

CONTECComissão de Normalização
Técnica**SC-02**

Caldeiraria

Projeto de Vaso de Pressão**1ª Emenda**

Esta é a 1ª Emenda da PETROBRAS N-253 REV. L, e se destina a modificar o seu texto na(s) parte(s) indicada(s) a seguir:

NOTA 1 A(s) nova(s) página(s) com a(s) alteração(ões) efetuada(s) está(ão) colocada(s) na(s) posição(ões) correspondente(s).

NOTA 2 A(s) página(s) emendada(s), com a indicação da data da emenda, está(ão) colocada(s) no final da norma, em ordem cronológica, e não devem ser utilizada(s).

CONTEÚDO DA 1ª EMENDA - 09/2017

- Subseção 4.4:

Alteração no texto da NOTA 2.

- Subseção 12.2.2:

Inclusão de NOTA.

Projeto de Vaso de Pressão

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.

Sumário

1	Escopo	4
2	Referências Normativas	4
3	Condições Gerais	5
4	Critérios de Projeto	6
4.1	Tensões Admissíveis Básicas.....	6
4.2	Condições de Projeto	6
4.3	Combinação de Carregamentos	7
4.4	Vasos de Pressão Submetidos a Carregamento Cíclico	9
4.5	Vida Útil de Projeto.....	9
4.6	Pressão Máxima de Trabalho Admissível - PMTA	10
4.7	Eficiência Radiográfica das Juntas Soldadas	10
5	Materiais	10
6	Espessuras	13
7	Tampos e Seções de Transição.....	15
8	Bocais e Outras Aberturas	16
8.1	Requisitos Gerais	16
8.2	Construção de Bocais e Bocas de Visita	18
8.3	Requisitos Adicionais para Bocas de Visita.....	20
8.4	Flanges.....	21
8.5	Juntas, Acabamento da Face, Estojos e Porcas	22
9	Suportes	23
10	Itens Internos.....	24
11	Itens Externos.....	25
12	Projeto de Fabricação	26
12.1	Requisitos Gerais	26
12.2	Soldas	26
12.3	Tratamento Térmico Após Soldagem (TTAS).....	27
13	Inspeção	28

13.1 Ensaio Radiográfico	28
13.2 Outros Ensaios.....	28
13.3 Inspeção Visual	28
13.4 Inspeção Dimensional	28
14 Montagem.....	29
15 Teste.....	29
16 Placa de Identificação	29
Anexo A - Figuras.....	30

Figuras

Figura A.1 - Tampos com Soldas	30
Figura A.2 - Bocal de Saída de Fundo com Válvula Junto ao Vaso	31
Figura A.3 - Projeção Externa dos Bocais e Boca de Visita	32
Figura A.4 - Reforços dos Bocais e Boca de Visita.....	33
Figura A.5 - Seleção do Tipo de Suporte de Vasos Verticais	34
Figura A.6 - Placa de Identificação	35

Tabelas

Tabela 1 - Combinação de Carregamentos Aplicáveis aos Vasos Projetados de Acordo com o ASME BPVC Section VIII Division 1	7
Tabela 1 - Combinação de Carregamentos Aplicáveis aos Vasos Projetados de Acordo com o ASME BPVC Section VIII Division 1 (Continuação)	8
Tabela 2 - Vida Útil dos Vasos de Pressão.....	9
Tabela 3 - Temperaturas Limites.....	11
Tabela 4 - Critérios para Especificação dos Materiais dos Componentes de Vasos	12
Tabela 5 - Critérios para Aplicação de Sobre-Espessura para Corrosão	14
Tabela 6 - Bocas de Visita e de Inspeção em Vasos.....	16
Tabela 7 - Diâmetro Nominal Mínimo de Bocas de Visita.....	16
Tabela 8 - Número Mínimo de Bocas de Visita.....	17
Tabela 9 - Respiros na Saia	24

1 Escopo

1.1 Esta Norma fixa as condições técnicas exigíveis para a execução do Projeto Mecânico e do Projeto de Fabricação de Vasos de Pressão utilizados em refinarias, unidades petroquímicas, terminais, estações de dutos, estações de produção em terra, plataformas marítimas de produção e outras instalações similares.

1.2 Esta Norma tem como base o ASME BPVC [Section VIII](#) Division 1 e 2 e apresenta os requisitos complementares a serem obedecidos nos projetos mecânico e de fabricação de vasos de pressão para a PETROBRAS.

1.3 Admite-se o projeto executado de acordo com outras normas ou códigos de projeto, aceitos internacionalmente, somente quando aprovado previamente pela PETROBRAS.

1.4 Quando o vaso for parte componente de equipamento de geração de vapor deve ser projetado e construído de acordo com os requisitos do ASME [BPVC Section I](#).

1.5 Quando o projeto for feito de acordo com uma norma ou código diferente do ASME [BPVC Section VIII](#), o projeto ser integralmente executado em conformidade com a norma ou código adotado, devendo se utilizar esta Norma quando aplicável.

1.6 Outros requisitos técnicos não citados por esta Norma, caso necessário, devem ser seguidos conforme a aplicação específica e o serviço do vaso, como por exemplo, serviço com H₂, serviço com H₂S, equipamentos com revestimento interno, equipamentos com requisitos de tenacidade etc.

NOTA Vasos para serviço com solução aquosa de hidróxido de sódio (soda caustica) a NACE [RP 0403](#) deve ser seguida.

1.7 Esta Norma se aplica a procedimentos iniciados a partir da data de sua edição.

1.8 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.

[NR-13](#) - Caldeiras e Vasos de Pressão e Tubulações;

PETROBRAS [N-266](#) - Apresentação de Projeto de Vaso de Pressão;

PETROBRAS [N-268](#) - Fabricação de Vaso de Pressão;

PETROBRAS [N-269](#) - Montagem de Vaso de Pressão;

PETROBRAS [N-1521](#) - Identificação de Equipamentos Industriais;

PETROBRAS [N-2054](#) - Acessório Externo de Vaso de Pressão;

ABNT [NBR 6123](#) - Forças devidas ao Vento em Edificações;

ABNT [NBR 8402](#) - Execução de Caracter para Escrita em Desenho Técnico;

ASME [B 16.5](#) - Pipe Flanges and Flanged Fittings NPS 1/2 Through NPS 24 Metric/Inch Standard;

ASME [B 16.11](#) - Forged Fittings, Socket-Welding and Threaded;

ASME [B16.47](#) - Large Diameter Steel Flanges NPS 26 Through NPS 60 Metric/Inch Standard;

API [STD 618](#) - Reciprocating Compressors for Petroleum, Chemical, and Gas Industry Services;

ASME BPVC [Section I](#) - Boiler and Pressure Vessel Code - Section I: Rules for Constructions of Power Boilers;

ASME BPVC [Section II](#) Part D - Boiler and Pressure Vessel Code - Section II: Materials - Part D: Properties;

ASME BPVC [Section VIII](#) - Pressure Vessels;

NACE [RP 0403](#) - Avoiding Caustic Stress Corrosion Cracking of Carbon Steel Refinery Equipment and Piping;

BSI [PD 5500:2009](#) - Specification for Unfired Fusion Welded Pressure Vessels;

[TEMA](#) - Standards of Tubular Exchanger Manufacturers Association;

WRC [Bulletin 107](#) - Local Stresses in Spherical and Cylindrical Shells Due to External Loadings;

WRC [Bulletin 297](#) - Local Stresses in Cylindrical Shells Due to External Loadings on Nozzles;

WRC [Bulletin 443](#) - External Pressure: Effect of Initial Imperfections and Temperature Limits.

3 Condições Gerais

3.1 Os desenhos e demais documentos de projeto, fabricação e montagem de vaso de pressão deve ser conforme a PETROBRAS [N-266](#).

3.2 A nomenclatura adotada nesta Norma está conforme a PETROBRAS [N-266](#).

3.3 O projeto do vaso deve ser conforme o ASME [BPVC Section VIII](#) Division 1 e quando for exigido pela PETROBRAS o projeto do vaso deve ser feito de acordo com o ASME BPVC [Section VIII](#) Division 2.

3.4 O cálculo das tensões provenientes de cargas concentradas pode ser feito quando aplicáveis pelos seguintes métodos:

- a) Métodos dos Elementos Finitos (MEF);
- b) de acordo com o Anexo G da BSI [PD 5500:2009](#);
- c) de acordo com os WRC [Bulletin 107](#) e/ou WRC [Bulletin 297](#), desde que atenda suas limitações de uso.

3.5 Quando houver divergências entre as normas e outros documentos, deve ser observada a seguinte ordem de precedência:

- a) desenhos básicos do vaso, Folha de Dados ou outro documento específico para o vaso;
- b) esta Norma;
- c) outras normas referidas nesta Norma.

NOTA Em caso de dúvidas a PETROBRAS deve ser previamente consultada a respeito.

4 Critérios de Projeto

4.1 Tensões Admissíveis Básicas

4.1.1 Para partes pressurizadas devem ser adotados os valores tabelados no ASME [BPVC Section II Part D](#) prescritos pelo ASME [BPVC Section VIII](#).

NOTA Nos casos onde haja necessidade de análise de tensões em componente de vaso projetado pelo ASME [BPVC Section VIII Division 1](#), a referida análise deve ser realizada conforme a Parte 5 do ASME [BPVC Section VIII Division 2](#) utilizando a tensão admissível base correspondente o ASME [BPVC Section VIII Division 1](#).

4.1.2 Para as soldas ligando partes não pressurizadas com as partes pressurizadas, tais como suportes de internos principais, devem ser considerados os valores de tensão admissível para partes pressurizadas.

4.1.3 Os parafusos de ancoragem de aço-carbono devem ser calculados com uma tensão admissível básica de 98 MPa (1 000 kgf/cm²), baseado na área da raiz. Para a condição de montagem, pode ser considerada uma tensão admissível máxima de 118 MPa (1 200 kgf/cm²).

4.1.4 Para os flanges, espelhos e outras partes do vaso, construídos de aços inoxidáveis austeníticos, que podem estar sujeitos a vazamento ou mau funcionamento devido a pequenas deformações permanentes, deve ser adotado o valor mais baixo entre as duas tensões admissíveis disponíveis na tabela do código ASME [BPVC Section II Part D](#).

4.2 Condições de Projeto

4.2.1 Exceto quando especificado de outra forma pela PETROBRAS as condições de projeto, pressões e temperaturas, devem ser determinadas conforme ASME [BPVC Section VIII](#).

4.2.2 A temperatura mínima de projeto a ser utilizada nos cálculos, quando não indicada no projeto básico, deve ser determinada como -2°C ou a menor temperatura média diária da região de instalação do vaso, acrescida de 8°C, o que for menor.

4.2.3 O dimensionamento dos vasos ou parte dos vasos, sujeitos a vácuo tanto em regime normal de operação como em condições anormais ou transitórias, deve ser no mínimo, para a situação de vácuo total, qualquer que seja o valor do diferencial de pressão, exceto quando expressamente especificado de outra forma pela PETROBRAS.

4.3 Combinação de Carregamentos

4.3.1 Todos os vasos de pressão projetados de acordo com o ASME BPVC Section VIII Division 1, inclusive as estruturas de suporte, devem ser verificados para as seguintes condições:

- a) I - montagem;
- b) II - teste;
- c) III - operação normal;
- d) IV - parada.

NOTA Vasos de pressão projetados de acordo com o ASME BPVC Section VIII Division 2, inclusive as estruturas de suporte, devem seguir as condições de carregamento e suas combinações lá estabelecidas.

4.3.2 Os esforços solicitantes, as tensões admissíveis e as espessuras que devem ser consideradas para cada uma das condições do 4.3.1 estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Combinação de Carregamentos Aplicáveis aos Vasos Projetados de Acordo com o ASME BPVC Section VIII Division 1

Condição	Carregamentos	Tensões de membrana admissíveis à tração (ver Nota 7)	Espessuras
I - Montagem	Consideração simultânea dos seguintes carregamentos ativos: a) peso próprio do vaso (ver Nota 1); b) esforços devidos à ação do vento ou terremoto (ver Nota 2).	Tensões admissíveis acrescidas de 20 % das tabelas referente ao ASME BPVC Section VIII Division 1 para o material do vaso na temperatura ambiente.	Espessuras nominais das chapas. (ver Nota 6)
II - Teste	Consideração simultânea dos seguintes carregamentos atuantes: a) pressão interna de teste hidrostático; b) peso do vaso completamente cheio de água (ver Nota 1); c) peso de todas as cargas permanentes suportadas pelo vaso durante o teste (ver Nota 3).	A tensão máxima não pode exceder 90 % do limite de elasticidade do material na temperatura ambiente. Para partes não pressurizadas, pode ser considerada a tensão admissível básica acrescida de 33,3 %.	Espessuras nominais e espessuras corroídas. (ver Nota 6)
III - Operação normal (ver Nota 5)	Consideração simultânea dos seguintes carregamentos atuantes: a) pressão interna ou externa de projeto na temperatura de projeto; b) peso do fluido no nível de operação; c) peso próprio do vaso; d) peso de todas as cargas permanentes suportadas pelo vaso (ver Nota 4); e) esforços devido à ação do vento ou terremoto (ver Nota 2).	Tensões admissíveis das tabelas referente ao ASME BPVC Section VIII Division 1 para o material do vaso na temperatura de projeto (ver Nota 7).	Espessuras corroídas, isto é, espessuras nominais menos as sobre-espessuras para corrosão. (ver Nota 6)

Tabela 1 - Combinação de Carregamentos Aplicáveis aos Vasos Projetados de Acordo com o ASME BPVC Section VIII Division 1 (Continuação)

Condição	Carregamentos	Tensões de membrana admissíveis à tração (ver Nota 7)	Espessuras
IV - Parada	Consideração simultânea dos seguintes carregamentos atuantes: a) peso próprio do vaso; b) peso de todas as cargas permanentes suportadas pelo vaso (ver Nota 4); c) esforços devidos à ação do vento ou terremoto (ver Nota 2).	Tensões admissíveis acrescidas de 20 % das tabelas referente ao ASME BPVC Section VIII Division 1 para o material do vaso na temperatura ambiente.	Espessuras corroídas. (ver Nota 6)
NOTA 1 Inclui o casco e acessórios soldados; exclui acessórios externos e internos removíveis. NOTA 2 Os esforços devidos ao vento não precisam ser considerados para o projeto dos vasos horizontais, devem, entretanto, ser considerados no projeto das suas fundações e estruturas. NOTA 3 Exclui isolamento interno ou externo. NOTA 4 Inclui internos removíveis, isolamento interno ou externo, acessórios externos e tubulações. NOTA 5 Em casos especiais, a critério do projetista, pode ser necessário considerar na condição III o efeito simultâneo de outros carregamentos atuantes, tais como: dilatações térmicas do próprio vaso, dilatações térmicas de tubulações e outras estruturas ligadas ao vaso, flutuações de pressão, esforços dinâmicos causados pelo movimento de fluidos internos e vibrações. NOTA 6 Para as partes que sofrem redução de espessura no processo de fabricação, devem ser consideradas as espessuras mínimas esperadas. NOTA 7 A tensão longitudinal de compressão admissível, para todas as condições de carregamento, para o vaso e para saias de suporte, deve ser determinada de acordo com o parágrafo UG-23 do ASME BPVC Section VIII Division 1 ou de acordo com o WRC Bulletin 443 (para o caso de temperatura de projeto do vaso acima de 482 °C para vasos com saia em aço carbono e aços baixa liga, e 649 °C para vasos com saia em aço inox austenítico).			

4.3.3 Efeitos do Carregamento Induzido pelo Vento

Exceto quando especificado de outra forma na Folha de Dados do vaso, as cargas (estática e dinâmica) devidas ao vento devem ser calculadas de acordo com a ABNT NBR 6123. O efeito de vibrações induzidas pelo vento, em vasos verticais, deve ser considerado na direção do vento e na direção perpendicular ao vento.

4.3.3.1 Para vasos verticais a flecha máxima devida ao vento não deve exceder 1/200 da altura do vaso.

4.3.3.2 Cargas devido ao vento em plataformas, escadas, tubulações e outros acessórios fixados ao casco do equipamento, devem ser incluídas na carga total de vento.

4.3.4 Condições de Operação Eventuais de Curta Duração e Condições de Emergência

4.3.4.1 As condições de operação eventuais de curta duração previstas no projeto de processo do equipamento devem ser contempladas e analisadas individualmente no dimensionamento do vaso. As condições de emergência também devem ser consideradas no dimensionamento do vaso. Alguns exemplos dessas condições de emergência:

- a) despressurização em emergência de gases de baixo peso molecular, provocando abaixamento da temperatura na parede do vaso;

- b) deflagração de gases no interior de equipamento gerando sobre pressão (ver apêndice H do ASME [BPVC Section VIII](#) Division 1);
- c) disparos de temperatura ("runaway") de reatores de hidrotratamento.

4.3.4.2 Não é necessário considerar a ocorrência simultânea de 2 carregamentos decorrentes de eventos de curta duração, a não ser que seja definido de outro modo no projeto básico.

4.3.4.3 As cargas de vento e terremoto não precisam ser combinadas com as cargas de curta duração.

4.3.4.4 Para partes não pressurizadas, pode ser considerada a tensão admissível básica acrescida de 33,3 %.

4.4 Vasos de Pressão Submetidos a Carregamento Cíclico

Todos os vasos de pressão submetidos a carregamento cíclico definido pelo projeto básico, mesmo aqueles projetados pelo ASME [BPVC Section VIII](#) Division 1, devem ter avaliada a necessidade de análise de fadiga, conforme o critério de avaliação da necessidade de análise de fadiga do ASME [BPVC Section VIII](#) Division 2.

NOTA 1 Exemplos de vasos de pressão submetidos a carregamentos cíclicos: vasos adsorvedores do sistema PSA, reatores de coque, equipamentos para amortecimento de pulsações, resfriadores inter-estágio ("intercoolers") e resfriadores posteriores ("aftercoolers") pertencentes a sistemas de compressores alternativos.

NOTA 2 Os equipamentos pertencentes a sistemas de compressores alternativos e suas interligações devem obedecer também aos requisitos da API [STD 618](#) e do 12.2.2 desta Norma.

NOTA 3 Os trocadores do sistema de lubrificação, quando o compressor for situado em área classificada, devem atender ao [TEMA](#) classe "R"; em outros locais admite-se para esse trocador de calor o [TEMA](#) classe "C".

4.5 Vida Útil de Projeto

Exceto quando especificado de outra forma pela PETROBRAS, devem ser considerados os valores mínimos da Tabela 2 para o tempo de vida útil dos vasos de pressão. Esses tempos de vida útil devem ser empregados como base para a seleção de materiais, determinação de sobre-espessuras para corrosão e erosão, cálculo de fadiga e de deformações por fluência, e qualquer outro critério baseado no fator tempo. Quando for técnica ou economicamente inviável atender a esses tempos de vida, a PETROBRAS deve ser consultada previamente para decidir em cada caso.

Tabela 2 - Vida Útil dos Vasos de Pressão

Classes de equipamentos	Refinarias, terminais e outras instalações não petroquímicas	Unidades petroquímicas
Reatores, torres, vasos e trocadores de calor.	20 anos	15 anos
Peças desmontáveis ou de reposição (feixes tubulares, internos removíveis de torres, e outros).	8 anos	5 anos
NOTA Para equipamentos não incluídos na Tabela 2 a PETROBRAS deve ser previamente consultada.		

4.6 Pressão Máxima de Trabalho Admissível - PMTA

É obrigatório o cálculo da PMTA ("Maximum Allowable Working Pressure" - MAWP) e a indicação da parte do vaso que limita essa pressão. A PMTA é a pressão máxima admissível calculada para condição corroída e quente, isto é, espessuras dos componentes corroídas com o vaso na temperatura de projeto.

4.7 Eficiência Radiográfica das Juntas Soldadas

Para o cálculo da espessura de qualquer componente pressurizado de vaso de pressão projetado de acordo com o ASME [BPVC Section VIII Division 1](#), a inspeção radiográfica a ser escolhida para as juntas soldadas devem ser pelo menos a inspeção por pontos ("spot"), como especificado nos parágrafos UW-11 e UW-12 do ASME [BPVC Section VIII Division 1](#) e descrita no parágrafo UW-52 (Spot Examination of Welded Joints) do ASME [BPVC Section VIII Division 1](#). Portanto, não são admitidas soldas não radiografadas para componente pressurizado de vaso de pressão, mesmo nos casos em que o ASME [BPVC Section VIII Division 1](#) permita esse tipo de solda. No caso de vaso de pressão projetado pelo ASME [BPVC Section VIII Division 2](#), o critério para utilização de radiografia por pontos ("spot") deve atender às tabelas Table 7.1 e Table 7.2 do referido código.

NOTA 1 Quando for exigido pelo serviço (ver 1.6) em que o vaso estiver enquadrado, o vaso deve ser inspecionado por radiografia total.

NOTA 2 Vaso sujeito a serviço cíclico deve ser projetado para ser inspecionado por radiografia total.

5 Materiais

5.1 Para os cascos, tampos e todas as outras partes do vaso submetidas à pressão exige-se sempre que sejam especificados no projeto materiais qualificados. Devem ser adotados materiais qualificados reconhecidos pelas ASME [BPVC Section II Part D](#) e [Section VIII](#). Contudo, admite-se materiais ASTM, desde que sejam detalhados os seus desvios para aprovação prévia pela PETROBRAS.

5.2 A aceitação de materiais equivalentes aos do código ASME, ou de acordo com outras normas, está sujeita à aprovação prévia da PETROBRAS, devendo os materiais não relacionados no código ASME constar de especificações de sociedades de normalização reconhecidas internacionalmente (exemplos: BS, DIN, JIS etc.). Nestes casos, o proponente deve apresentar o texto completo da especificação proposta em português ou em inglês contendo os ensaios necessários para a requalificação do material, conforme aos do código ASME.

5.3 Materiais listados nos Code Cases vigentes do ASME podem ser utilizados, desde que sejam aprovados previamente pela PETROBRAS.

5.4 Recomenda-se para os aços das partes pressurizadas teor de carbono não superior a 0,30 %, sendo que para as chapas dos cascos e tampos, o teor de carbono não seja superior a 0,26 %. Aços com teor de carbono superior aos limites acima podem ser empregados somente nos seguintes casos: **[Prática Recomendada]**

- a) partes não soldadas, tais como: flange cego, tampo plano de trocador de calor e tampo de boca de visita;
- b) chapas com espessura superior a 50 mm.

5.5 O emprego de aços contendo outros elementos de liga além do manganês e silício, e/ou com limites de resistência superior a 485 MPa (70 kpsi) (valor nominal constante da especificação do material), bem como de aços temperados e revenidos está sujeito a aprovação prévia da PETROBRAS.

5.6 Independentemente dos limites da temperatura estabelecidos no ASME [BPVC Section II](#) Part D para utilização no ASME [BPVC Section VIII](#), os materiais indicados na Tabela 3 só devem, em princípio, ser empregados em serviço contínuo para temperaturas até os limites dados na Tabela 3. Permite-se o emprego em temperaturas superiores para condições eventuais e de curta duração ou quando não houver alternativa técnica ou economicamente viável. Em qualquer caso, é necessária a aprovação prévia da PETROBRAS. Os limites para as partes pressurizadas estão principalmente baseados em função da resistência mecânica (resistência a fluência) do material. Os limites para as partes não pressurizadas estão baseados na temperatura de escamação do material ("scaling temperature").

Tabela 3 - Temperaturas Limites

Materiais	Temperatura máxima de operação (°C)	
	Partes pressurizadas	Partes não pressurizadas
Aços-carbono qualidade estrutural (ver Nota 1).	150	530
Aços-carbono não acalmados (materiais qualificados) (ver Nota 1).	400	530
Aços-carbono acalmados com Si (ver Nota 1).	450	530
Aços-liga 1 1/4 Cr - 1/2 Mo.	530	550
Aços-liga 2 1/4 Cr -1 Mo.	530	570
Aços-liga 2 1/4 Cr -1 Mo -V.	482	482
Aços-liga 5 Cr - 1/2 Mo.	480	600
Aços inoxidáveis 405, 410, 410S (ver Notas 2 e 5).	480	700
Aços inoxidáveis 304, 316 (ver Notas 3, 4 e 5).	600	800
Aços inoxidáveis 304L, 316L. (ver Nota 5).	400	800
Aços inoxidável 310 (ver Notas 4 e 5).	600	1 100
NOTA 1 Exposição prolongada acima de 425 °C pode gerar grafitação no aço carbono. NOTA 2 Esses materiais são suscetíveis de sofrer fragilização operando em torno de 475 °C por períodos longos. NOTA 3 Para temperaturas de projeto superiores a 550 °C recomenda-se o uso de aços inoxidáveis tipo "H". [Prática Recomendada] NOTA 4 Chama-se atenção para a possibilidade de formação de "Fase Sigma", para temperaturas na faixa de 538 °C a 954 °C, resultando em severa fragilização do material. Essa mudança na estrutura metalúrgica ocorre principalmente para os aços dos tipos 316 e 310. NOTA 5 Chama-se atenção para a possibilidade de ocorrer sensitização nos aços inoxidáveis. Avaliar temperaturas limites e tempos necessários para ocorrência deste fenômeno.		

5.7 A Tabela 4 mostra os critérios básicos para especificação de materiais para as diversas partes dos vasos de pressão. Esses critérios devem ser obedecidos, exceto quando for especificado de outra forma para um determinado vaso. As classes das partes dos vasos citados na primeira coluna da Tabela 4, são descritos nos 5.7.1 até 5.7.6.