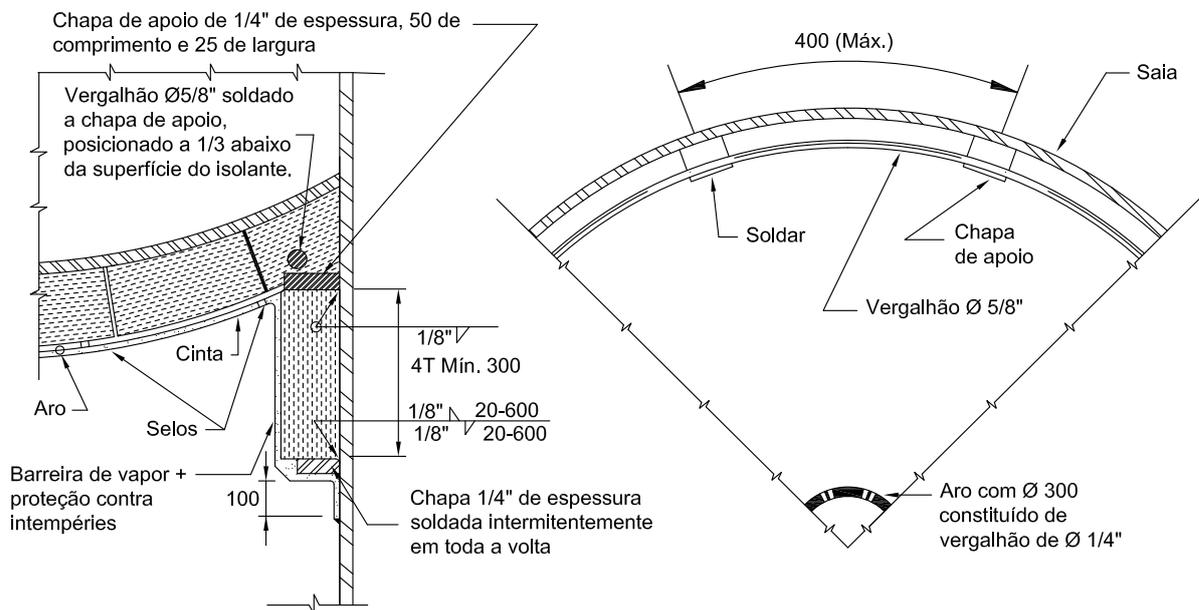
NOTA 2 a = Barreira de vapor;

b = Proteção contra intempéries.

NOTA 3 T = Espessura do isolamento.

**Figura A.15 - Isolamento de Junta de Contração em Vasos Verticais**

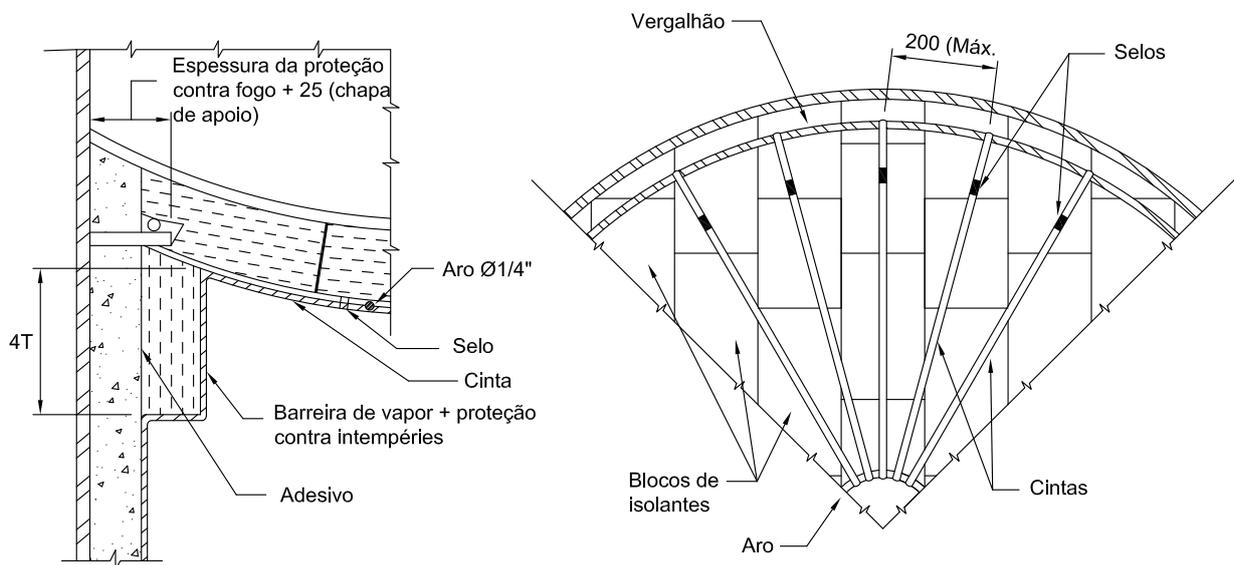




Detalhe de fixação

Sem proteção contra fogo

Vista inferior dos suportes das cintas



Detalhe de fixação

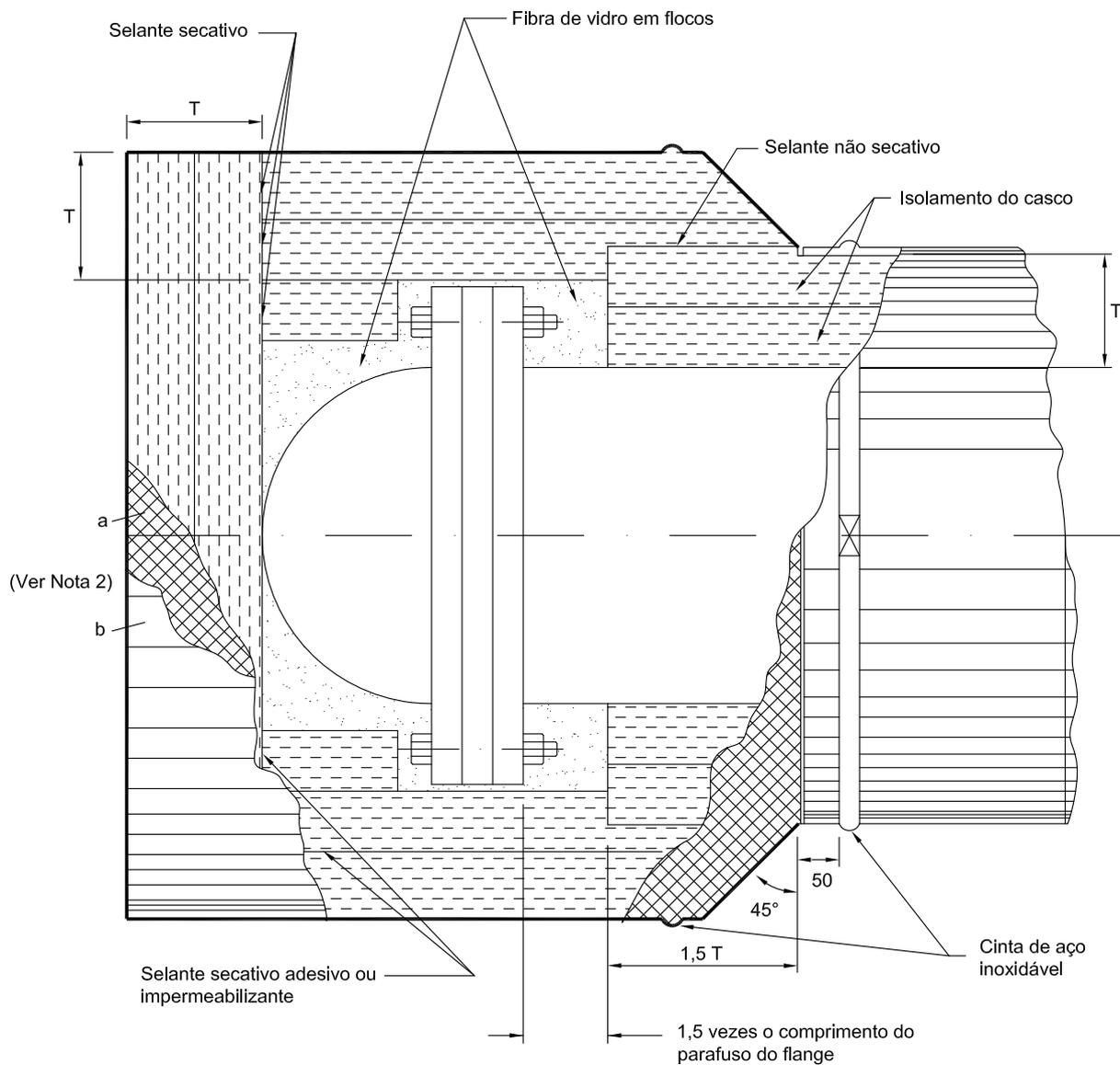
com proteção contra fogo

Vista inferior da fixação do isolante

NOTA Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.

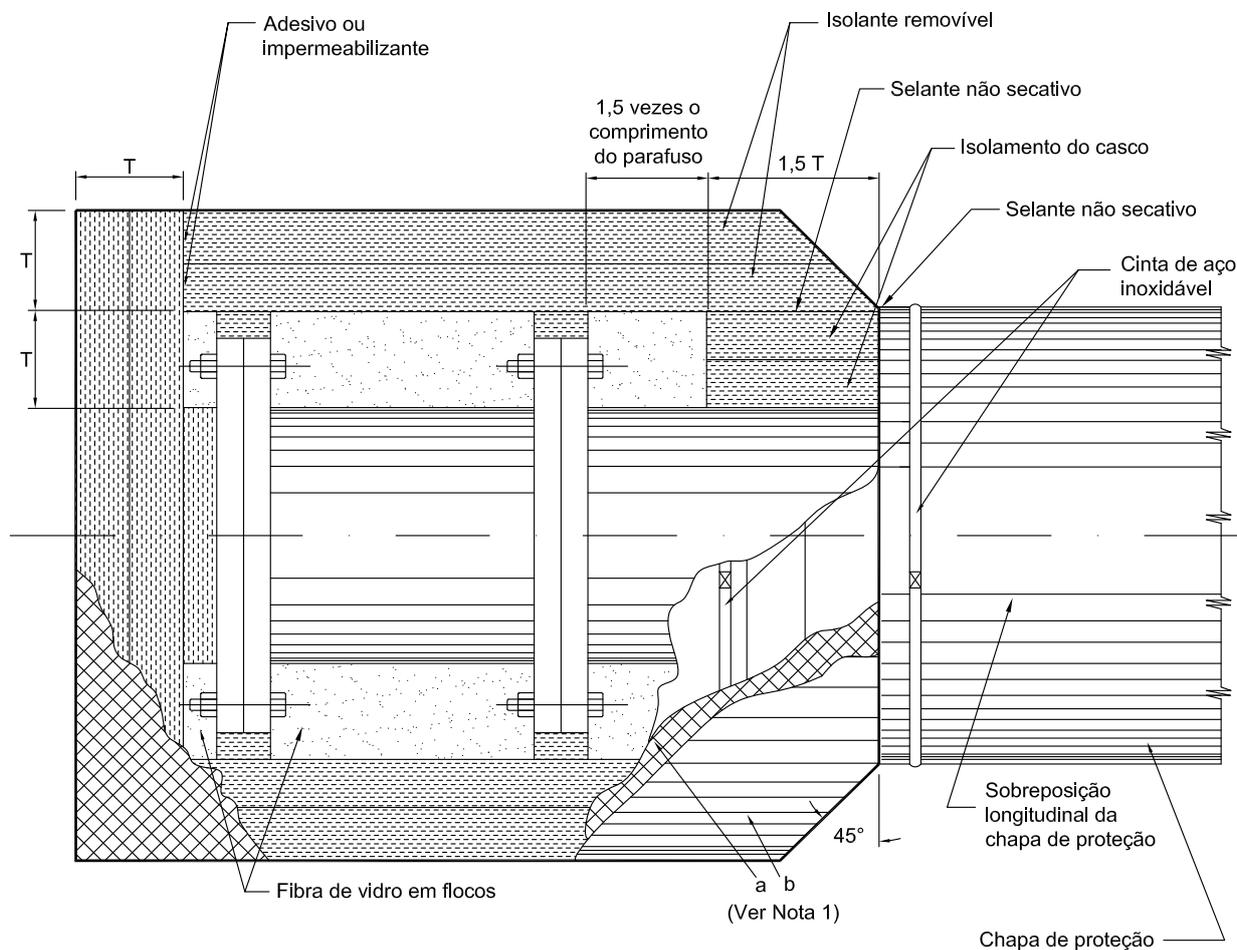
**Figura A.16.2 - Detalhes do Isolamento**

**Figura A.16 - Isolamento de Vasos Verticais com e sem Proteção Contrafogo**



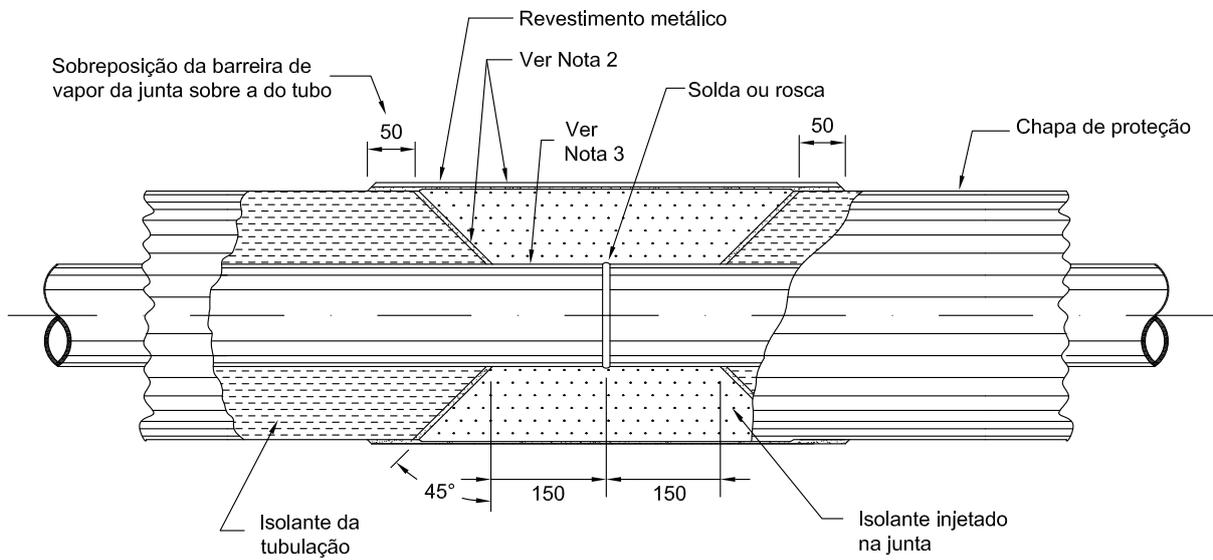
- NOTA 1 Dimensões em milímetros.  
 NOTA 2 a = Barreira de vapor;  
           b = Proteção contra intempéries.  
 NOTA 3 T = Espessura do isolamento.

**Figura A.17 - Isolamento do Tampo Boleado de Trocadores**



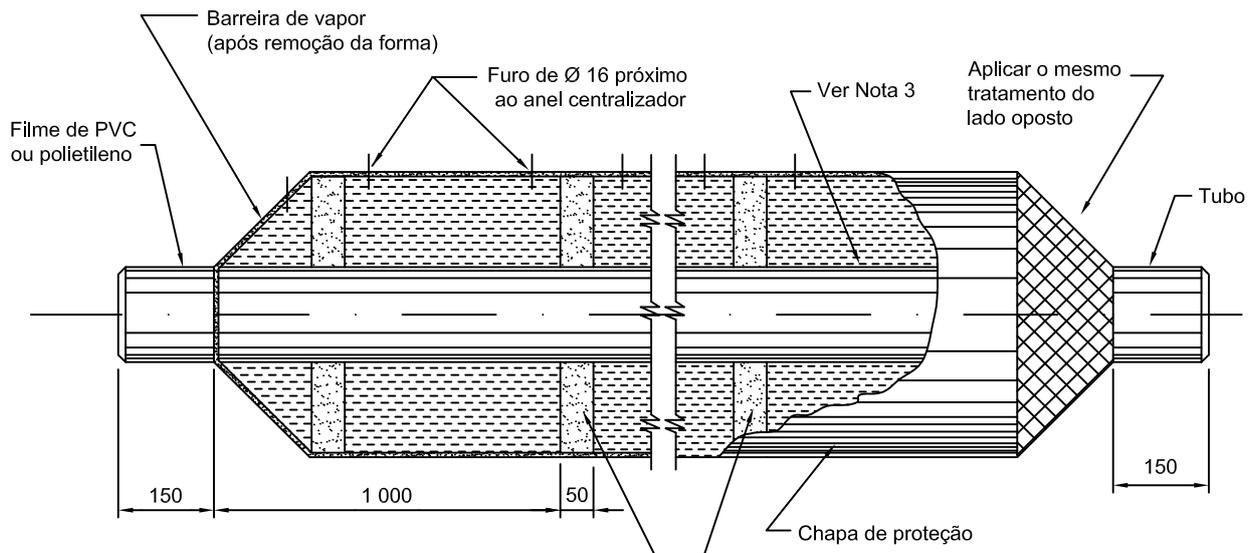
NOTA 1 a = Barreira de vapor,  
 b = Proteção contra intempéries.  
 NOTA 2 T = Espessura do isolamento.

**Figura A.18 - Isolamento do Carretel de Trocadores de Calor**



- NOTA 1 Dimensões em milímetros.
- NOTA 2 a = Barreira de vapor.
- NOTA 3 Filme de PVC ou polietileno.

**Figura A.19 - Isolamento de Emendas de Tubos**

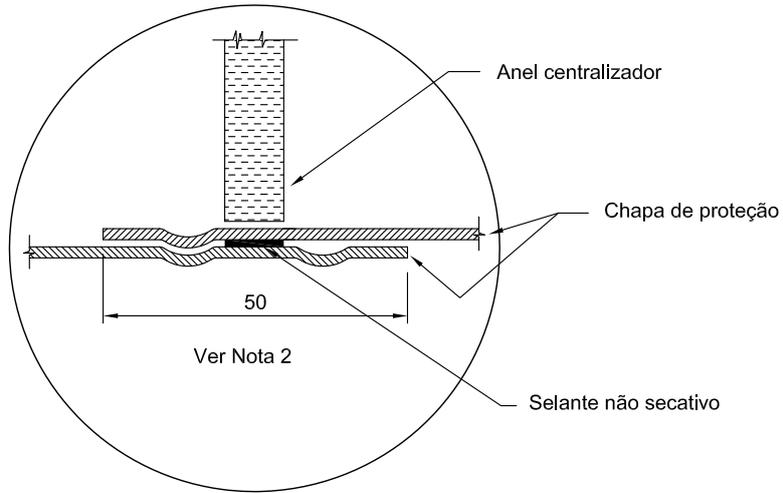


NOTA 1 Dimensões em milímetros.

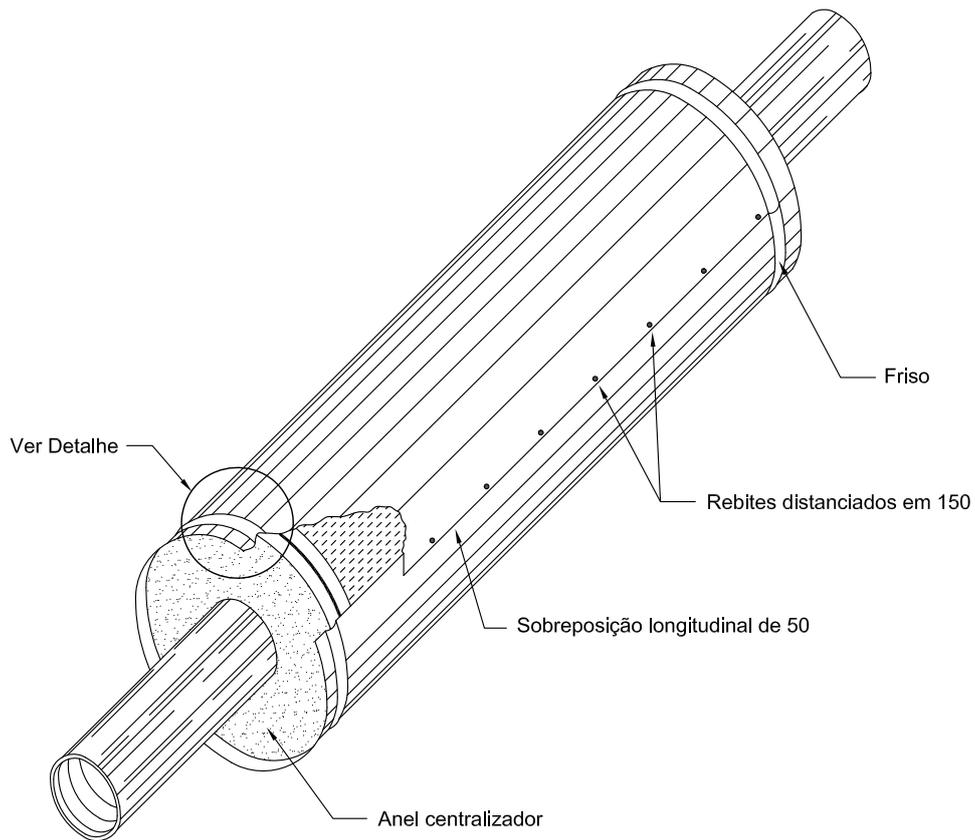
NOTA 2 Os anéis podem ser fixados também ao tubo por meio de adesivos.

NOTA 3 Filme de PVC ou polietileno.

**Figura A.20 - Tubo Isolado por Injeção (Oficina)**



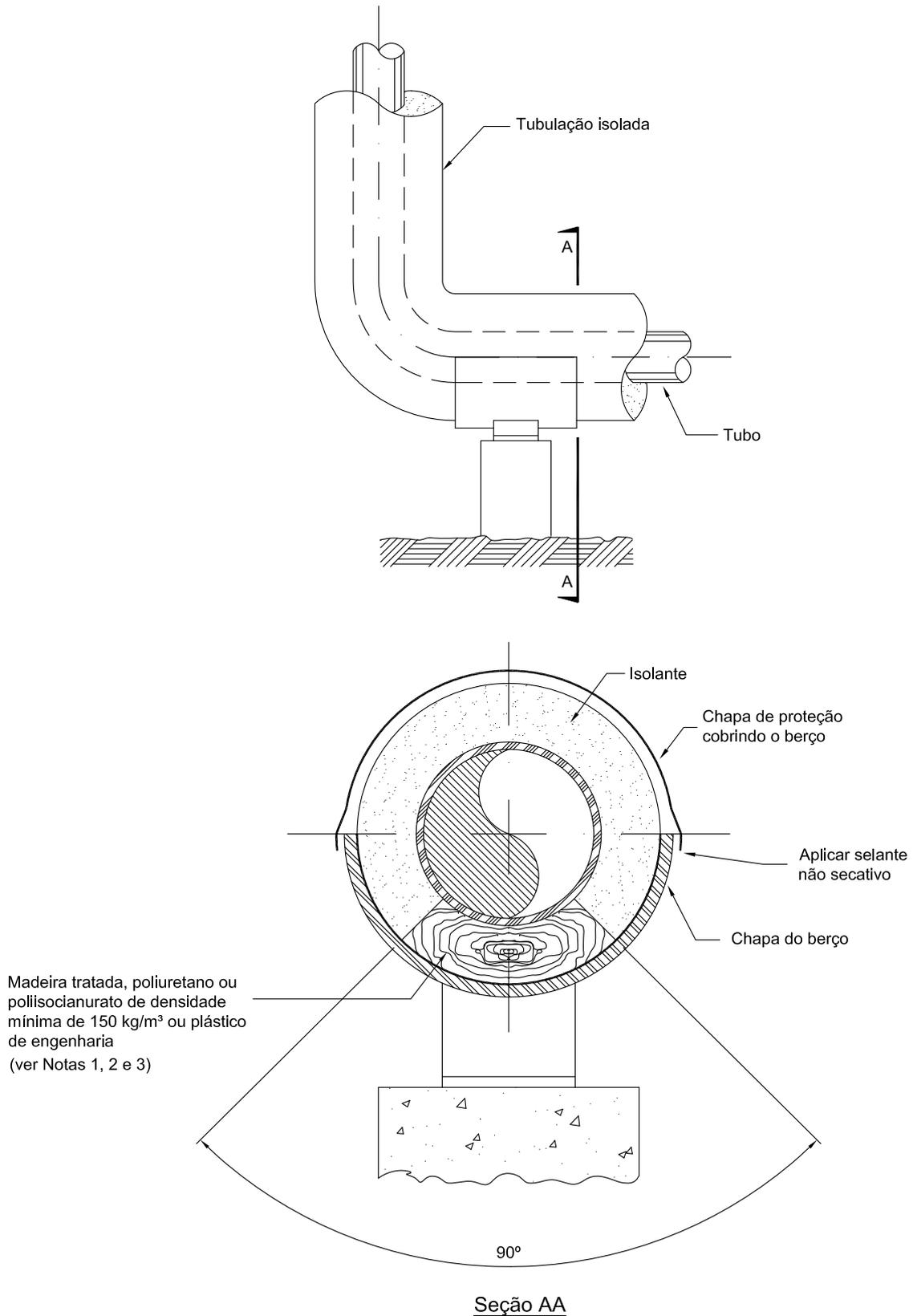
Detalhe



NOTA 1 Dimensões em milímetros.

NOTA 2 Para diâmetros externos acima de 12", fixar juntas circunferenciais com rebites.

**Figura A.21 - Tubulação Isolada por Injeção (Campo)**



NOTA 1 Tratamento preservativo da madeira em autoclave.

NOTA 2 Para suportes onde há ocorrência de tensões cisalhantes utilizar obrigatoriamente madeira.

NOTA 3 Comprimento mínimo do suporte de 210 mm.

**Figura A.22.1 - Suporte Isolado para Linhas Aéreas**

**Figura A.22 - Suporte Isolado**

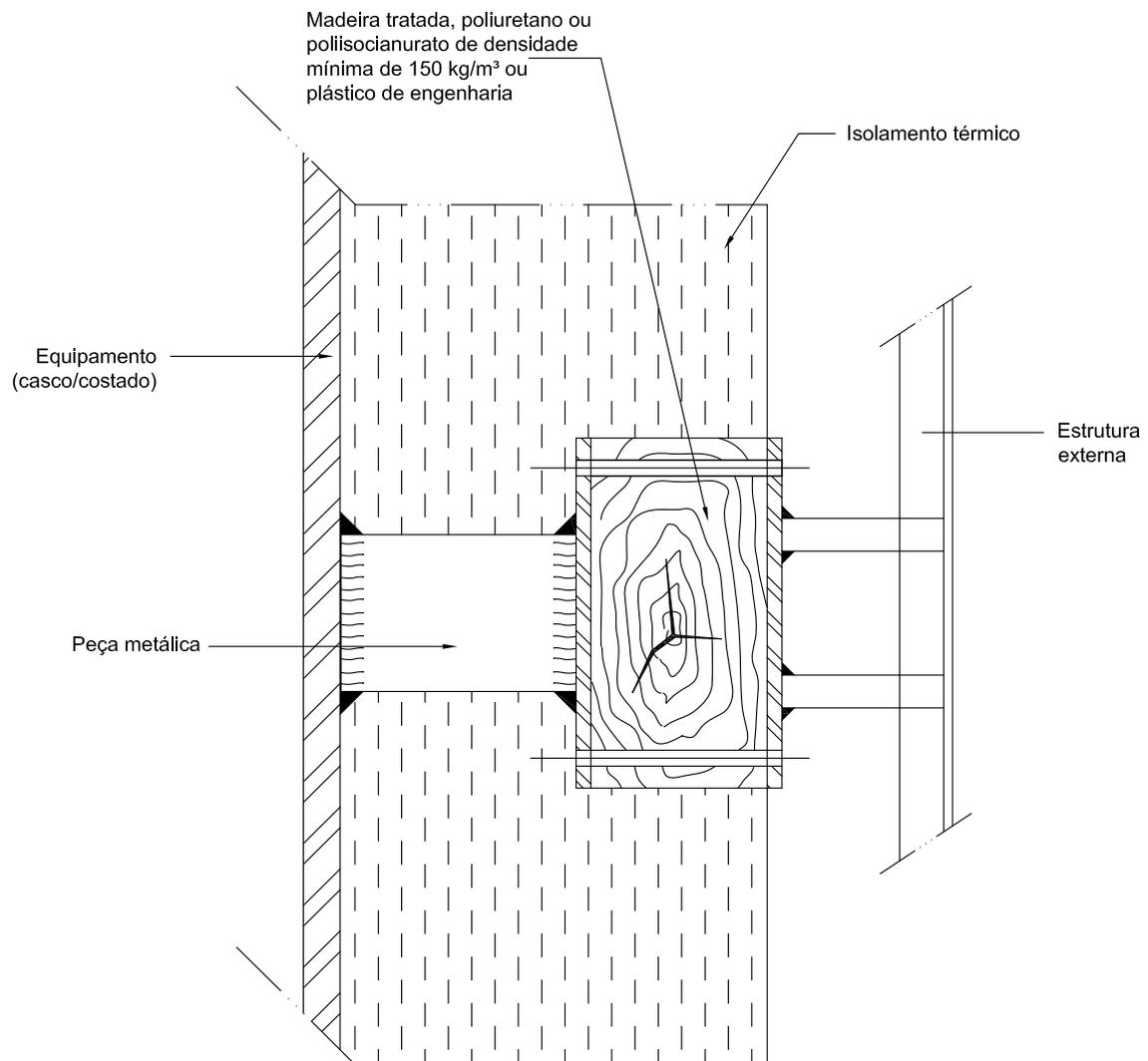
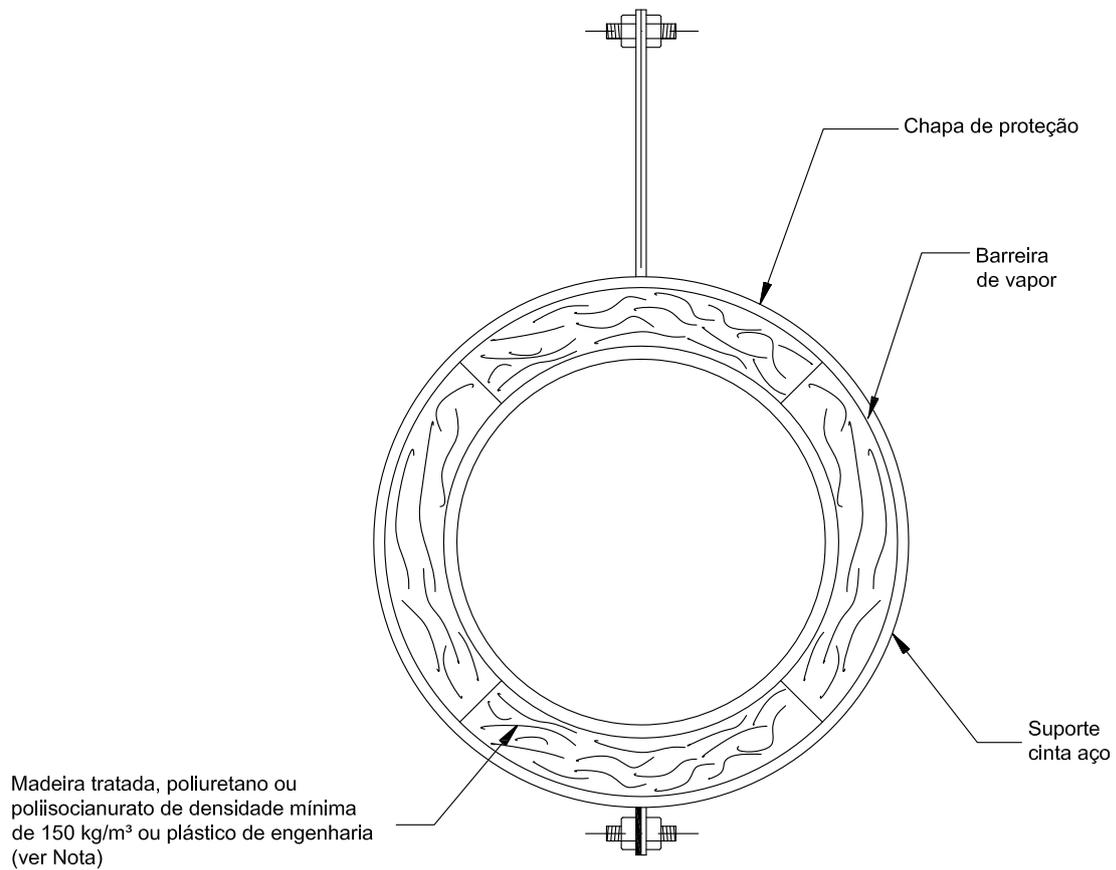


Figura A.22.2 - Detalhe do Suporte Isolado

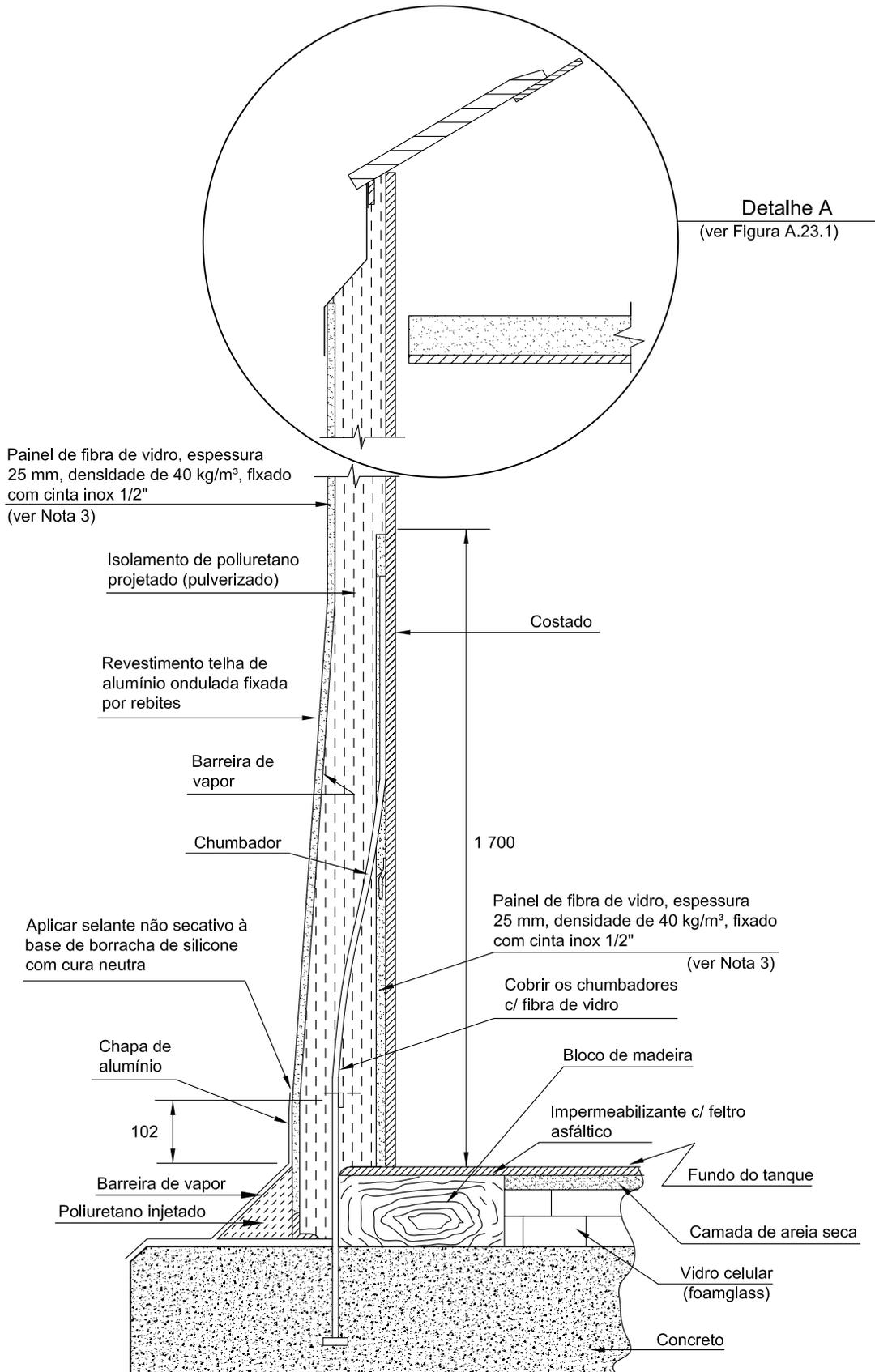
Figura A.22 - Suporte Isolado



NOTA Comprimento mínimo do suporte de 210 mm.

**Figura A.22.3 - Suporte Isolado Linhas Aéreas**

**Figura A.22 - Suporte Isolado**



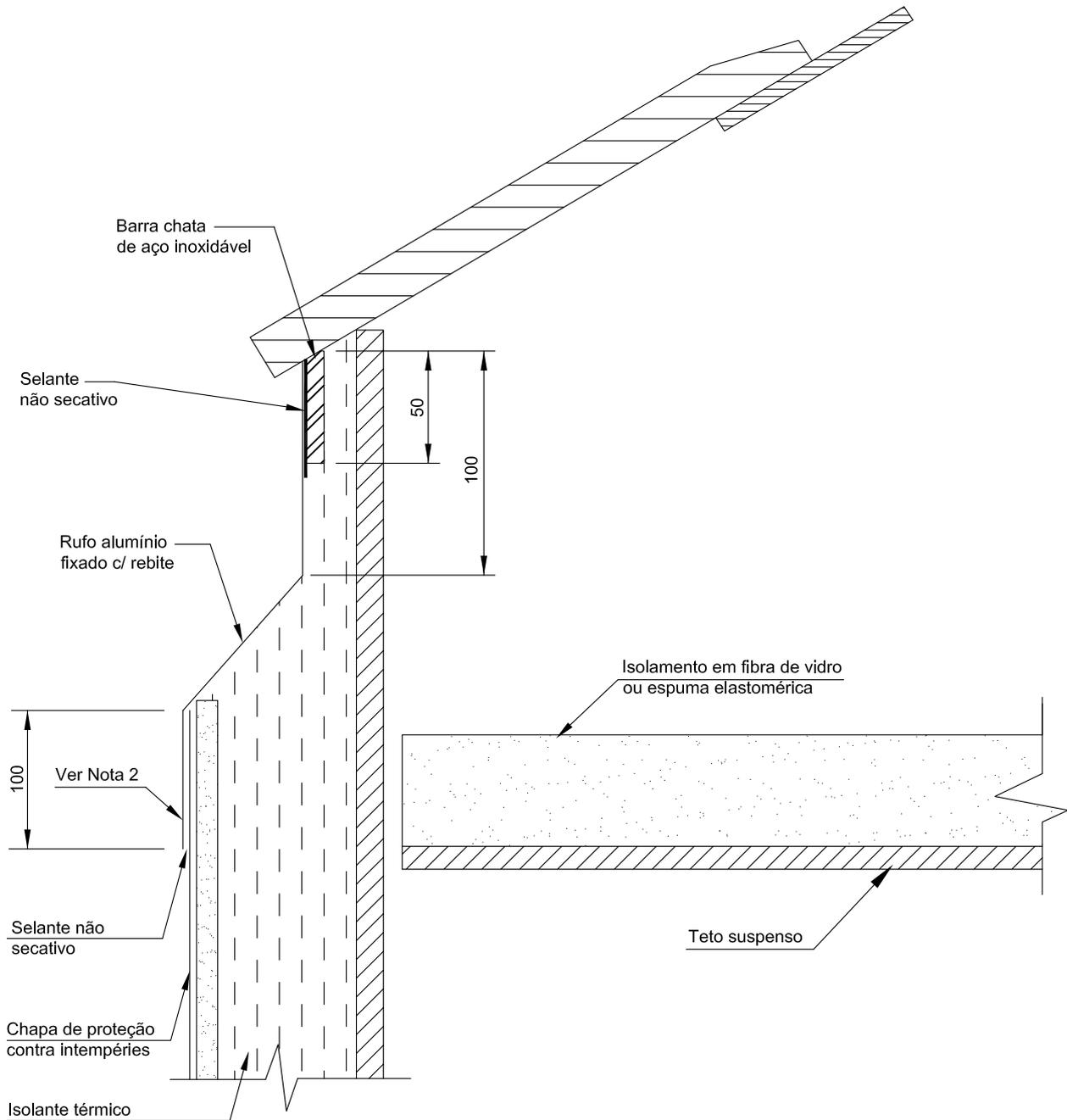
NOTA 1 Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.

NOTA 2 O detalhamento de ancoragem da chapa de proteção deve ser analisado conforme altura do tanque.

NOTA 3 Esta camada também pode ser em espuma elastomérica de mesma espessura.

**Figura A.23.1 - Arranjo Geral**

**Figura A.23 - Isolamento de Tanques**



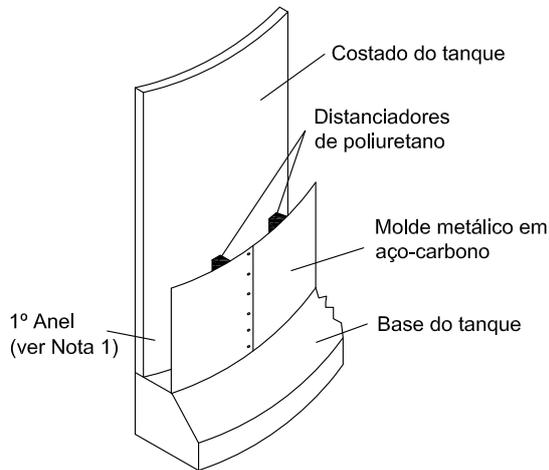
**Detalhe A**

NOTA 1 Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.

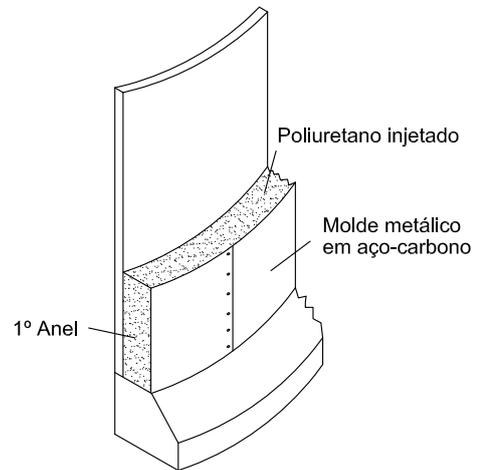
NOTA 2 Fixação da chapa de proteção ao rufo com rebites.

**Figura A.23.2 - Detalhe do Teto**

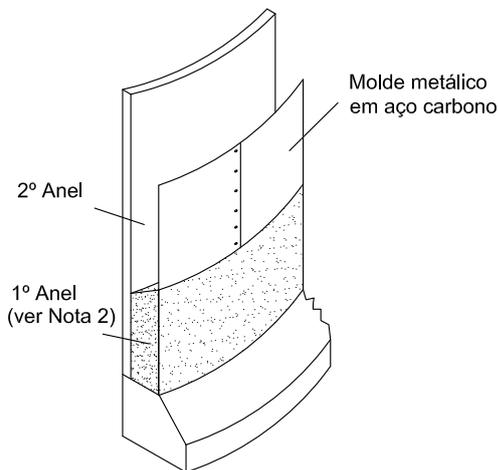
**Figura A.23 - Isolamento de Tanques**



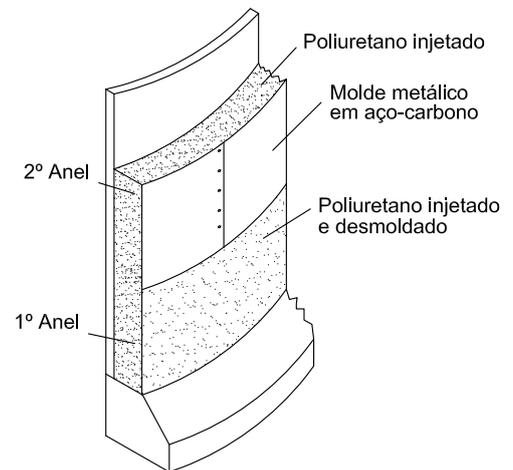
1) Instalação do molde metálico no 1º anel



2) Injeção do poliuretano no 1º anel

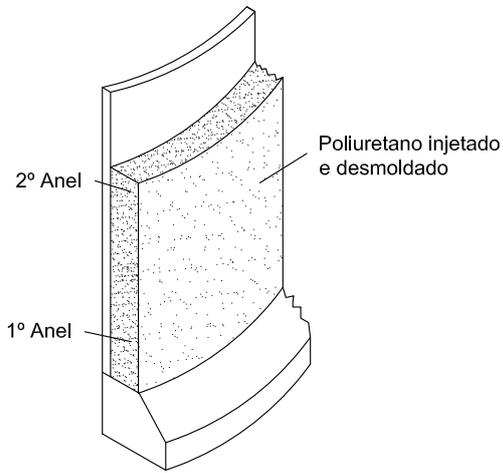


3) Corte a 45° do poliuretano extravasado, remoção do molde do 1º anel e instalação do molde metálico no 2º anel

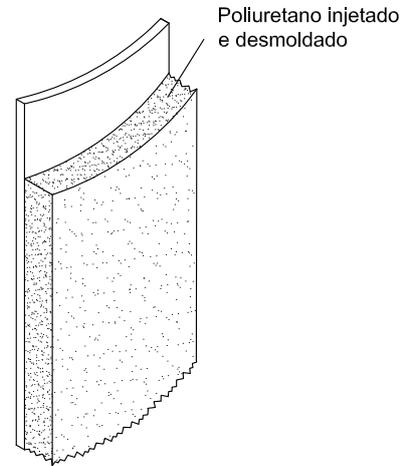


4) Instalação de molde metálico e injeção de poliuretano no 2º anel

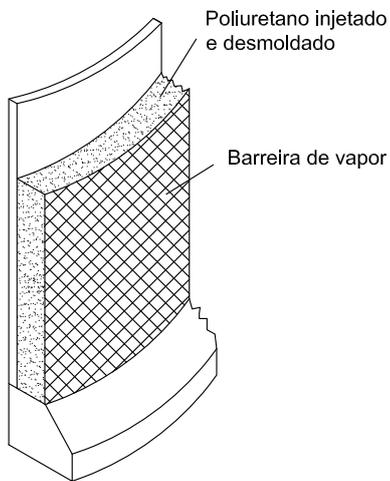
**Figura A.24 - Isolamento de Tanques**



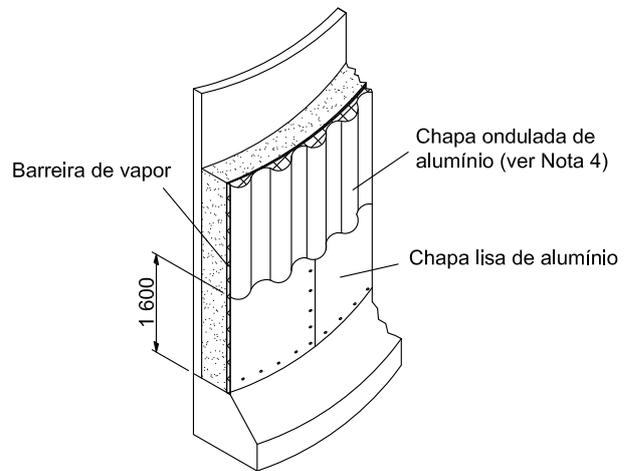
5) Remoção do molde metálico do 2º anel



6) Aplicação de poliuretano nos demais anéis (ver Nota 3)



7) Aplicação da barreira de vapor



8) Instalação do revestimento metálico com chapa ondulada de alumínio e chapa lisa

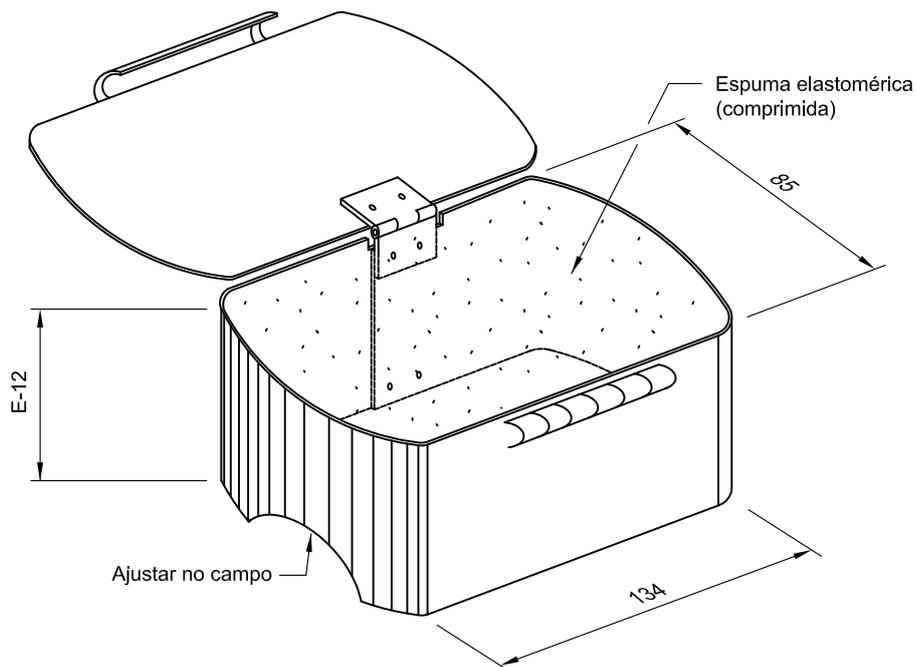
NOTA 1 Altura aproximada de cada anel de 1,0 m.

NOTA 2 O molde do anel anterior pode ser mantido conforme disponibilidade de chapas. Manter moldes em, no máximo, dois anéis simultaneamente.

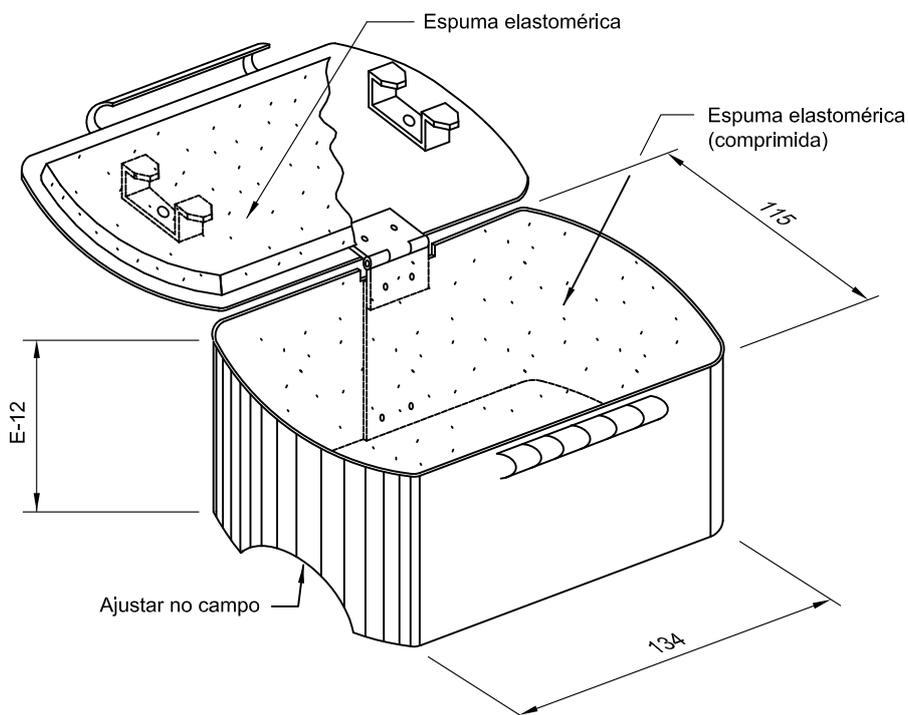
NOTA 3 Repetir etapas 3 e 4 para aplicação de poliuretano nos demais anéis.

NOTA 4 O revestimento metálico também pode ser integralmente com chapa lisa de alumínio.

**Figura A.24 - Isolamento de Tanques (Continuação)**



Caixa para medição de espessura em tubulações com diâmetro nominal até 2 1/2".



Caixa para medição de espessura em tubulações com diâmetro nominal a partir de 3".

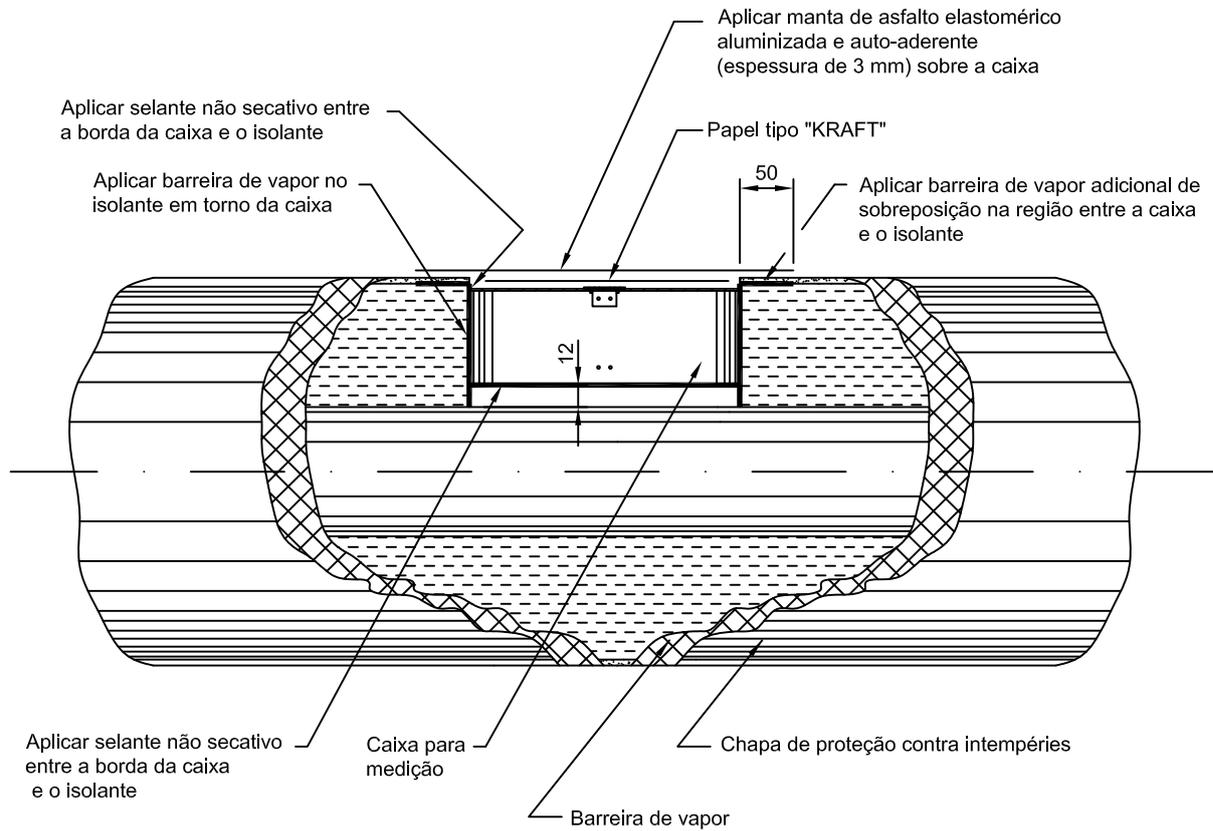
NOTA 1 Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.

NOTA 2 Chapa de alumínio de 1 mm de espessura.

NOTA 3 E = espessura do isolante térmico.

**Figura A.25.1 - Detalhe da Caixa de Medições Periódicas**

**Figura A.25 - Caixas para Medições Periódicas**



NOTA Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.

**Figura A.25.2 - Detalhes de Montagem**

**Figura A.25 - Caixas para Medições Periódicas**

<b>ÍNDICE DE REVISÕES</b>	
<b>REV. A, B e C</b>	
Não existe índice de revisões.	
<b>REV. D</b>	
<b>Partes Atingidas</b>	<b>Descrição da Alteração</b>
1	Revisado
2	Revisado
3	Revisado
3.2 e 3.3	Eliminados
3.4	Renumerado
4.1	Revisado e Renumerado
4.16.1	Revisado
4.16.2	Incluído
4.16.3	Renumerado
4.18	Revisado
5.1.4 a 5.1.9.5	Renumerados
5.2.1	Revisado
5.2.5	Revisado
5.2.7	Incluído
5.3.7 a 5.3.11	Renumerados
5.4.4	Revisado
5.6.3.2 e 5.6.3.3	Revisados
5.7	Revisado
6	Revisado
7.2.2	Incluído
Anexo A	Revisado
<b>REV. E</b>	
<b>Partes Atingidas</b>	<b>Descrição da Alteração</b>
Todas	Revisadas
<b>REV. F</b>	
<b>Partes Atingidas</b>	<b>Descrição da Alteração</b>
Todas	Revisadas