

MONTAGEM DE VASO DE PRESSÃO

Procedimento

Esta Norma substitui e cancela a sua revisão anterior.

Toda esta Norma foi alterada em relação à revisão anterior.

Cabe à CONTEC - Subcomissão Autora, a orientação quanto à interpretação do texto desta Norma. O Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma é o responsável pela adoção e aplicação dos itens da mesma.

Requisito Mandatório: 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 pelo Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma. É caracterizada pelos verbos: "dever", "ser", "exigir", "determinar" e outros verbos de caráter impositivo.

Prática Recomendada (não-mandatória): 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 pelo Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma. É caracterizada pelos verbos: "recomendar", "poder", "sugerir" e "aconselhar" (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 aprimoramento da mesma, 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, o item a ser revisado, 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 uso interno na Companhia, e qualquer reprodução para utilização ou divulgação externa, sem a prévia e expressa autorização da titular, importa em ato ilícito nos termos da legislação pertinente, através da qual serão imputadas as responsabilidades cabíveis. A circulação externa será regulada mediante cláusula própria de Sigilo e Confidencialidade, nos termos do direito intelectual e propriedade industrial."

CONTEC

Comissão de Normas
Técnicas

SC - 02

Caldeiraria

Apresentação

As normas técnicas PETROBRAS são elaboradas por Grupos de Trabalho – GTs (formados por especialistas da Companhia e das suas Subsidiárias), são comentadas pelos Representantes Locais (representantes das Unidades Industriais, Empreendimentos de Engenharia, Divisões Técnicas e Subsidiárias), são aprovadas pelas Subcomissões Autoras – SCs (formadas por técnicos de uma mesma especialidade, representando os Órgãos da Companhia e as Subsidiárias) e aprovadas pelo Plenário da CONTEC (formado pelos representantes das Superintendências dos Órgãos da Companhia e das suas Subsidiárias, usuários das normas). Uma norma técnica PETROBRAS está sujeita a revisão em qualquer tempo pela sua Subcomissão Autora e deve ser reanalisada a cada 5 (cinco) anos para ser revalidada, revisada ou cancelada. As normas técnicas PETROBRAS são elaboradas em conformidade com a norma PETROBRAS N-1. Para informações completas sobre as normas técnicas PETROBRAS, ver Catálogo de Normas Técnicas PETROBRAS.

1 OBJETIVO

1.1 Esta Norma fixa as condições exigíveis para a montagem de vaso de pressão de qualquer tipo, utilizado em instalações de indústria de petróleo e petroquímica.

1.2 Considera-se como vaso de pressão o equipamento definido na norma PETROBRAS [N-253](#), tal como vaso, torre, trocador de calor e esfera.

1.3 Esta Norma abrange somente os serviços de montagem na obra, referentes aos equipamentos citados, que podem ser recebidos prontos (exceto a montagem dos internos), em seções previamente fabricadas, ou em peças soltas.

1.4 Esta Norma se aplica a montagem de vaso iniciada a partir da data de sua edição.

1.5 Esta Norma contém somente Requisitos Mandatórios.

2 DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

Os documentos relacionados a seguir são citados no texto e contém prescrições válidas para a presente Norma.

Ministério do Trabalho/Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho - NR-13 - Caldeiras e Vasos de Pressão;

PETROBRAS N-133	- Soldagem;
PETROBRAS N-250	- Montagem de isolamento térmico a alta temperatura;
PETROBRAS N-253	- Projeto de vaso de pressão;
PETROBRAS N-466	- Projeto de permutador de calor;
PETROBRAS N-1592	- Ensaio Não-Destrutivo - teste magnético e teste por pontos;
PETROBRAS N-1593	- Ensaio Não-Destrutivo - estanqueidade;
PETROBRAS N-1594	- Ensaio Não-Destrutivo - ultra som;
PETROBRAS N-1595	- Ensaio Não-Destrutivo - radiografia;
PETROBRAS N-1596	- Ensaio Não-Destrutivo - líquido penetrante;
PETROBRAS N-1597	- Ensaio Não-Destrutivo - Visual;
PETROBRAS N-1598	- Ensaio Não-Destrutivo - partículas magnéticas;
PETROBRAS N-1617	- Aplicação de Concreto Refratário;
PETROBRAS N-1644	- Construção de Fundações e de Estruturas de Concreto Armado;
PETROBRAS N-1706	- Projeto de Vaso de Pressão para Serviço com H ₂ S;
PETROBRAS N-1707	- Projeto de vaso de pressão com revestimento;
PETROBRAS N-1738	- Descontinuidades em juntas soldadas;
PETROBRAS N-1807	- Medição de Recalques de Fundações no Teste Hidrostático de Equipamentos;
ISO 8501-1	- Preparação de Superfícies de Aço Antes da Aplicação de Tintas e Produtos Similares – Anexo F (texto da ISO 8501-1 em português).

ASME Boiler and Pressure Vessel Code - Seção VIII, divisões 1 e 2;
ASTM E 10 - Test for Brinell Hardness of Metallic Materials;

3 DEFINIÇÕES

Para os propósitos desta Norma são adotadas as definições indicadas nos itens 3.1 e 3.2.

3.1 Mapa dos Defeitos Reparados

Registro onde são assinalados todos os reparos com solda em chapas. Este registro deve permitir a localização exata dos pontos reparados no equipamento.

3.2 Base de Pré-Montagem

Base provisória utilizada para permitir a montagem de partes ou seções fora do local definitivo de montagem.

4 CONDIÇÕES GERAIS

4.1 Conformidade com o Projeto e com a NR-13

4.1.1 A montagem do vaso de pressão deve ser executada em conformidade com o projeto de fabricação aprovado.

4.1.2 A montagem do vaso deve seguir também a Norma Regulamentadora NR-13.

4.2 Procedimentos da Executante

A montagem do vaso de pressão deve obedecer a um procedimento escrito, preparado pela firma executante, contendo no mínimo, o seguinte:

- a) cronograma das diversas fases da montagem;
- b) discriminação dos equipamentos a serem utilizados em cada fase de montagem e soldagem, incluindo o tipo e disposição dos andaimes e o tipo de iluminação, quando necessária;
- c) sequência e descrição resumida de cada etapa de montagem, incluindo inspeção dimensional;
- d) descrição das condições para montagem e soldagem de cada etapa;
- e) método de ajustagem e acessórios de montagem a serem utilizados em cada etapa de montagem;
- f) plano de corte da chapa, quando aplicável;
- g) tipo e extensão da inspeção das juntas soldadas;

- h) cuidados com as soldas provisórias, incluindo o método utilizado para sua remoção e inspeção;
- i) procedimentos de soldagem da executante e seus registros de qualificação;
- j) procedimentos de ensaios não-destrutivos e seus respectivos registros de qualificação;
- k) métodos de inspeção dimensional e tolerâncias de montagem;
- l) ocasião em que são realizados cada ensaio ou teste previstos;
- m) procedimento de execução de cada teste previsto, incluindo os equipamentos utilizados;
- n) plano de registro dos resultados de ensaios não-destrutivos, das juntas soldadas, agrupados por soldador;
- o) método de grauteamento;
- p) planos de elevação de carga;
- q) procedimento de tratamento térmico, incluindo posição dos termopares, forma de aquecimento, detalhes de fixação do isolamento, velocidades de aquecimento e resfriamento, temperatura e tempo de manutenção;
- r) procedimento de montagem dos internos, detalhando a seqüência e forma de montagem;
- s) procedimento de teste hidrostático, incluindo qualidade e temperatura da água, detalhes das ligações para enchimento e esvaziamento, vazões de enchimento e esvaziamento e etapas do controle de recalques;
- t) procedimento de limpeza e secagem do vaso após o teste hidrostático;
- u) procedimento de reparo, incluindo forma de remoção do defeito, reparo propriamente dito e tipos de ensaios a serem feitos após o reparo;
- v) procedimento de armazenamento de chapas e seções, detalhando as formas de armazenamento e preservação das peças;
- w) procedimento de liberação após montagem do equipamento.

4.3 Ensaios Não-Destrutivos

Os ensaios não-destrutivos, quando forem exigidos, devem ser executados de acordo com as prescrições deste item.

4.3.1 Ensaio por Meio de Líquido Penetrante

Execução de acordo com a norma PETROBRAS [N-1596](#); avaliação dos resultados de acordo com o ASME Sec.VIII, Div. 1 ou Div. 2.

4.3.2 Ensaio por Meio de Partículas Magnéticas

Execução de acordo com a norma PETROBRAS [N-1598](#); avaliação dos resultados de acordo com o ASME Sec. VIII, Div. 1 ou Div. 2.

4.3.3 Ensaio por Ultra-Som

Execução de acordo com a norma PETROBRAS [N-1594](#); avaliação dos resultados de acordo com o ASME Sec. VIII, Div. 1 ou Div. 2.

4.3.4 Ensaio Radiográfico

Execução de acordo com a norma PETROBRAS [N-1595](#); avaliação dos resultados de acordo com o ASME Sec. VIII, Div. 1 ou Div. 2.

4.3.5 Ensaio Visual

Execução de acordo com a norma PETROBRAS [N-1597](#).

4.3.6 Ensaio Dimensional

Executado de acordo com as tolerâncias da FIGURA A-1.

4.3.7 Teste por Pontos

Execução de acordo com a norma PETROBRAS [N-1592](#).

4.3.8 Ensaio de Estanqueidade

Ensaio de formação de bolhas com pressão positiva executado de acordo com a norma PETROBRAS [N-1593](#).

4.3.9 Ensaio de Dureza

Quando for exigido ensaio de dureza, a execução deve ser de acordo com a norma ASTM E10, quanto ao preparo de superfície, e empregando aparelho portátil adequado ao ensaio.

5 INSPEÇÃO DE RECEBIMENTO

5.1 Para as partes pressurizadas e as partes de sustentação fabricadas de chapas e de tubos (ex: saia e colunas), deve-se verificar se os certificados de material estão de acordo com as respectivas especificações.

5.2 Deve ser verificado se os materiais estão perfeitamente identificados de acordo com o desenho de fabricação do equipamento e de acordo com os certificados de material, utilizando os critérios do ASME Sec. VIII, Div. 1 ou Div. 2, conforme o caso.

5.3 Devem ser verificados por ensaio visual todos os materiais, seções e equipamentos empregados, os quais devem estar isentos de:

- a) defeitos que causem uma transição aguda na superfície da peça;

- b) defeitos que reduzam a espessura da peça abaixo do valor citado no item 5.5;
- c) corrosão acima do grau C da norma ISO 8501-1 para os seguintes materiais:
 - aço-carbono;
 - aços-liga molibdênio;
 - aços liga cromo-molibdênio;
 - aços-liga níquel.
- d) qualquer grau de corrosão para os aços inoxidáveis e metais e ligas não-ferrosos.

5.4 Deve ser verificado se existe correspondência entre o mapa dos defeitos reparados e a posição destes em 10 % das chapas reparadas. Se houver qualquer discordância, verificar em todas as chapas.

5.5 Deve-se verificar a espessura de todas as seções fabricadas, exceto para equipamentos recebidos prontos. Chama-se a atenção para as regiões de maior grau de deformação, tais como a região toroidal dos tampos torisféricos. A espessura medida deve obedecer à seguinte condição:

Espessura medida $\geq$ Espessura de projeto ou Espessura nominal menos a tolerância de fabricação da chapa.

5.6 Deve ser feito ensaio visual na superfície das chapas cladeadas e dos revestimentos resistentes à corrosão quanto à existência de pites e outros tipos de corrosão, diminuição de espessura, trincas, poros e contaminações, devendo as superfícies das chapas cladeadas e dos revestimentos estar isentas desses defeitos. Para equipamentos recebidos em seções, deve ser medida a espessura do “clad” na borda da chapa, em quatro pontos, após um ataque com solução de sulfato de cobre. A espessura do revestimento resistente à corrosão deve ser medida por amostragem. A espessura medida do “clad” e do revestimento deve obedecer à prescrição do item 5.5.

5.7 Os chanfros devem ser examinados dimensional e visualmente conforme o item 8.4.1. Deve ser verificado se as chapas possuem o certificado de liberação de inspeção dos serviços executados na fábrica.

5.8 Os consumíveis para soldagem devem estar de acordo com a norma PETROBRAS [N-133](#). Devem ser fornecidos os certificados de qualidade dos consumíveis, quando requerido pela especificação aplicável. Os consumíveis devem estar qualificados conforme Sistema de Certificação da FBTS (Fundação Brasileira de Tecnologia de Soldagem).

5.9 Devem ser examinadas visualmente todas as soldas de fábrica.

5.10 Devem ser verificadas as seções recebidas prontas quanto aos requisitos estipulados no item 8.7.1 b) até h) e j), e as chapas calandradas quanto às alíneas f) e g).

5.11 Devem ser examinadas visualmente as faces dos flanges, para verificar o estado e tipo das ranhuras. Não é aceitável corrosão ou amassamento.

5.12 Para equipamentos e seções recebidos prontos e colunas de suporte de esferas deve-se verificar na saia ou apoios se a disposição e dimensão dos furos e dos chumbadores são compatíveis. Deve ser verificado se os furos estão de acordo com o projeto, para permitir a dilatação prevista para o equipamento.

5.13 Os equipamentos e seções recebidos prontos devem ser examinados conforme este item.

5.13.1 Verificar o posicionamento das conexões quanto aos requisitos estipulados no item 8.10.1.1.

5.13.2 Examinar visualmente os suportes dos internos, verificando se a posição e se os detalhes de fixação dos suportes estão de acordo com o especificado no projeto.

5.13.3 Examinar visualmente as chapas defletoras de fluxo, verificando se a posição das chapas está de acordo com o especificado em projeto, admitindo-se uma tolerância de ± 10 mm, em qualquer direção.

5.13.4 Examinar os suportes das plataformas, escadas e tubulações, bem como dos anéis de reforço e de isolamento térmico, verificando os seguintes quesitos desses suportes:

- a) a locação não deve interferir com os demais elementos do vaso;
- b) devem estar de acordo com o projeto, em especial quanto às dimensões das soldas em ângulo e à folga especificada na FIGURA A-1, (17);
- c) devem ter furos para drenagem da água, quando necessários;
- d) devem possuir os furos oblongos previstos no projeto, para dilatação diferencial entre as diversas partes;
- e) se as chapas soldadas de maneira contínua ao vaso, estão com o furo que tem a função de respiro; este furo deve ser deixado aberto.

5.14 Deve ser executado o teste por pontos em 5 % de cada tipo dos internos (ex: bandejas, anéis, suportes, parafusos e uniões), para verificação da conformidade do material das peças com o projeto.

5.15 Deve ser examinado visualmente o estado de todos os internos recebidos quanto a avarias mecânicas e corrosão, de acordo com o item 5.3.

5.16 Devem ser examinadas dimensionalmente as vigas, para verificar se a contra-flecha inicial para compensação (quando previsto no projeto) está com o valor especificado.

5.17 Deve-se verificar se as vigas e os seus suportes estão com as dimensões e furação para fixação, de acordo com o projeto.

5.18 Devem ser examinados visualmente todos os internos, para verificar se apresentam os furos de drenagem previstos no projeto.

6 ARMAZENAMENTO DE MATERIAIS

Caso as peças não estejam acondicionadas e protegidas, devem ser providenciados acondicionamento e a proteção para armazená-las, conforme este item.

6.1 Os flanges devem estar com suas faces devidamente protegidas contra danos mecânicos e corrosão, por meio de revestimento adequado e por meio de uma cobertura de madeira.

6.2 As peças pequenas, tais como parafusos, porcas, grampos, estojos, arruelas e juntas devem ser acondicionadas em caixas e ficar em lugar abrigado das intempéries. As roscas devem ser previamente protegidas contra a corrosão.

6.3 As bandejas devem ser protegidas contra danos. Não deve ser permitido o empilhamento face a face das bandejas com válvulas ou borbulhadores instalados, para evitar que ocorra entrelaçamento.

6.4 As chapas, as seções e os equipamentos recebidos prontos devem ser armazenados apoiados em calços adequados, a uma distância mínima de 300 mm do solo, e não devem ser deixados de maneira a permitir empoçamento. Devem ser também devidamente estaiados.

6.5 As chapas de reforço dos bocais devem ser armazenadas solidárias ao bocal.

6.6 Os consumíveis para soldagem devem ser armazenados de acordo com a norma PETROBRAS [N-133](#).

7 FUNDAÇÕES

7.1 Certificado e Relatório

Deve ser verificado o certificado de conformidade da base de concreto com as prescrições da norma PETROBRAS [N-1644](#), emitido pela executante da base. Deve também ser verificado o relatório contendo a locação e dimensões reais da base, emitido pela executante da base, para constatar se os dados do relatório atendem às especificações do projeto, dentro das tolerâncias da norma PETROBRAS [N-1644](#).

7.2 Referências

Deve ser verificado se as referências nível e de coordenadas da área onde o equipamento é montado estão corretas, de acordo com a norma PETROBRAS [N-1644](#).

7.3 Chumbadores

7.3.1 Deve ser feita a verificação dos seguintes quesitos:

- a) os filetes das roscas dos chumbadores devem estar em boas condições de uso e protegidos devidamente contra possíveis danos na rosca;
- b) comprimento da parte rosca de cada chumbador deve ser sempre igual ou maior que o comprimento nominal;
- c) o diâmetro e o tipo da rosca de cada chumbador devem estar de acordo com o discriminado no projeto;
- d) locação, projeções e perpendicularidade dos chumbadores.

7.3.2 Deve ser feita a limpeza das luvas dos chumbadores, e a proteção dos chumbadores contra a corrosão e danos mecânicos.

7.4 Nivelamento da Superfície da Base de Concreto

7.4.1 O nivelamento da superfície da base deve ser executado através da colocação de calços, de chapa ou barra de aço, assentados sobre argamassa. Os calços devem ser dimensionados e espaçados de modo a suportar o equipamento, levando-se em conta os seguintes requisitos:

- a) os calços devem ser colocados de ambos os lados dos chumbadores, de modo que o intervalo entre eles não exceda 800 mm (caso isto aconteça, devem ser acrescentados calços nos intervalos entre os anteriores);
- b) o centro dos calços deve coincidir com a circunferência média da região de apoio do equipamento;
- c) após a colocação do equipamento ou da coluna (no caso de esferas), chapa de deslizamento e cunhas, deve haver espaço suficiente para a execução do grauteamento;
- d) a altura do calço (metal + argamassa) não deve exceder 5 mm acima da altura prevista no projeto;
- e) na elevação, adotar uma tolerância de ± 1 mm em relação à elevação de projeto.

7.4.2 Caso não haja informação do projeto, deve-se dimensionar os calços conforme este item.

7.4.2.1 A capacidade de carga dos calços deve ser calculada de acordo com a equação abaixo. Se a carga suportada exceder 30 kgf/cm^2 , a largura ou o número de calços, ou ambos devem ser aumentados:

$$a = \frac{P}{N.L.B}$$

Onde:

a = carga suportada pelo calço (kgf/cm²);
P = carga de içamento do equipamento (kgf);
N = número de calços;
L = largura do anel da saia (cm);
B = largura do calço (cm).

7.4.2.2 A largura dos calços deve ser como mostrado na TABELA 1.

TABELA 1 – LARGURA DOS CALÇOS

Ø Nominal do Chumbador	Largura do Calço (mm)
$\varnothing \leq 1"$	50
$1 \frac{1}{4}" \leq \varnothing < 2"$	75
$\varnothing \geq 2"$	100

7.4.2.3 O comprimento dos calços deve ser 20 mm a 30 mm maior do que a largura da base do equipamento.

7.5 Grauteamento

Deve ser executado conforme a norma PETROBRAS [N-1644](#).

8 MONTAGEM

8.1 Base de Pré-Montagem

O nível da base de pré-montagem, quando necessária, deve ser verificado e corrigido antes da colocação de cada seção, admitindo-se uma variação de nível entre apoios de ± 1 mm. Essa base deve ter no mínimo 8 pontos de apoio.

8.2 Base do Equipamento

8.2.1 Deve ser verificado se a saia ou apoios têm os furos dispostos em conformidade com os chumbadores e se estão com dimensões compatíveis com os chumbadores.

8.2.2 Deve ser verificado, pelo confronto entre as dimensões da base do equipamento e do espaçamento entre chumbadores, se o equipamento pode se dilatar conforme previsto no projeto.

8.2.3 As superfícies de contato entre as chapas de deslizamento e as chapas inferiores de colunas de esferas que sofrem tratamento térmico devem ser limpas e engraxadas antes de serem superpostas.

8.2.4 As colunas de suporte de esferas devem ser montadas em condições de poderem se afastar radialmente durante o tratamento térmico. Para tanto, as chapas inferiores devem ter o rasgo previsto para dilatação posicionado corretamente em relação ao chumbador, devendo sua folga para movimentação ser maior que a máxima dilatação prevista em pelo menos 10 mm.

8.3 Dispositivos Auxiliares de Montagem

8.3.1 Os dispositivos devem atender à norma PETROBRAS [N-133](#).

8.3.2 Não devem ser utilizados dispositivos rígidos com espaçamento inferior a 500 mm.

8.4 Chanfros

8.4.1 Os chanfros devem ser examinados dimensional e visualmente, quando à limpeza e ausência dos seguintes defeitos:

- a) desfolhamentos;
- b) poros;
- c) irregularidades de corte;
- d) amassamentos;
- e) trincas;
- f) descontinuidades transversais à superfície;
- g) descontinuidades laminares paralelas à superfície, com comprimento superior a 25 mm.

Nota: As alíneas e), f) e g) devem ser verificadas por ensaios não-destrutivos, quando houver suspeita da existência desses defeitos.

8.4.2 O ensaio visual deve ser suplementado com o ensaio por meio de líquido penetrante ou de partículas magnéticas, nos seguintes casos:

- a) espessura do chanfro superior a 38 mm;
- b) chanfros de aberturas para conexões com diâmetro nominal igual ou superior a 3";
- c) chanfros recuperados por solda;
- d) chanfros nos seguintes materiais:
 - aço-carbono com exigência de teste de impacto;