

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM
ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO

JOSÉ EDUARDO BARBOSA MORAES

RESERVATÓRIO DE AR COMPRIMIDO:
Reconstituição de prontuário

São Leopoldo
2016

José Eduardo Barbosa Moraes

RESERVATÓRIO DE AR COMPRIMIDO:
Reconstituição de prontuário

Artigo apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho, pelo Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Orientador (a): Prof. Ms. Ricardo Lecke

São Leopoldo
2016

RESERVATÓRIO DE AR COMPRIMIDO: Reconstituição de prontuário

José Eduardo Barbosa Moraes*

Ricardo Lecke

Resumo: Este artigo tem por finalidade demonstrar as etapas de requalificação de um reservatório de ar comprimido. Primeiramente será realizada uma revisão teórica apresentando os tipos de vasos de pressão existentes, bem como será abordado os aspectos construtivos e legais exigidos. Serão abordados os componentes de segurança obrigatórios e demais aspectos construtivos necessários para garantir a segurança do trabalho. Durante o desenvolvimento deste trabalho serão citados a norma regulamentadora - NR-13 do ministério do trabalho e emprego, a norma ABNT NBR 15417:2007, e o código de construção ASME seção VIII - Divisão 1 internacionalmente aceito para fabricação dos vasos de pressão. Por fim será apresentado uma proposta para reconstituição do prontuário de um reservatório de ar comprimido. Este artigo foi elaborado seguindo método de pesquisa de levantamento de dados bibliográficos.

Palavras-chave: Prontuário de vaso de pressão. Vaso de pressão. Segurança do trabalho. NR-13. Reservatório de ar comprimido.

1 INTRODUÇÃO

Os reservatórios de ar comprimido servem para armazenar sob pressão o ar atmosférico a ser utilizado em processos industriais diversos, desta maneira devem ser tratados nas instalações industriais como vasos de pressão. Por este motivo, necessitam de atenção especial quanto a especificação de material, inspeções e procedimentos de segurança, para que não haja riscos de acidentes graves com perdas de vidas e patrimônio das empresas e de todos os envolvidos.

O Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), por meio da Norma Regulamentadora - NR-13, e a Associação Brasileira de Normas Técnica (ABNT), através da norma NBR 15417:2007 (Vasos de Pressão – Inspeção de segurança em serviço), estabelecem que todo o vaso de pressão em operação deve possuir um prontuário devidamente atualizado e organizado, sob responsabilidade da empresa proprietária.

* Engenheiro Mecânico, Mestre em Energia e, Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho. eduardomecanica@hotmail.com

Deve fazer parte do prontuário a caracterização do equipamento, documentação original do fabricante e projeto de instalação. Essa mesma legislação estabelece que, caso o proprietário não possua tal documentação, no todo ou em parte, a mesma deverá ser reconstituída. Quando não for possível reconstituir alguns itens, deverão ser reconstituídas, pelo menos, as características funcionais, os dados de seus dispositivos de segurança e o procedimento para determinação da Pressão Máxima de Trabalho Admissível (PMTA).

A reconstituição desses documentos será sempre de responsabilidade do proprietário do vaso de pressão. Para tanto, este poderá utilizar-se dos serviços do fabricante e caso este seja indeterminado ou já não exista, de um profissional habilitado ou empresa especializada. A reconstituição de toda a documentação do vaso de pressão é importante não só para determinação de seus parâmetros operacionais, como também é de fundamental importância na preparação e execução das atividades de inspeção e manutenção destes equipamentos. Portanto, no caso da inexistência da documentação citada, prontuário do vaso de pressão, ou parte deste, todos os esforços deverão ser feitos para a sua reconstituição. Assim este estudo tem como objetivo demonstrar, de modo simples, as etapas e os cálculos que compõem o prontuário, bem como selecionar os códigos de construção para recálculo mecânico do vaso de pressão.

As empresas que possuem vasos de pressão em suas instalações devem possuir as seguintes documentações atualizadas: Prontuário; Livro Registro de Segurança; Projeto de Instalação; Projetos de Alteração ou Reparo e; Relatório de Inspeção.

Entretanto, em observações efetuadas em empresas no Rio Grande do Sul, com certa frequência encontram-se em operação compressores velhos e algumas vezes com processo de corrosão em andamento, compressores que foram adquiridos usados de terceiros e que não possuem placa de identificação do fabricante com características técnicas do equipamento. As empresas que possuem os prontuários de seus equipamentos, os mesmos muitas vezes estão incompletos, faltando em especial, os códigos de construção e seus respectivos memoriais de cálculos. Durante revisão bibliográfica a respeito deste assunto realizado na Internet e na biblioteca da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), foram encontrados bastante materiais relativos a vasos de pressão e códigos de fabricação

dos mesmos, sendo o mais relevante e internacionalmente aceito o da ASME¹ VIII – Divisão 1, porém, não foram encontradas propostas claras de como realizar a reconstituição dos prontuários de reservatórios de compressores de ar comprimido.

Assim, a importância desse trabalho está em tratar de um tema pouco explorado pelos autores nacionais e que contribui como mais uma fonte de pesquisas para Engenheiros de Inspeção de Vasos de Pressão e de Segurança do Trabalho. Este trabalho é composto de seis capítulos, cada um tratando de um tema específico, apresentando os tópicos principais para o entendimento e a compreensão do equipamento em análise; a introdução trata do tema; o segundo capítulo apresenta as principais características de um vaso de pressão, o aspecto construtivo, requisitos legais, componentes de segurança, cálculo de vasos de pressão pelo código ASME, Seção VIII, Divisão 1, e os códigos internacionais aceitos no dimensionamento de vasos de pressão; o terceiro capítulo mostra a metodologia utilizada no levantamento de dados de um reservatório de ar comprimido a ser requalificado; o quarto capítulo trata da reconstituição do prontuário, de suas etapas e, principalmente, do reestabelecimento dos dados operacionais do equipamento e, no quinto e sexto capítulos, constam a discussão e considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Os vasos de pressão são equipamentos comuns dentro de um processo industrial, independente do segmento, podendo ser químico, farmacêutico, petroquímico, papel e celulose, alimentício, etc. Esses vasos podem conter água, condensado, vapor d'água, gases tóxicos, derivados do petróleo, fluidos ácidos ou alcalinos, ar comprimido, além de outros tipos de fluidos sob pressão e que são específicos para cada segmento industrial.

¹ A American Society of Mechanical Engineers (ASME) é uma associação profissional de Engenheiros Mecânicos dos Estados Unidos, fundada em 1880. As principais atividades da ASME estão centradas em: Promoção da ciência e engenharia mediante a organização de congressos e simpósios; Especialização dos engenheiros mediante cursos e palestras e Elaboração de normas e regulamentos técnicos. O quadro técnico da ASME é subdividido em 37 ramos específicos, dentre os quais: indústria aeroespacial, ciência dos materiais, nanotecnologia, energia nuclear, transporte ferroviário, mecânica dos fluidos, vasos de pressão, gasodutos, etc. As normas e regulamentos técnicos da ASME são utilizados em diversos países. O conhecimento e aplicação das mesmas são fundamentais para quem tenciona participar do comércio internacional.

Vasos de Pressão são todos os reservatórios, de qualquer tipo, dimensões ou finalidades, não sujeitos à chama, fundamentais nos processos industriais, que contenham fluidos e sejam projetados para resistir com segurança a pressões internas superiores a 100 kPa ou inferiores à pressão atmosférica, ou submetidos à pressão externa, cumprindo assim a função básica de armazenamento.

De acordo com Telles (2001, p.1),

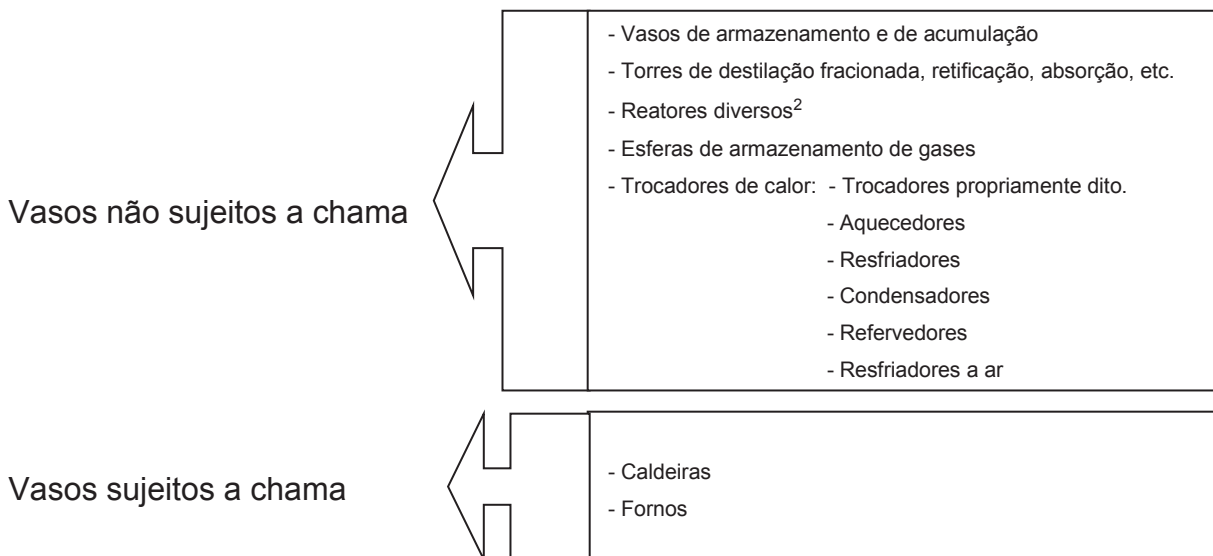
O nome vaso de pressão (pressure vessel) designa genericamente todos os recipientes estanques, de qualquer tipo, dimensões, formato ou finalidade, capazes de conter um fluido pressurizado. Dentro de uma definição tão abrangente inclui-se uma enorme variedade de equipamentos, desde uma simples panela de pressão de cozinha, até os mais sofisticados reatores nucleares.

As funções básicas de um vaso de pressão qualquer são: armazenamento de gases e líquidos sob pressão; processamento de gases e líquidos e acumulação intermediária de gases e líquidos.

2.1 Classificação e Finalidades dos Vasos de Pressão

Os vasos de pressão, em quase sua totalidade, são fabricados segundo os regimentos da ASME, sob código VIII, Divisão 1, 2 e 3.

Telles (2001) salienta que os vasos de pressão de acordo com sua finalidade podem ser classificados em vasos não sujeitos a chama e vasos sujeitos a chama.

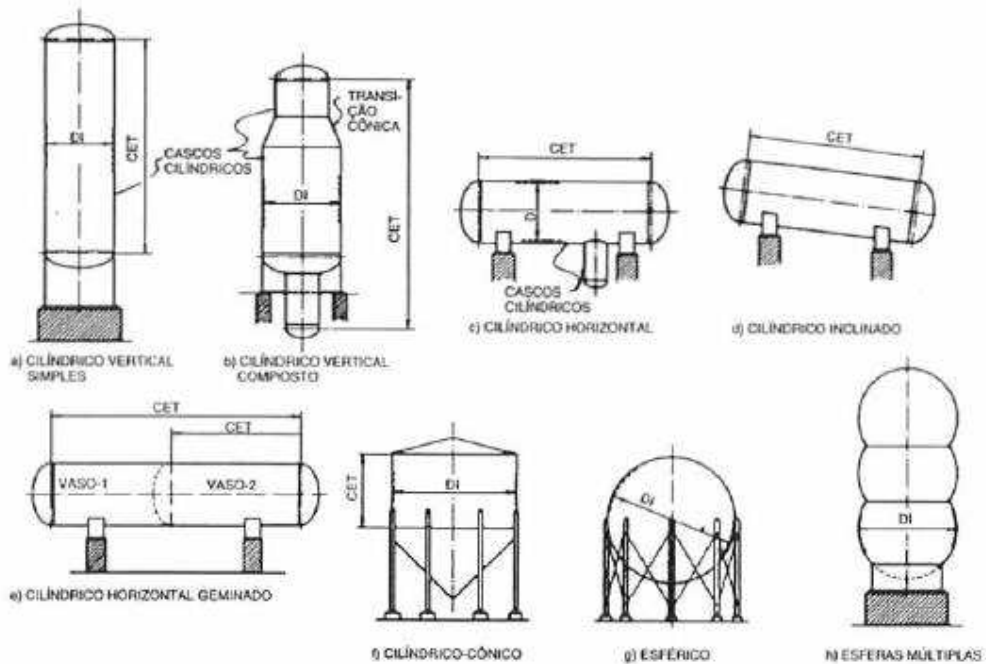


² Recebem o nome em geral de reatores os vasos de pressão onde ocorrem algum tipo de reação química,

2.2 Classificação dos vasos de pressão quanto ao formato e partes principais

Os vasos de pressão podem ser divididos em três grandes grupos, quanto a sua forma de montagem e disposição: a) vasos de pressão horizontais; b) vasos de pressão verticais e c) vasos de pressão esféricos.

Figura 1- Principais formatos de vasos de pressão



Fonte: Telles (2001, p. 8)

Segundo Telles (2001, p.7),

A parede de pressão de um vaso compõe-se basicamente do casco (ou cascos) do vaso (shell) e dos tampos de fechamento (heads). O casco dos vasos de pressão tem sempre o formato de uma superfície de revolução. Quase todos os vasos com raras exceções, tem o casco com uma das três formas básicas: cilíndrica, cônica e esférica, ou a combinação destas formas.

Figura 2 - Vaso de pressão horizontal



Fonte: Arcomprimido

Figura 3 – Vaso de pressão vertical



Fonte: Arcomprimido

Figura 4 - Vaso de pressão esférico

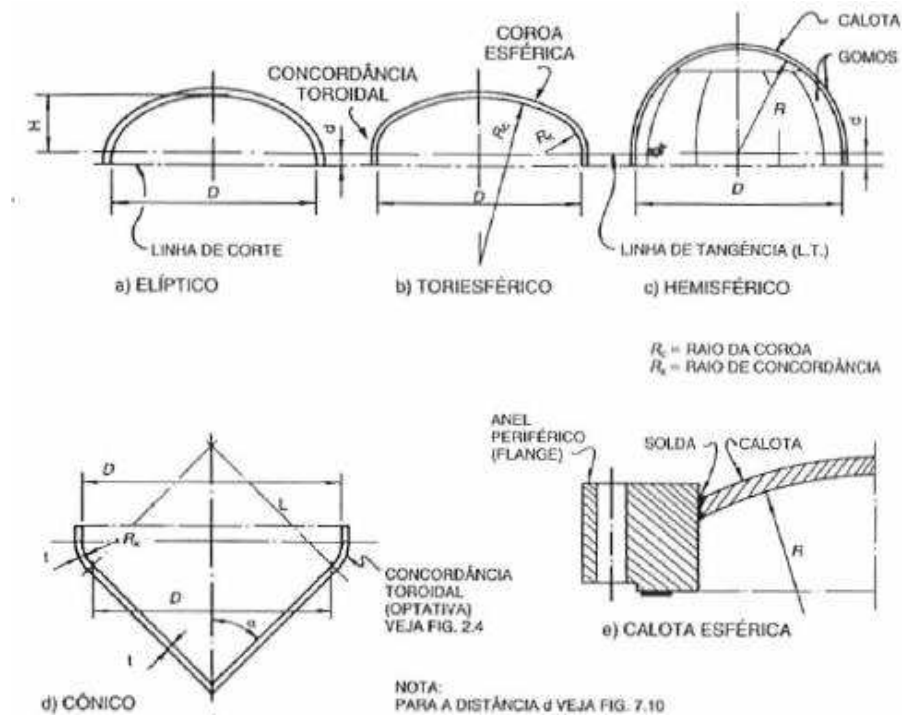


Fonte: Petrobrás

De acordo com a Telles (2001, p.9),

Denominam-se tampos (heads³) as peças de fechamento dos cascos cilíndricos dos vasos de pressão. Como mostra a figura 5 e 6, os tampos podem ter vários formatos, dos quais os mais usuais são os seguintes: elíptico, toriesférico, hemisférico, cônico e plano.

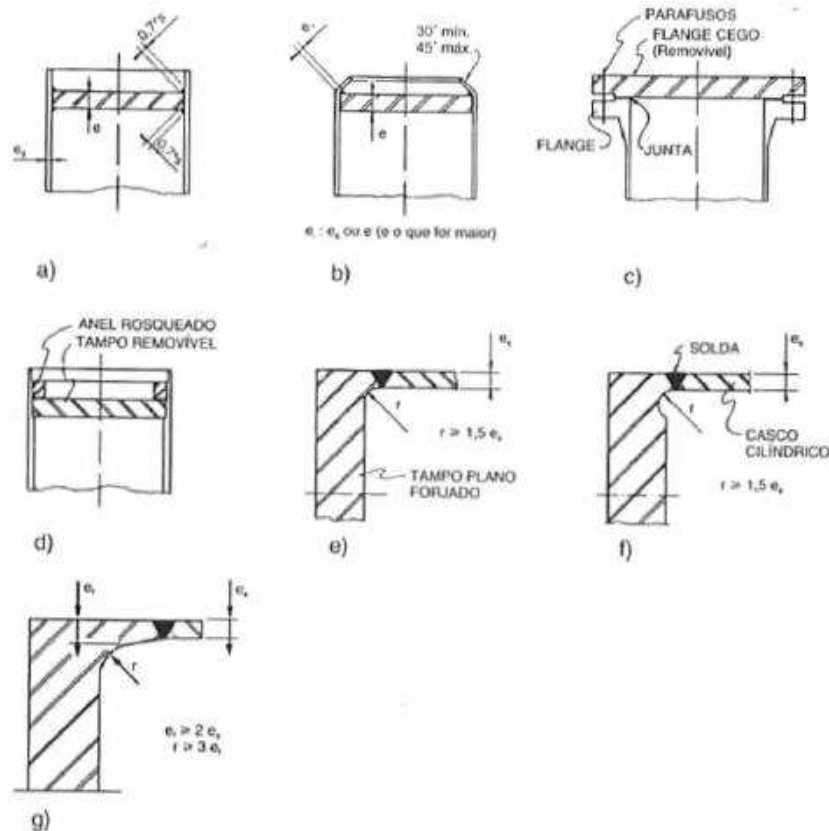
Figura 5 – Alguns tipos de tampos



Fonte: Telles (2001, p.10)

³ Os tampos são também denominados “fundos”.

Figura 6 – Alguns tipos de tampos planos



Fonte: Telles (2001, p. 12)

De acordo com o parágrafo 13.5.1.2 da NR-13, os vasos de pressão são classificados em categorias segundo a classe de fluido e o potencial de risco.

a) Os fluidos contidos nos vasos de pressão são classificados conforme descrito a seguir:

Classe A:

- Fluidos inflamáveis;
- Fluidos combustíveis com temperatura superior ou igual a 200 °C (duzentos graus Celsius);
- Fluidos tóxicos com limite de tolerância igual ou inferior a 20 (vinte) partes por milhão (ppm);
- Hidrogênio;
- Acetileno.

Classe B:

- Fluidos combustíveis com temperatura inferior a 200 °C (duzentos graus Celsius);
- Fluidos tóxicos com limite de tolerância superior a 20 (vinte) partes por milhão (ppm).

Classe C:

- Vapor de água, gases asfixiantes simples ou ar comprimido.

Classe D:

- Outro fluido não enquadrado acima.

- b) Quando se tratar de mistura deverá ser considerado para fins de classificação o fluido que apresentar maior risco aos trabalhadores e instalações, considerando-se sua toxicidade, inflamabilidade e concentração.
- c) Os vasos de pressão são classificados em grupos de potencial de risco em função do produto P.V, onde P é a pressão máxima de operação em MPa e V o seu volume em m³, conforme segue:
 Grupo 1 - P.V ≥ 100
 Grupo 2 - P.V < 100 e P.V ≥ 30
 Grupo 3 - P.V < 30 e P.V ≥ 2,5
 Grupo 4 - P.V < 2,5 e P.V ≥ 1
 Grupo 5 - P.V < 1
- d) Vasos de pressão que operem sob a condição de vácuo devem se enquadrar nas seguintes categorias:
 Categoria I: para fluidos inflamáveis ou combustíveis;
 Categoria V: para outros fluidos.
- e) A tabela a seguir classifica os vasos de pressão em categorias de acordo com os grupos de potencial de risco e a classe de fluido contido.

Classe de Fluido	GRUPO DE POTENCIAL DE RISCO				
	1	2	3	4	5
	P.V ≥ 100	P.V < 100 P.V ≥ 30	P.V < 30 P.V ≥ 2,5	P.V < 2,5 P.V ≥ 1	P.V < 1
Categorias					
A - Fluidos inflamáveis, e fluidos combustíveis com temperatura igual ou superior a 200 °C - Tóxico com limite de tolerância ≤ 20 ppm - Hidrogênio - Acetileno	I	I	II	III	III
B - Fluidos combustíveis com temperatura menor que 200°C - Fluidos tóxicos com limite de tolerância > 20 ppm	I	II	III	IV	IV
C - Vapor de água - Gases asfixiantes simples - Ar comprimido	I	II	III	IV	V
D - Outro fluido	II	III	IV	V	V
<i>Notas:</i> a) considerar volume em m ³ e pressão em MPa; b) considerar 1 MPa correspondente a 10,197 kgf/cm ² .					

2.3 Requisitos Legais para Vasos de Pressão

De acordo com o parágrafo 13.5.1.6 da NR-13. Todo vaso de pressão deve possuir, no estabelecimento onde estiver instalado, a seguinte documentação devidamente atualizada:

- a) Prontuário do vaso de pressão a ser fornecido pelo fabricante, contendo as seguintes informações: código de projeto e ano de edição; especificação dos materiais; procedimentos utilizados na fabricação, montagem e inspeção final; metodologia para estabelecimento da PMTA; conjunto de desenhos e demais dados necessários para o monitoramento da sua vida útil; pressão máxima de operação; registros documentais do teste hidrostático; características funcionais, atualizadas pelo empregador sempre que alteradas os originais; dados dos dispositivos de segurança, atualizados pelo empregador sempre que alterados os originais; ano de fabricação; categoria do vaso, atualizada pelo empregador sempre que alterada a original; b) Registro de Segurança em conformidade com o item 13.5.1.8; c) Projeto de Instalação em conformidade com os itens 13.5.2.4 e 13.5.2.5; d) Projeto de alteração ou reparo em conformidade com os itens 13.3.6 e 13.3.7; e) Relatórios de inspeção em conformidade com o item 13.5.4.13; f) Certificados de calibração dos dispositivos de segurança, onde aplicável.

Quando inexistente ou extraviado o prontuário, de acordo com a NR-13 item 13.5.1.7, o mesmo deve ser reconstituído pelo empregador, com responsabilidade técnica do fabricante ou de PH, sendo imprescindível a reconstituição das premissas de projeto, dos dados dos dispositivos de segurança e da memória de cálculo da PMTA.

A NBR 15417 (2007, p. 8) item 4.2.1 prevê que quando existir prontuário completo e registro de segurança do vaso de pressão estes devem conter:

- a) histórico de inspeções; b) recomendações de inspeções anteriores ainda não executadas; c) alterações e reparos executados; d) características físicas do vaso e de seus dispositivos de segurança (por exemplo, dimensões, tipo); e) características de projeto e operacionais (PMTA, temperatura máxima e mínima de operação, materiais, etc.); f) mecanismos de deterioração mais prováveis atuantes; g) vida residual (remanescente); h) inspetor deve orientar-se com relação à operação e função do equipamento, seus internos, de cada bocal, para acessar possíveis discontinuidades existentes; i) livro de registro de segurança ou equivalente; j) verificação das espessuras mínimas requeridas de todos os elementos do vaso na memória de cálculo ou, se for o caso, a PMTA de todos os elementos do vaso. Verificando se está de acordo com o código de construção; l) verificar a existência de manual próprio de operação ou instrução de operação contidas no manual de operação da unidade, para vasos de categoria I e II da NR-13; e m) verificar, para os casos de vasos de categoria I e II, se o operador do vaso de pressão realizou “treinamento de segurança na operação de unidades de processos” ou se possui experiência comprovada conforme estabelecido na NR-13.

A NBR 15417 (2007, p. 8 e 9) item 4.2.2, prevê que quando não existir prontuário completo do vaso de pressão ou que tenha sido extraviado, ou faltar o registro de segurança, o prontuário do vaso de pressão deve ser reconstituído em sua íntegra por PH, de acordo com a NR-13, devendo conter os seguintes documentos:

a) mapa de medições de espessura, realizada por meio de ultrassom, ou meio adequado, de todos os elementos do vaso submetidos a pressão, assim como os elementos soldados nas partes pressurizadas; b) memória de cálculo do vaso de pressão, com base no código de construção, levando-se em conta as menores espessuras encontradas, calculando a PMTA de todos os elementos do vaso, com a finalidade de determinação da PMTA do vaso, também devem ser consideradas as cargas externas atuantes no vaso; c) desenhos contendo todas as informações necessárias para o acompanhamento da vida útil do vaso, com dimensões, dados do código de construção adotado na reconstituição da memória de cálculo e demais informações necessárias para satisfazer a NR-13; d) desenho da nova plaqueta de identificação do vaso, com base na NR-13; e) especificações dos dispositivos de segurança; f) abertura do registro de segurança; e g) demais documentos exigidos pela NR-13 ou mesmo determinados pelo PH que será responsável pela reconstituição do prontuário.

A Norma Regulamentadora - NR-13 não inclui regras para projeto e pressupõe que os equipamentos são construídos de acordo com normas e códigos de reconhecimento internacional. A pressão máxima de trabalho admissível (PMTA) é calculada ou determinada utilizando-se fórmulas e tabelas disponíveis no código de projeto do vaso de pressão. Essas fontes levam em consideração: as dimensões e geometria de cada parte específica do vaso (por exemplo: diâmetro, espessura, etc.); resistência dos materiais (valores de tensão máxima admissível dependente da temperatura); outros fatores específicos para cada situação.

2.4 Componentes de Segurança dos Vasos de Pressão

No código ASME Seção VIII Divisão 1, as válvulas de segurança e/ou alívio são abordadas nos parágrafos UG-125 a UG-137, além dos discos de ruptura (figura 7) e dispositivos de pino para rompimento. Os requerimentos escritos nesses parágrafos, são obrigatórios quando o vaso de pressão é construído conforme o código.

Mathias (2008) saliente que as válvulas de segurança e/ou alívio são dispositivos automáticos de alívio de pressão sendo obrigatórios em vasos de pressão ou caldeiras, cuja pressão interna seja superior à pressão atmosférica,

evitando as consequências da exposição às condições perigosas de sobre pressão. Desta forma, em todo vaso de pressão sujeito a pressão positiva superior a 15 psig (1,05 kgf/cm²) é obrigatória a instalação de pelo menos uma válvula de segurança e/ou alívio ajustada na PMTA do vaso ou abaixo desta e cuja capacidade de vazão seja igual ou superior ao volume do fluido fornecido a este. A função de toda válvula de segurança é aliviar o excesso de pressão, devido ao aumento da pressão de operação acima de um limite pré-estabelecido no projeto do equipamento por ela protegido.

2.4.1 Válvulas de Segurança e Alívio

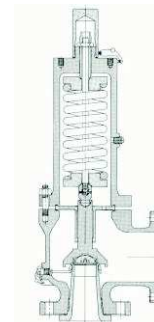
A válvula de segurança e alívio é um dispositivo automático de alívio de pressão empregado obrigatoriamente para proteger um vaso de pressão, quando ele opera com gases, vapores, líquidos ou fluido bifásico (flashing), depende da aplicação. Dependendo do modelo, tamanho e classe de pressão da conexão de entrada, podem ser construídas em bitolas de ½" x ¾" roscadas até a bitola de 2 ½", soldadas ou flangeadas desde 1" x 2" até 8" x 10" para processos industriais em tubulações ou vasos de pressão construídos conforme a norma ASME Seção VIII Divisão I. As classes de pressão para ambas as aplicações podem ir desde 150 a 4500 para a conexão de entrada e nas classes 150 e 300 para a conexão de saída. Os limites de temperatura ficam entre -268°C até 538°C. Esses valores são dependentes do material do corpo, castelo, componentes internos e mola, além do castelo ser aberto ou fechado. As válvulas de segurança e alívio podem ser dos tipos mola sob carga convencional (figura 8) ou balanceada (figura 9) e piloto operadas (figura 10).

Figura 7 – Disco de ruptura



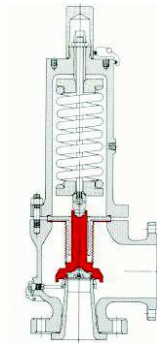
Fonte: Büchiglasuster

Figura 8 – Válvula de Segurança Convencional



Fonte: Fluid Controls do Brasil

Figura 9 – Válvula de Segurança Balanceada



Fonte: Fluid Controls do Brasil

Figura 10 - Válvula de segurança Pilotado operadas



Fonte: Pentair Valves & Controls

2.4.2 Manômetros

O manômetro (figura 11) tem a finalidade de registrar a pressão que o fluido exerce no interior do vaso de pressão. Desta maneira permite ao operador de processo verificar as condições de pressão em que está operando o vaso e comparar com a pressão de operação ou PMTA informada na placa de identificação do mesmo. Deve-se realizar anualmente aferição dos equipamentos de segurança, quais sejam, o manômetro ou pressostato (caso o sistema esteja acoplado a um compressor). As válvulas de descarga / segurança devem ser desmontadas, inspecionadas e calibradas na oportunidade da inspeção interna periódica, conforme definido na NR-13 (item 13.10.4). Devem-se efetuar os ensaios em local e dispositivo não acoplado ao Vaso de Pressão.

Figura 11 - Manômetro



Fonte: Balflex

2.5 Cálculo de Vasos de Pressão pelo Código ASME, Seção VIII, Divisão 1

Neste capítulo será apresentado um resumo das fórmulas e critérios do código ASME, Seção VIII, Divisão I, para o cálculo mecânico dos componentes usuais de um vaso de pressão. Como neste artigo estamos tratando de um vaso de pressão acumulador de ar comprimido, iremos somente considerar o efeito da pressão interna no casco e nos tampos dos vasos. Porém os demais carregamentos ficam a critério do projetista, não só quanto a forma de calculá-los, como também quanto à necessidade ou não de serem calculados. As fórmulas deste código são baseadas na teoria da membrana, contendo, entretanto, alguns coeficientes empíricos de correção. Dessa forma, não são levados em consideração os esforços de flexão decorrentes da espessura ou das descontinuidades geométricas. É importante observar que o resumo mostrado a seguir, ou qualquer outro, será sempre incompleto, não dispensando, portanto, o estudo e consulta do próprio código.

2.5.1 Cálculo dos cascos cilíndricos pela pressão interna

Conforme Telles (2001, p. 214),

O código distingue entre os cascos cilíndricos de pequena e de grande espessura (parágrafo UG-27), denominado de “grande espessura” os cascos para os quais se tenha: $t > 1/2R$, ou: $P > 0,385 SE$, em que:

t = espessura mínima para pressão interna;

R = raio interno do cilindro;

P = pressão interna de projeto; acrescentar o efeito da coluna hidrostática do líquido, contido quando for o caso.

S = tensão admissível básica do material

E = coeficiente de eficiência de solda, conforme explicado a seguir.

a) Cascos cilíndricos de pequena espessura:

Para esses cascos, a espessura mínima necessária deve ser calculada pela seguinte fórmula (parágrafo UG-27):

$$t = \frac{PR}{SE - 0,6P}$$

Essa fórmula é diretamente derivada da expressão teórica da tensão máxima circunferencial de membrana em um cilindro. Nessa fórmula tem-se:

t, R, P = significados acima

S = tensão admissível básica do material, em função da temperatura de projeto do vaso. Essas tensões são obtidas nas seguintes tabelas do código, para os materiais aceitos pelo mesmo:

- TABELA UCS-23 - Aços-carbono, e aços de baixa liga.
- TABELA UNF-23.1 - Alumínio e ligas de alumínio.
- TABELA UNF-23.2 - Cobre e ligas de cobre.
- TABELA UNF-23.3 - Níquel e ligas de níquel.
- TABELA UNF-23.4 - Titânio e ligas de titânio.
- TABELA UNF-23.5 - Zircônio e ligas de zircônio.
- TABELA UHA-23 - Aços inoxidáveis e outros aços de alta liga.
- TABELA UHT-23 - Aços de alta resistência (temperados e revenidos)
- TABELA ULT-23 - Ligas de alumínio e níquel para serviços criogênicos.

A tabela 1 é um resumo da tabela UCS-23, dando as tensões admissíveis para os materiais de aço carbono e aços de baixa liga mais usados na prática em nosso país.

Tabela 1 – Tensões admissíveis do código ASME, Seção VIII, Divisão 1 (baseado na Tabela UCS-23, deste código). Tensões em MPa

Classe de Material	Forma de Apresentação	Especificação ASTM	Tensões admissíveis (MPa) @ temperatura (°C)																		
			-30 a 93	150	205	260	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600		
Aço-carbono	Chapas Tubos cond. Tubos t.c. Forjados	A-285-C	108,0	108,0	108,0	108,0	106,0	104,0	101,0	97,2	88,9	74,4	62,2	45,6							
		A-53-A	80,6	80,6	80,6	80,6	80,6	80,6	78,8	71,6	62,3	54,4	47,5	40,0							
		A-53-B	101,0	101,0	101,0	101,0	101,0	101,0	98,4	89,5	75,9	63,4	52,9	38,7							
		A-179	92,3	92,3	92,3	92,3	91,8	90,4	87,5	83,8	73,3	63,4	55,8	47,3							
		A-181-60	92,3	92,3	92,3	92,3	91,8	90,4	87,5	83,8	73,3	63,4	55,8	47,3	33,7	22,0					
Aço-carbono Si para altas temperaturas	Chapas Chapas Chapas Tubos cond. Tubos cond. Tubos t.c. Forjados Fundidos	A-515-60	117,8	117,8	117,8	117,8	114,3	111,5	108,0	103,2	88,9	74,4	62,2	45,6	32,3	22,0					
		A-515-65	128,1	128,1	128,1	128,1	124,6	121,9	118,2	112,3	95,0	78,5	62,2	45,6	32,3	22,0					
		A-515-70	137,7	137,7	137,7	137,7	134,8	132,2	128,3	121,5	101,2	82,6	67,0	50,8	34,2	22,0					
		A-106-A	94,4	94,4	94,4	94,4	94,4	94,4	92,4	84,4	73,3	64,0	56,0	47,3	36,0	23,6					
		A-106-B	117,8	117,8	117,8	117,8	117,8	117,8	115,3	104,9	88,9	74,4	62,2	47,3	36,0	23,6					
		A-210-A1	117,8	117,8	117,8	117,8	117,8	117,8	115,3	104,9	88,9	74,4	62,2	45,6	32,3	22,0					
		A105	137,7	137,7	137,7	137,7	129,0	125,3	121,6	116,1	101,2	82,6	67,0	50,8	34,2	22,0					
		A-216-WC1	137,7	137,7	137,7	137,7	129,0	125,3	121,6	116,1	101,2	82,6	67,0	50,8	34,2	22,0					
		Aço-carbono Si para baixas temperaturas	Chapas Chapas Chapas Tubos cond. Tubos t.c. Forjados Fundidos	A-516-60	117,8	117,8	117,8	117,8	114,3	111,5	108,0	103,2	88,9	74,4	62,2	45,6	32,3	22,0			
				A-516-65	128,1	128,1	128,1	128,1	124,6	121,9	118,2	112,3	95,0	78,5	62,2	45,6	32,3	22,0			
A-516-70	137,7			137,7	137,7	137,7	134,8	132,2	128,3	121,5	101,2	82,6	67,0	50,8	34,2	22,0					
A-333-6	117,8			117,8	117,8	117,8	117,8	117,8	115,3	104,9	88,9	74,4	62,2	45,6	32,3	22,0					
A-334-6	117,8			117,8	117,8	117,8	117,8	117,8	115,3	104,9	88,9	74,4	62,2	45,6	32,3	22,0					
A-350-LF1	117,8			117,8	117,8	117,8	107,3	104,2	101,1	97,2	88,9	74,4	62,2	45,6	32,3	22,0					
A-350-LF2	137,7			137,7	135,5	135,0	129,0	125,3	121,6	116,1	101,2	82,6	67,0	50,8	34,2	22,0					
A-352-LCB	128,1	128,1	128,1	128,1	124,6	121,9															
Aço-liga ½ Mo	Chapas Chapas Tubos cond. Tubos t.c. Forjados Fundidos	A-204-A	128,1	128,1	128,1	128,1	128,1	128,1	128,1	128,1	128,0	126,7	123,8	101,9	70,1	43,8					
		A-204-B	137,7	137,7	137,7	137,7	137,7	137,7	137,7	137,7	137,7	137,7	133,6	104,4	70,1	43,8					
		A-335-P1	108,1	108,1	108,1	108,1	108,1	108,1	108,1	107,8	105,9	102,6	100,3	95,8	70,1	43,8					
		A-209-T1	108,1	108,1	108,1	108,1	108,1	108,1	108,1	107,8	105,9	102,6	100,3	95,8	70,1	43,8					
		A-182-F1	137,7	137,7	137,7	137,7	137,7	137,7	137,7	137,7	137,7	137,7	137,7	133,6	104,4	70,1	43,8				
		A-217-WC1	128,1	128,1	128,1	128,1	128,1	128,1	128,1	127,8	126,2	123,1	119,8	116,9	100,1	70,1	43,8				

Fonte: Telles (2001, p. 216)

E = Coeficiente de eficiência de solda, conforme o parágrafo UW-12 e tabela UW-12 do código, de acordo com o tipo de solda e o grau de inspeção adotado; para cilindros sem costura E=1,0. Esses coeficientes, que estão resumidos na tabela 2, destinam-se a compensar a possível menor espessura, devido à existência de defeitos na solda.

Tabela 2 – Coeficiente de eficiência de solda (baseado na tabela UW-12, deste código).

Tipo de solda	Limitações	Grau de inspeção		
		Radiografia total	Radiografia parcial (por amostragem)	Não radiografada
Solda de topo, feita por ambos os lados, ou por procedimento equivalente, de forma a obter penetração e fusão totais. (excluem-se as soldas com mata-junta permanente)	Nenhuma	1,00	0,85	0,70
Solda de topo, feita por um só lado, com mata-junta permanente.	Nenhuma	0,90	0,80	0,65
Solda de topo, feita por um só lado, sem mata-junta	Uso permitido somente para soldas circunferenciais, para espessuras inferiores a 15 mm, e diâmetro do vaso inferior a 610 mm	—	—	0,60
Solda sobreposta, com filete duplo de altura total	Uso permitido para soldas longitudinais em espessuras inferiores a 10 mm, e para soldas circunferenciais em espessuras inferiores a 15 mm	—	—	0,55

Fonte: Telles (2001, p. 220)

2.5.2 Cálculo de tampos para pressão interna

a) Tampos elípticos

O código fornece fórmulas diferentes para os tampos elípticos com relação de semieixos de 2:1, e para os tampos com outras relações de semieixos, quando submetidos à pressão pelo lado côncavo.

- Tampos elípticos com relação de semieixos 2:1 – A espessura mínima para a pressão interna é dada pela fórmula (parágrafo UG-32):

$$t = \frac{PR}{SE - 0,1P} + C$$

b) Tampos toriesféricos

Para os tampos toriesférico o código ASME, Seção VIII, Divisão 1, distingue também dois casos: os tampos com raio de seção toroidal igual a 6% do diâmetro interno do cilindro (D) e o raio maior (r), da coroa central, igual ao próprio diâmetro interno do cilindro, e os tampos com outras proporções.

- Tampos toriesféricos com $r=6\%D$ e $L=D$ - Para estes tampos a espessura mínima necessária é calculada pela fórmula (parágrafo UG-32)

$$t = \frac{0,885PL}{SE - 0,1P} + C$$

c) Tampos superfície cônica c/ concordância toroidal: (parágrafo UG-32)

De acordo com o código, o cálculo da espessura mínima dos tampos e transições cônicas é diferente conforme haja ou não uma seção toroidal de concordância na ligação entre o cone e um corpo cilíndrico. Quando não existir a concordância toroidal, pode ser exigido um reforço na região de ligação cone-cilindro, como explicado a seguir.

- Superfície cônica sem seção de concordância – A espessura mínima necessária para a superfície cônica é dada por (parágrafo UG-32):

$$t = \frac{PR}{\cos 30^\circ (SE - 0,6P)} + C$$

d) Tampos planos: (parágrafo UG-34)

A variedade de tampos planos empregados para vasos de pressão é muito grande. O código ASME, Seção VIII, Divisão 1, mostra na figura 6 exemplos de alguns tipos de tampos admitidos, estabelecendo para cada uma deles fórmulas e coeficientes de cálculos diferentes, de acordo com o formato, o sistema de fixação, detalhes de soldas, etc.

As fórmulas para as espessuras mínimas são as seguintes, de acordo com o parágrafo UG-34 do código:

- Tampos circulares

$$t = \sqrt{\frac{NP}{S}} + C$$

2.6 Normas internacionais para construção

De acordo com Telles (2001, p.86), além da norma ASME Seção VIII, Divisão 1, existem outros códigos internacionais aceitos para a fabricação de vasos de pressão como:

- a) Inglaterra – O projeto de vasos de pressão está regido desde 1976 pela norma BS-5500, publicada pela British Standards Institution. Essa norma substituiu as antigas normas BS-1500 (Vasos de pressão – projeto convencional) e BS-1515 (Vasos de pressão – projeto avançado alternativo). A norma está em grande parte baseada nos critérios da norma internacional ISO.
- b) Alemanha – A norma conhecida como “A.D. Merkblatt”, de uso legal obrigatório nesse país, é na realidade um conjunto de normas abrangendo cada uma um aspecto específico do projeto, exigências de materiais, fabricação e inspeção de vasos de pressão. Essas normas são publicadas por um grupo de associação denominado Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter (Grupo de trabalho para vasos de pressão), sob a responsabilidade principal da TÜV: Vereinigung der Technischen Überwachungs Vereine e.V. (União das Associações de Inspeções Técnicas).
- c) França – Código SNCTTI, elaborado sob responsabilidade do Syndicat National de la Chaudronneire, Tôlerie et Tuyauterie Industrielle. Abrange os vasos de pressão, não sendo de uso legal obrigatório.

3 MATERIAL E MÉTODO

3.1 Levantamento de dados

É a etapa mais crítica na Reconstituição do Prontuário, na qual é necessário o uso de Ensaio Não Destrutivo (END), para a determinação dos parâmetros de recálculo e restabelecimento dos dados operacionais.

Na requalificação (Reconstituição do Prontuário), devem ser utilizados os seguintes Ensaio Não Destrutivo:

- a) Réplica Metalográfica: visa a determinar as características do material construtivo do vaso de pressão;
- b) Líquidos Penetrantes: visa à detecção e mapeamento de trincas;
- c) Ultrassonografia: visa o mapeamento das espessuras, à inspeção e mapeamento de não conformidades e características das soldagens;
- d) Teste Hidrostático: realizado após o recálculo da PMTA⁴, visando à aplicação de um ensaio volumétrico no casco e tampos.

A Requalificação do vaso deve atender os critérios estabelecidos na NR-13, quanto à reconstituição de um Prontuário. Além dos Ensaio Não Destrutivo, efetuar o levantamento dos instrumentos de segurança obrigatórios, tais como, manômetros e válvulas de segurança, os quais deverão ser submetidos a aferições, calibrações e manutenções periódicas, sob responsabilidade do proprietário.

Ao final da etapa de levantamento e coleta de dados, o profissional habilitado tem que ter em mãos os seguintes dados:

- Especificação do material do casco e tampos;
- Espessura do casco e tampos (mm);
- Diâmetro externo do casco (mm);
- Comprimento do casco (mm);
- Número de manômetros;
- Especificação dos manômetros;
- Número de válvulas de segurança;
- Especificação das válvulas de segurança;

⁴ PMTA é a sigla para Pressão Máxima de Trabalho Admissível.

3.2 Levantamento do Prontuário dos Vasos de Pressão

Após o levantamento dos dados e das características construtivas, dá-se início ao levantamento do prontuário e restabelecimento dos dados operacionais por meio do redimensionamento mecânico dos seguintes componentes: casco (tabela 3) e tampos (tabela 4).

a) Cálculo da PMTA do Casco (ASME SEC. VIII – DIV 1- p.19 - ED. 2010).

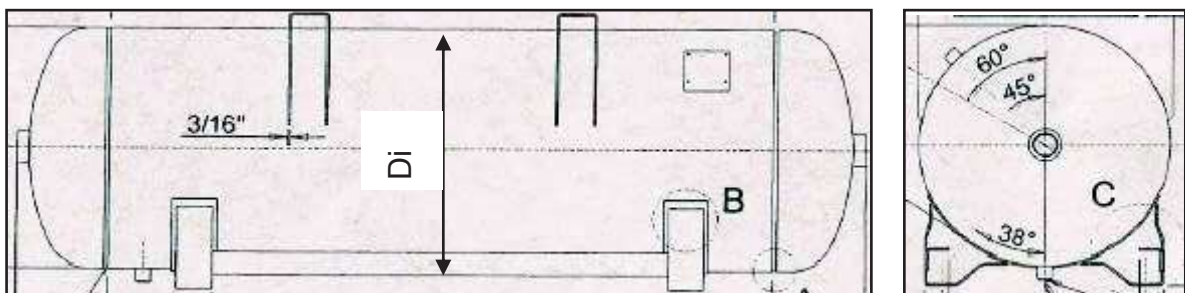
Tabela para Dimensionamento da PMTA⁵ no Casco (desenho 1)

Tabela 3 – Condições de projeto – Dimensionamento

Material do Casco:			
Grandeza	Símbolo	Valor	Unidade de Medida
Tensão Admissível	S		MPa
Diâmetro Externo	De		mm
Espessura do casco medida c/ ultrassom	t		mm
Diâmetro Interno	Di	$Di = De - 2.t$	mm
Raio Interno	R	$R = \frac{Di}{2}$	mm
Sobre espessura para corrosão	c	$c = \frac{t}{6}$	mm
Eficiência de Solda	E		
Pressão no Casco	P	$P = \frac{S.E.(t-c)}{(R-c)+0,6.(t-c)}$	MPa

Fonte: Autor

Figura 12 – Desenho 1: Casco reservatório de ar comprimido



Fonte: Autor

⁵ De acordo com Telles (2001, p.220) sugere-se que para vasos que se destinam a vapor, água e ar comprimido com espessura inferior a 6mm, que se tenha uma margem de corrosão, C de no mínimo a 1/6 da espessura.

Cálculo da PMTA dos Tampos (ASME SEC. VIII – DIV 1- p.19 - ED. 2010).

Tabela para Dimensionamento da PMTA nos Tampos (desenho 2)

Tabela 4 – Condições de projeto – Dimensionamento

Material do Casco:			
Grandeza	Símbolo	Valor	Unidade de Medida
Tensão Admissível	S		MPa
Diâmetro Externo	De		mm
Espessura do tampo medida c/ ultrassom	tt		mm
Diâmetro Interno	Di	$Di = De - 2 \cdot tt$	mm
Sobre espessura para corrosão	c	$c = \frac{tt}{6}$	mm
Eficiência de Solda	E		
Pressão no Casco	P	$P = \frac{2 \cdot S \cdot E \cdot (tt - c)}{(Di - 2c) + 0,2 \cdot (tt - c)}$	MPa

Fonte: Autor

Figura 13 – Desenho 2: Tampo Semi-elíptico 2:1



Fonte: Autor

- b) Estabelecimento da PMTA: Após efetuar os cálculos, comparar as pressões calculadas para o casco e tampos, e estabelecer como Pressão Máxima de Trabalho Admissível (PMTA), a que for menor.
- c) Cálculo da PTH⁶ (ASME SEC. VIII – DIV 1- UG99 (b) p.74 - ED. 2010).

$$PTH = 1,3 PMTA$$

De acordo com a NR-13 item 13.10.2, a inspeção de segurança inicial deve ser feita em vasos novos, antes de sua entrada em funcionamento, no local

⁶ PTH é a sigla de Pressão de Teste Hidrostático

definitivo de instalação devendo compreender exame externo, interno e teste hidrostático. Para reservatório de ar comprimidos categoria V recomenda-se exame externo a cada 5 anos, exame interno a cada 10 anos e teste hidrostático a cada 20 anos, ou a cada eventualidade, na prática os fabricantes de compressores recomendam a realização do teste hidrostático no máximo a cada 5 anos, ou a cada eventualidade, realizado por um profissional habilitado.

4 RESULTADOS

4.1 Proposta para Reconstituição do Prontuário do Reservatório de Ar Comprimido.

Na reconstituição do prontuário a fim de requalificar o vaso de pressão deve se organizar e reunir um conjunto de informações mínimas, as quais devem contemplar: a) Identificação; b) Localização; c) Caracterização Técnica, d) Itens Obrigatórios, e) Memorial de Cálculo, f) Desenho, g) Mapa de Espessura, h) Teste Hidrostático. Junto a estes itens deverão ser juntados posteriormente o relatório de inspeção e o certificado de calibração dos itens obrigatórios: Válvulas de segurança e manômetros.

Tabela 5 – Lista de informações necessárias à requalificação do vaso de pressão

1. IDENTIFICAÇÃO		
1.1 Equipamento		
1.2 Marca		
1.3 N ^o . de Série (atribuído)		
1.4 Data de Fabricação		
1.5 Modelo		
1.6 Volume _____		m ³
1.7 Fabricante		
2. LOCALIZAÇÃO		
2.1 Firma		
2.2 Endereço		
2.3 Local		
2.4 Data Instalação		
2.5 1 ^o Instalação: Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>		

3. CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA		
3.1 Funcional		
3.1.1 Volume		
3.1.2 Fluido		
3.1.3 Pressão Projeto Original _____		Kgf/cm ²
3.1.4 PMTA Atualizada _____		Kgf/cm ²
3.1.5 Pressão Ensaio Hidrostático _____		Kgf/cm ²
3.1.6 Pressão de Operação _____		Kgf/cm ²
3.1.7 Temperatura de Operação _____		°C
3.2 Características Construtivas Principais		
3.2.1 Código Adotado	Ex.: ASME SEÇÃO VIII DIV. I	
3.2.2 Tipo de Reservatório		Horizontal
3.2.3 Operação		Pressurizado
3.2.4 Volume Útil Aproximado _____		L
3.2.5 Volume Total Aproximado _____		L
3.2.6 Tampo Superior	Ex.: TAMPO SEMI ELÍPTICO 2:1 R/D =	
3.2.7 Tampo Inferior	Ex.: TAMPO SEMI ELÍPTICO 2:1 R/D =	
3.2.8 Sobre espessura interna _____		mm
3.2.9 Sobre espessura Conformação _____		mm
3.2.10 Sobre espessura Total _____		mm
3.2.11 Densidade do produto _____		Kgf/cm ³
3.3 Atualização da Pressão e Temperatura		
3.3.1 Pressão Interna de Projeto Atualizada _____		Kgf/cm ²
3.3.2 PMTA Atualizada _____		Kgf/cm ²
3.3.3 Pressão Interna de Trabalho _____		Kgf/cm ²
3.3.4 Pressão de Teste Hidrostático Atualizada _____		Kgf/cm ²
3.3.5 Temperatura Interna de Projeto _____		°C
3.3.6 Temperatura Interna de Trabalho _____		°C
3.4 Geometria		
3.4.1 Diâmetro interno (Di) _____		mm
3.4.2 Comprimento total do vaso (C) _____		mm
3.4.4 Relação Di/C _____		
3.4.5 Comprimento corpo do tanque _____		mm
3.5 Materiais		
3.5.1 Tampo frontal	Ex.: AS-285 Grau C	
3.5.2 Costado (Casco)	Ex.: AS-285 Grau C	
3.5.3 Tampo traseiro	Ex.: AS-285 Grau C	
3.6 Características das Juntas		
3.6.1 Tampo frontal	Ex.: Sem Costura	
3.6.2 Tampo frontal – costado	Ex.: Categoria B - Sem Rad. UW- 11 (c) Tipo 1	
3.6.3 Costado – circunferencial	Ex.: Categoria B - Sem Rad. UW- 11 (c) Tipo 1	
3.6.4 Costado – longitudinal	Ex.: Categoria A - Sem Rad. UW- 11 (c) Tipo 1	
3.6.5 Tampo traseiro – costado	Ex.: Categoria B - Sem Rad. UW- 11 (c) Tipo 1	
3.6.6 Tampo traseiro	Ex.: Tampo traseiro Sem Costura	

3.7 Eficiência das Juntas		
3.7.1	Tampo frontal	
3.7.2	Costado – circunferencial	
3.7.3	Costado – longitudinal	
3.7.4	Tampo traseiro	
3.8 Seções do Costado		
3.8.1	Número seções	mm
3.8.2	Comprimento seção _____	
3.9 Espessura		
3.9.1	Tampo frontal	Original: _____ Atual: _____
		mm mm
3.9.2	Tampo traseiro	Original: _____ Atual: _____
		mm mm
3.9.3	Costado	Original: _____ Atual: _____
		mm mm
3.9.4	Aparelho de medição (Ultrassom)	Modelo: _____ Marca: _____
3.10 Acabamento		
3.10.1	Acabamento interno	Ex.: N/A
3.10.2	Acabamento externo	Ex.: Jato + Pintura
4 ITENS OBRIGATÓRIOS		
4.1 Manômetro principal		
4.1.1	Marca	
4.1.2	Diâmetro externo _____	mm
4.1.3	Rosca de conexão _____	BSP
4.1.4	Alcance _____	Ex.: 0 - 20
		Kgf/cm ²
4.1.5	Divisão _____	Ex.: 0,2
		Kgf/cm ²
4.1.6	Numerado em _____	Ex.: 0- 2- 4- 6- 8- 10- 12- 14- 16- 18- 20
		Kgf/cm ²
		Ex.: 0 - 50 - 100- 150- 200 - 250 - 300
		PSI
4.1.7	Classe	
4.1.8	Localização	Ex.: Costado Superior
4.2 Válvula de Segurança		
4.2.1	Quantidade	
4.2.2	Localização	
4.2.3	Tamanho	
4.2.4	Marca	
4.2.5	Tipo de conexão	
4.2.6	Modelo	
4.2.7	Nº de Série	
4.2.8	Tipo	
4.2.9	Pressão de abertura _____	Kgf/cm ²
4.2.10	Pressão de fechamento _____	Kgf/cm ²
4.2.11	Temperatura máxima _____	°C
4.3 Placa de identificação		

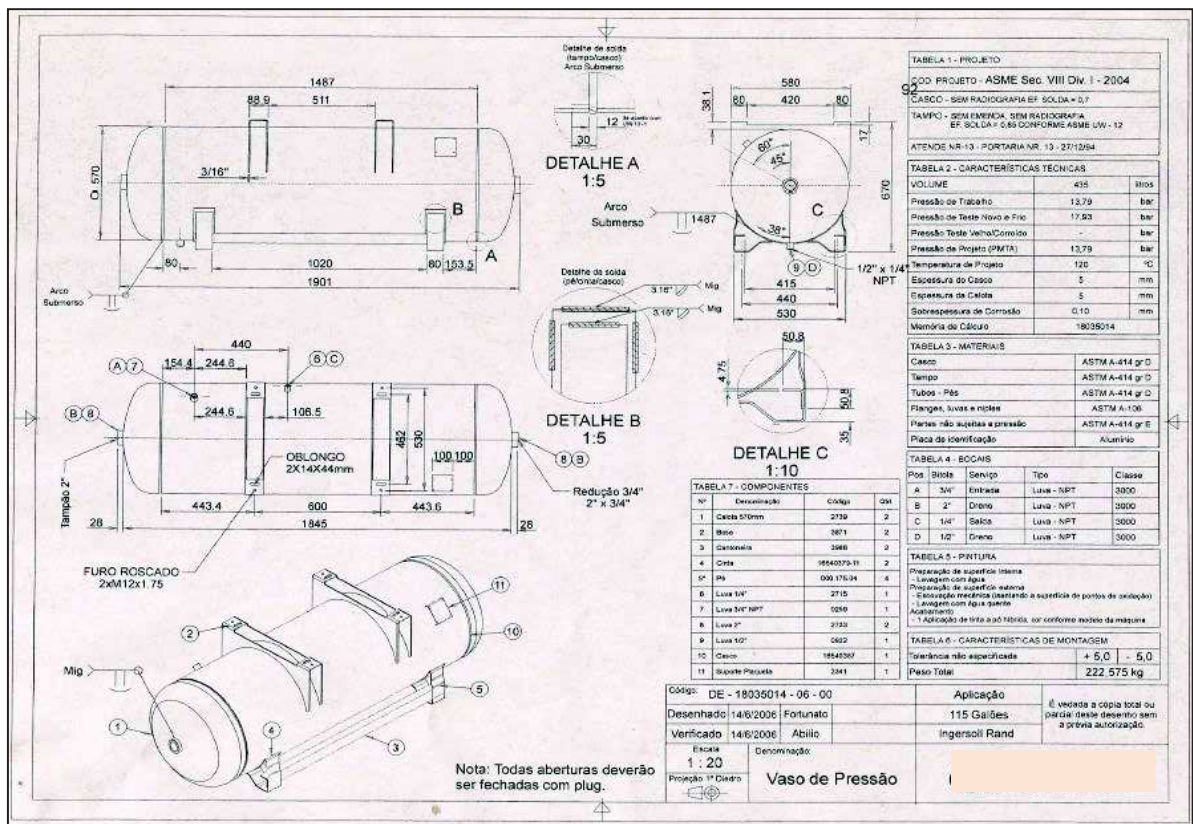
4.3.1	Localização		
4.4.2	Dizeres	MARCA	
		Nº DE SÉRIE	
		VOLUME (m ³)	
		PRESSÃO DE OPERAÇÃO (Kgf/cm ²)	
		PMTA (Kgf/cm ²)	
		PTH (Kgf/cm ²)	
		ANO DE FABRICAÇÃO	
		FABRICANTE	
5	MEMORIAL DE CÁLCULO		
	Descrição do vaso		
	Nº de Série		
	Data Fabricação		
	Dados Técnicos		
	Diâmetro do Casco		
	Comprimento do Casco (s/ calotas)		
	Norma de Projeto		
	Pressão Normal Máxima de Operação _____		Kgf/cm ²
	Pressão de Serviço _____		Kgf/cm ²
	Pressão de Projeto _____		Kgf/cm ²
	Pressão de Teste Hidrostático _____		Kgf/cm ²
	Pressão de Teste Pneumático _____		Kgf/cm ²
	Temperatura de Projeto _____		°C
	Raio Interno _____		mm
	Material do Casco		
	Tensão Admissível do Material		
	Eficiência das Juntas do Corpo (ASME UW 12)		
	Eficiência das Juntas do Casco (ASME UW 12)		
	Sobre espessura de Corrosão _____		mm
	Sobre espessura de Conformação _____		mm
Tanque submetido à Pressão Interna - Cálculo das Espessuras			
	Espessura R/2 _____		mm
Corpo Tensão Circunferencial (UG-27)			
	Check ASME UG-27 (Tensões Circunferenciais)	$P < 0,385SE$	<input type="checkbox"/> Ok <input type="checkbox"/> NOK
	Espessura mínima resistência junta longitudinal	$T = \text{_____}$	mm
	Espessura de Projeto	$T_p = \text{_____}$	mm
	Espessura Adotado	$T_f = \text{_____}$	mm
	Pressão Máxima Admissível Corroído (Junta longitudinal)	$P_{adm.} = \text{_____}$	Kgf/cm ²
Corpo Tensão Longitudinal (UG-27)			
	Check ASME UG-27 (Tensões Longitudinais)	$P_s < 1.25SE =$	<input type="checkbox"/> Ok <input type="checkbox"/> NOK

Espessura mínima resistência junta circunferencial	T= _____	mm
Espessura de Projeto	Tp=_____	mm
Espessura Adotado	Tf= _____	mm
Pressão Máxima Admissível, Corroído (Junta Circunf.)	Padm. = _____	Kgf/cm ²
Tampo Semi-elíptico (UG-32)		
Raio de Abaulamento		mm
Raio de Bordo		mm
Altura interno		mm
M = Relação entre raios	M =	
Espessura de Resistência	T= _____	mm
Espessura de Projeto	Tp=_____	mm
Espessura Adotado	Tf= _____	mm
Pressão Admissível Novo e Frio	Padm. = _____	Kgf/cm ²
Pressão Admissível Corroído e Quente	Padm. = _____	Kgf/cm ²
Cálculo da Espessura sob Pressão Externa (UG-28)		
Pressão externa _____		Kgf/cm ²
Vácuo _____		Kgf/cm ²
Pressão externa de projeto _____		Kgf/cm ²
Diâmetro externo corroído _____		mm
Espessura mínima _____		mm
Comprimento de projeto _____		mm
Pressão máxima externa _____		Kgf/cm ²
6 PREENCHIMENTO		
O preenchimento da presente CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA cabe ao profissional habilitado abaixo assinado, conforme dados coletados e exames realizados no próprio reservatório.		
Qualificação:		
Assinatura:		
Qualquer alteração à presente "CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA" deverá ser mencionada, em anexo, com menção do respectivo preenchimento e assinatura do responsável.		
<u>Cidade</u> , <u>dia de mês</u> de <u>ano</u> .		

4.2 Desenhos do Vaso

O prontuário deve conter um desenho do vaso de pressão trazendo informações sobre a geometria e características construtivas do mesmo, que deverão servir de apoio ao profissional habilitado (PH) que irá realizar as inspeções periódicas no equipamento, assim como servir de informação as áreas de manutenção da empresa quando necessário intervir no equipamento.

Figura 14 - Desenho



Fonte: EHS Engenharia

4.3 Mapa de Espessuras

No processo de reconstituição do prontuário é necessário medir com auxílio de ultrassom a espessura das chapas do costado (casco) e tampos em diferentes pontos distribuídos sobre a superfície dos mesmos, desta maneira é possível a partir da análise do mapa de espessuras encontrado (figura 15), recalcular baseado na menor espessura medida a nova pressão máxima de trabalho admissível (PMTA) e a nova pressão de teste hidrostático (PTH).

Figura 15 – Mapa de Espessuras

EHS ENGENHARIA		Relatório de Medição de Espessuras						
Descrição do vaso: RESERVATÓRIO COMPRESSOR			TAG do equipamento:					
Cliente:			Tipo de Vaso: Horizontal					
Instalação:			Data da medição:					
Dados Técnicos								
Norma fabricação ASME SEC. VIII - DIV. I			Norma de referência: ASME VIII					
Material:			Temperatura do material (°C): Ambiente					
Superfície: Lixada			Acoplante usado: Metil					
Aparelho de Medição								
Fabricante		Modelo		Nº de Série		Observações:		
		115 Galões (425 litros)						
Elementos ensaiados								
Componente	Ponto	Esp. Atual	Esp. Nominal	Componente	Ponto	Esp. Atual	Esp. Nominal	Observações
Calota Dianteira ou Superior	1	5,42	5,00	Lado A	1	5,32	5,00	
	2	5,34	5,00		2	5,72	5,00	
	3	5,70	5,00		3	5,29	5,00	
	4	5,74	5,00		4	5,34	5,00	
	Menor espessura:		5,34		5	5,70	5,00	Menor espessura lado A:
					6	5,74	5,00	5,29
Calota Esquerda ou Inferior	1	5,29	5,00	Lado B	1	5,32	5,00	
	2	5,49	5,00		2	5,66	5,00	
	3	5,35	5,00		3	5,32	5,00	
	4	5,49	5,00		4	5,49	5,00	
	Menor espessura:		5,29		5	5,36	5,00	Menor espessura lado B:
					6	5,49	5,00	5,32
Referência VP Vertical				Referência VP Horizontal				
Lado A		Lado B		Lado A		Lado B		
Obs.: caracterizar lado A e B								
Laudo								
APROVADO <input checked="" type="checkbox"/>		REPROVADO <input type="checkbox"/>		EXAME COMPLEMENTAR <input type="checkbox"/>				
Medido por:		Verificado por:		Cliente:				


Fonte: EHS Engenharia

4.4 Relatório de Teste Hidrostático

4.4.1 Dados do teste hidrostático

No relatório de teste hidrostático (figura 16) deve-se registrar a pressão aplicada ao vaso em cada intervalo de tempo de realização do mesmo, a fim de permitir plotar a curva de pressurização e despressurização a qual foi submetido o vaso de pressão

Figura 16 – Relatório de Teste Hidrostático


 RELATÓRIO DE TESTE HIDROSTÁTICO			
Cliente:			
Equipamento:			
DADOS DO COMPRESSOR			
PMTA (kgf/cm ²):	14,06	Data:	OS.:
Pressão de Teste (kgf/cm ²):	18,28	Temp. Ambiente (°C):	17
<small>NOTA 001</small> <small>REV 2010</small> <small>1,3 x PMTA</small>	<small>REALIZADO</small> <small>(1,3 x PMTA)</small>	CASCO CILINDRICO / CALOTAS ESFÉRICAS	
REGISTRO DE DADOS DO TESTE			
	Medição	Tempo (hora:min)	Pressão (kgf/cm ²)
Início teste	1	10:00	0
	2	10:03	3,7
	3	10:06	7,3
	4	10:09	11,0
	5	10:12	14,6
PH = 1,3 x PMTA	6	10:15	18,28
	7	10:18	18,28
	8	10:20	18,28
	9	10:23	18,28
	10	10:26	18,28
	11	10:29	18,28
	12	10:32	18,28
	13	10:35	18,28
	14	10:38	18,28
	15	10:41	18,28
	16	10:43	18,28
	17	10:46	18,28
Inspeção Extens (PMTA)	18	10:49	14,06
	19	10:52	14,06
	20	10:55	14,06
	21	10:58	14,06
	22	11:01	14,06
	23	11:04	14,06
	24	11:06	11,0
	25	11:09	7,3
	26	11:12	3,7
	27	11:15	0

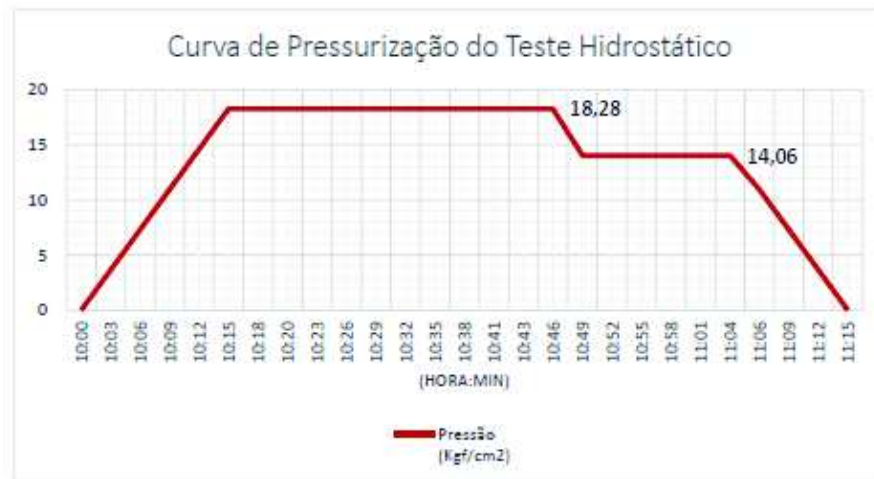
*A pressão identificada refere-se a pressão nominal do

4.4.2 Curva de Pressurização do Teste Hidrostático

Abaixo é possível ver (figura 17), a curva de pressurização e despressurização do teste hidrostático e a pressão aplicada em função do tempo de duração do mesmo.

Figura 17 – Curva de pressurização e despressurização

 RELATÓRIO DE TESTE HIDROSTÁTICO			
Cliente:			
Equipamento:			
DADOS DO COMPRESSOR			
PMTA (Kgf/cm ²):	14,06	Data:	OS.:
Pressão de Teste (Kgf/cm ²):	18,28	Temp. Ambiente (°C):	17
NORMA ASME REV 2010 1,3 x PMTA	REALIZADO (1,3 x PMTA)	CASCO CILINDRICO / CALOTAS ESFÉRICAS	




Fonte: EHS Engenharia

4.4.3 Certificado do Teste Hidrostático

Após finalizado teste hidrostático, e comprovada a integridade das soldas e estanqueidade geral do vaso, o profissional habilitado deve emitir um certificado de teste hidrostático (figura 18) aprovando ou reprovando a utilização do mesmo nas condições em que se encontra.

Figura 18 – Certificado de teste hidrostático

 EHS ENGENHARIA		CERTIFICADO DE TESTE HIDROSTÁTICO			
Descrição do vaso: RESERVATORIO DE AR COMPRIMIDO 435 litros			TAG do equipamento:		
Cliente:			Categoria NR13: V		
Instalação:			Nº de Série:		
Dados Técnicos					
Pressão de projeto (Kgf/cm ²):		14,08	Temperatura de projeto (°C):		
PMTA (Kgf/cm ²):		14,08	Material:		
Desenho:			Código Construção:		ASME SEC. VIII - DIV. I

EXECUÇÃO DO TESTE HIDROSTÁTICO						
Componente do vaso	Pressão do teste (Kgf/cm ²)	Fluido	Temperatura do Fluido (°C)	Temperatura do Metal (°C)	Duração do teste (Min.)	Data do teste
Casco / Tampas	18,28	Água	20 a 30	25 a 30	60	08/09/2016
Tubulação	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Serpentina	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Camisa	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

MANÔMETROS UTILIZADOS NO TESTE HIDROSTÁTICO				
Número	Escala	Nº certificado de calibração	Data de Calibração	Validade de Calibração

Comentários

→O teste não apresentou nenhum vazamento.

→O tempo que o vaso demorou em atingir a pressão de teste, após enchimento por completo de água, foi de 3 minutos, mantidos na pressão de teste por 30 min, sem apresentar vazamento ou anomalias.

RESULTADO DO TESTE HIDROSTÁTICO	
APROVADO <input checked="" type="checkbox"/>	REPROVADO <input type="checkbox"/>

Profissional Habilitado:	CREA:
--------------------------	-------

Fonte: EHS Engenharia

5 DISCUSSÃO

O Capítulo 5 apresentou as informações necessárias à caracterização técnica mínima no processo de requalificação de um vaso de pressão utilizado como reservatório de ar comprimido em compressores industriais, conforme previsto no item 13.5.1.7 da NR-13. Estas informações são necessárias para que o proprietário esteja em conformidade com a norma e devem ser reproduzidas e organizadas por profissional legalmente habilitado.

Estas documentações levantadas no processo de reconstituição do prontuário, assim como o livro de registro de segurança e o relatório de inspeção periódica devem estar sempre à disposição para consulta dos operadores, do pessoal de manutenção, de inspeção e das representações dos trabalhadores e do empregador na Comissão Interna de Prevenção de Acidentes - CIPA, devendo o empregador assegurar pleno acesso a essa documentação inclusive à representação sindical da categoria profissional predominante no estabelecimento, quando formalmente solicitado.

O item 13.5.1.4 da NR-13, trata da placa de identificação. Para os compressores que não a possuírem, deverão tê-la reconstituída e afixada em seu corpo em local bem visível contendo as seguintes informações:

- a) Fabricante (quando identificável);
- b) Número de identificação do equipamento;
- c) Ano de fabricação;
- d) Pressão máxima de trabalho admissível;
- e) Pressão de teste hidrostático de fabricação;
- f) Código de projeto e ano de edição.

6 CONCLUSÕES

Este artigo conseguiu de maneira simples apresentar uma proposta viável de reconstituição do prontuário, ou da requalificação do vaso de pressão de compressores industriais, e desta maneira servir de guia para novos engenheiros que passam a atuar como profissionais habilitados na inspeção de vasos de pressão. Sabemos que na operação destes equipamentos estão associados os mais variados tipos de riscos, onde o de explosão é o mais grave. Portanto é importante

que o proprietário garanta o comprimento na integra do que é recomendado na NR-13, a fim de que se assegure que o vaso de pressão esteja com suas dimensões de espessura de costado (casco) e tampos dentro dos limites recomendados pelo código de construção utilizado pelo fabricante do mesmo. Desta maneira teremos registrado no prontuário do vaso de pressão as informações necessárias para que se realizem as inspeções periódicas, assim como se possa acompanhar a evolução de possíveis alterações estruturais do equipamento que possam a vir a comprometer a segurança durante a operação do mesmo.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 15417 – Vasos de pressão – Inspeção de segurança em serviço.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2006.

ASME, Boiler and Pressure Vessel Code. **Section II – Part D - Properties (Metric) - Materials.** American Society of Mechanical Engineers. New York, 2010.

ASME, Boiler and Pressure Vessel Code. **Section VIII – Division 1 - Rules for Construction of Pressure Vessels.** American Society of Mechanical Engineers. New York, 2010.

BRASIL. **NR-13 Caldeira, Vasos de Pressão e Tubulações.** Disponível em: <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR-13.pdf>. Acesso feito em set/2016.

TELLES, Pedro C. da Silva. **Vasos de Pressão.** 2. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2001.