

PLANO DE INSPEÇÃO DE VASO DE PRESSÃO BASEADO NA NR-13 EM UMA USINA SUCROALCOOLEIRA

INSPECTION PLAN OF PRESSURE VESSEL BASED NR-13 IN A SUGARCANE INDUSTRY

PETERSON ALMEIDA PRATA¹
GLEYSON CARLOS FERREIRA²
CLEITON SILVANO GOULART³

FACTHUS

FACULDADE DE TALENTOS HUMANOS.
UBERABA (MG)

¹ e-mail: peterson.a.prata@gmail.com

² e-mail: gleysoniga@gmail.com

³ e-mail: cleiton.goulart@facthus.edu.br

AUTOR CORRESPONDENTE

CORRESPONDING AUTHOR

CLEITON SILVANO GOULART

FACTHUS - Faculdade de Talentos Humanos

Rua Manoel Gonçalves de Rezende, 230 - Bairro Vila São

Cristóvão - Uberaba/MG

e-mail: cleiton.goulart@facthus.edu.br

RESUMO:

Este artigo apresenta e propõe contribuições técnicas para elaboração de um plano de inspeção em um vaso de pressão de ar comprimido seguindo os critérios da Norma Regulamentadora 13. Por se tratar de um assunto que possui carência de documentação e informação referente à inspeção destes equipamentos que têm apresentado elevados índices de acidentes e que o descumprimento à legislação resulta em sanções rigorosas junto ao ministério público. Este artigo pretende apresentar um estudo de caso com aplicação em uma planta industrial sucroalcooleira, permitindo demonstrar a inspeção e elaboração da documentação necessária para a adequação da norma vigente, garantindo o pleno funcionamento, integridade física e a segurança do equipamento.

PALAVRAS-CHAVES:

Inspeção; Vaso de Pressão; Norma Regulamentadora 13.

ABSTRACT:

This article presents and proposes technical contributions for the elaboration of an inspection plan in a pressure vessel of compressed air based the criteria of Regulatory Standard 13. Because it is a subject has a deficiency of documentation and information regarding the inspection of these equipment's that have presented high accident rates and that noncompliance with the legislation results in strict sanctions with the Public Prosecution Service. This article intends to present a case study with application in a sugarcane plant, allowing demonstrate the inspection and preparation of the necessary documentation for the adequacy of the current norm, guaranteeing the full operation, physical integrity and safety of the equipment.

KEYWORDS:

Inspection, Pressure Vessel, Regulatory Norm 13.

INTRODUÇÃO

Por definição, vasos de pressão são todos os reservatórios de qualquer dimensão, tipo, finalidade, que contêm fluidos e que foram projetados para resistir, com segurança, a pressões internas ou externas. Portanto, o vaso é dimensionado considerando a pressão diferencial resultante entre as paredes. São equipamentos presentes na maioria dos processos (dos mais simples aos mais complexos), utilizados nas grandes indústrias através das ferramentas e máquinas pneumáticas que auxiliam na desmontagem e montagem de componentes, ou até mesmo em pequenas empresas como uma borracharia, bicicletaria ou um consultório.

Muitas das vezes, os vasos de pressão trabalham em regimes ininterruptos, os equipamentos ficam submetidos a condições severas de operação. Por consequência disso, as manutenções são feitas em intervalos longos. Segundo Telles (1996), esses equipamentos formam uma cadeia contínua de processo, de modo que, a falha de um equipamento por qualquer motivo obriga geralmente a interrupção completa da planta.

Desde a época da revolução industrial que ocorreu no Brasil por volta de 1930, ocorreram inúmeros acidentes no ambiente de trabalho. Na década de 70, o Brasil ultrapassou 1,5 milhão de acidentes de trabalho por ano, com pico de 1.920.188 em 1976 (PALMIERI et al, 2011), ficando em primeiro lugar no mundo em número de acidentes.

Com a criação da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) pelo Decreto-Lei Nº 5.452, de 1º de Maio de 1943, sofrendo alteração do capítulo V da CLT pela Lei Nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977, ficou determinado que cabe ao Ministério do Trabalho estabelecer disposições complementares no sentido de segurança e saúde do trabalho. As Normas Regulamentadoras (NRs), foram criadas através de um decreto por parte do Ministério do Trabalho pela portaria Nº 3.214, de 08 de junho de 1978.

A NR 13 foi criada com base nos artigos 187 e 188 da CLT, Seção XII – e legislação complementar pela Portaria MTE Nº 594, de 28 de abril de 2014 - NR13 CALDEIRAS, VASOS DE PRESSÃO E TUBULAÇÕES, estabelece os requisitos técnicos legais relativos à instalação, operação e manutenção desses equipamentos de modo a prevenir acidentes de trabalho.

Infelizmente, muitos setores da indústria não têm compreendido e como consequência, fornecido à devida importância para o significado e conteúdo da NR 13, muitas empresas não possuem a documentação necessária e/ou não estão atualizadas e o mais grave, muitas empresas não fazem inspeções periódicas exigidas pela norma e nem todas conhecem os requisitos básicos de segurança.

Devido a esta situação, as fiscalizações sobre esses equipamentos

são frequentes e rigorosas por parte do Ministério do Trabalho e caso a empresa não possua a documentação adequada exigida pela norma, ela estará sujeita a multas severas. Surge então, a figura do Profissional Habilitado (PH) representado por uma empresa especializada. Este profissional irá verificar todo o contexto entorno do sistema ao qual o vaso de pressão está inserido e instalado, realizando a inspeção e emitindo um laudo, liberando ou não o equipamento para realizar suas atividades.

O presente artigo tem como objetivo demonstrar a inspeção realizada em um vaso de pressão contendo ar comprimido, bem como a elaboração de um relatório a fim de atender às exigências da norma vigente.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo de caso foi realizado em uma empresa sucroalcooleira localizada na região do Triângulo Mineiro. A empresa possui diversos vasos de pressão fundamentais no seu processo, entretanto este artigo irá expor apenas a inspeção realizada em um reservatório de ar comprimido, conforme Figura 1. No Quadro 1, temos as caracterís-

Figura 1: Vaso inspecionado



Fonte: Autores

ticas técnicas do vaso de pressão sob análise. Para a realização da inspeção são necessários os seguintes equipamentos e materiais:

- i. Aparelho para medir espessura da chaparia por ultrassom.
Marca: Instrutherm;
Modelo: ME-260;
Faixa de operação: 1,0 a 200 mm.
- ii. Bomba de Teste Hidrostático
Marca: Rothenberger;

Modelo: Tp 40;

Faixa de operação: 0 A 50 bar.

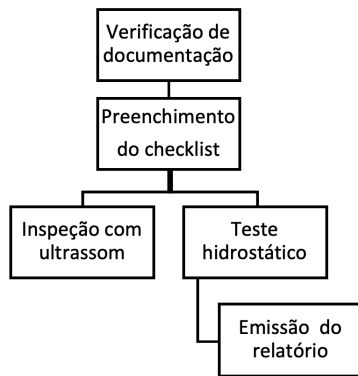
iii. Gel condutor, para utilização do sensor de ultrassom.

iv. Lixa d'água.

v. EPI's (Luva resistente à temperatura, capacete, óculos, bota de segurança com bico de aço, abafador auricular).

A Figura 2, detalha a sequência utilizada para o processo de inspeção. Na primeira etapa da inspeção, deve-se verificar a instalação

Figura 2: Sequência de inspeção



Fonte: Autores

e integridade física do vaso como: estado das chaparias e soldas do casco, calotas, apoios, válvula de segurança, manômetro e demais acessórios; cilindricidade do vaso, perpendicularidade (para vasos verticais), estado físico e estado da pintura e toda documentação referente ao vaso de pressão.

Durante a inspeção visual, deve-se preencher um checklist, como apresentado no Apêndice I, contendo informações sobre itens ins-

Quadro 1: Características Técnicas

FABRICANTE	Tecnomecânica S. A
IDENTIFICAÇÃO	RA-01/A
ANO DE FABRICAÇÃO	1995
PMTA:	13,46 kgf/cm ²
PMTH:	20,19 kgf/cm ²
VOLUME:	0,374 m ³
NORMA DO PROJETO:	ASME VIII Div.1
CALOTA	Toriesférica
DIÂMETRO EXTERNO	496,60 mm
COMPRIMENTO	1800 mm
TARA	N/C
ESPESSURA DO CORPO	4,5 mm
ESPESSURA DA CALOTA	4,6 mm
TIPO DO VASO	Horizontal
FLUIDO DE TRABALHO	Ar comprimido
CLASSE DO FLUIDO	C

Fonte: Autores

talados diretamente no vaso. O checklist deve ser preenchido como APROVADO, REPROVADO ou NAP (não se aplica).

Em seguida, deve-se realizar a inspeção da espessura da chaparia através de aparelho de medir espessura por ultrassom. Adota-se como critério, medir 5 pontos distintos no reservatório de ar comprimido, sendo 3 pontos no corpo central do casco (medindo-se ponto superior, mediano e inferior) e 1 ponto em cada calota.

Para realizar a leitura da espessura por ultrassom, é necessário raspar ou lixar uma pequena área na superfície, expondo o metal cru, para que o ultrassom consiga efetuar a leitura corretamente. Deve ser aplicada uma pequena quantidade de gel na ponta do sensor do aparelho a fim de impedir interferência do meio externo e melhorar a condução do ultrassom para o material do vaso de pressão. Com os valores obtidos realiza-se os cálculos de acordo com os critérios das normas (ASME VIII DIV.1 e Seção 4 da API RP 579) para determinar se o vaso está apto a suportar a pressão para a qual foi projetado e determinar qual a sua vida útil. Todas as equações e resultados encontrados devem ser descritos no memorial de cálculo e constar no relatório de inspeção entregue a empresa.

O vaso deverá ter sua categoria classificada de acordo com o fluido e o grupo potencial de risco, sendo esta categoria utilizada para determinar a próxima inspeção. No Apêndice III encontra-se a tabela com os dados para determinar a categoria do vaso.

Ainda que o Teste Hidrostático (TH) não seja uma exigência legal da NR-13 no processo de inspeção (sendo obrigatório somente no processo de fabricação), poderá ser realizado um teste se o vaso apresentar características duvidosas. O TH é um teste de pressão que é utilizado na estrutura dos vasos de pressão e demais equipamentos que trabalham com pressões interna e externa, como tanques e tubulações, com objetivo de verificar se suas partes poderão oferecer algum risco que possa comprometer a segurança e funcionamento, com o surgimento de vazamentos e rupturas. Para a realização deste teste o equipamento deve estar fora das suas atividades normais (fora de operação). Utiliza-se para este tipo de teste, água em função de:

- grande disponibilidade em indústrias de processamento;
- pequena compressibilidade da água, exige pouca energia e tempo para a elevação da pressão;
- na possibilidade de propagação de uma fratura instável no decorrer da pressurização com ar ou outro fluido compressível, pode ocorrer uma explosão com súbita liberação da energia armazenada, o que não ocorre com a água, já que um pequeno vazamento permite uma queda brusca do carregamento aplicado.

Eleva-se a pressão interna do equipamento às pressões operacionais

estabelecidas no projeto, normalmente até 1,5 vezes a mais que a PMTA (Pressão máxima de trabalho admissível),

O teste é realizado da seguinte maneira:

- Bloqueio elétrico do equipamento e etiquetagem; pelo setor responsável da indústria;
- Isolamento da área com fita zebra;
- Desmontagem de todos os acessórios; (manômetros, pressostatos, válvulas);
- Fechamento todas as saídas do reservatório deixando apenas duas saídas, uma para encher o reservatório com água, e outra para poder efetuar a pressurização
- Preenchimento total do casco do vaso com água.

Em seguida, deve-se conectar uma bomba manual no reservatório e tampar todas as saídas do vaso. Bombear água para gerar a pressão correspondente a pressão máxima de trabalho (PMTA) e manter esta pressão por 5 minutos, em seguida esta pressão é aumentada até a pressão máxima de teste (PMTH), e mantida durante 30 minutos. Durante o teste devem ser observados em todo o vaso de pressão se existem vazamentos. Deve ser tomada especial atenção para os pontos onde existam uniões soldadas. Não sendo detectados vazamentos, é feita a despressurização e a retirada da água do reservatório.

A última parte da inspeção, é a verificação de toda documentação pertinente ao vaso. Segundo a NR 13, as empresas que possuem vasos de pressão em suas instalações devem possuir as seguintes documentações atualizadas e em locais de fácil consulta: Livro Registro de Segurança; Prontuário; Projetos de Alteração ou Reparo; Projeto de Instalação e Relatório de Inspeção.

Ao se adquirir um vaso, o mesmo deverá vir acompanhado de um prontuário. Quando este for extraviado ou inexistente o mesmo deverá ser reconstituído por um Profissional habilitado (PH) ou até mesmo por uma empresa especializada neste ramo. A responsabilidade pela reconstituição deste prontuário é sempre do proprietário do vaso. Para a reconstituição do prontuário é necessário descrever a caracterização do equipamento que consta nos documentos do fabricante junto aos projetos de instalação. Conforme legislação, caso o proprietário não tenha as documentações exigidas ou parte delas, estas deverão ser reconstituídas. Quando não possuir nenhum item, deverá ser reconstituído no mínimo as características funcionais, e dados dos componentes de segurança e o procedimento que determine as PMTA. Esta reconstituição dos documentos do vaso de pressão é de extrema importância para que se tenha os parâmetros operacionais e muito importante no preparo e na execução das atividades de manutenção e inspeção periódica. Caso o prontuário não exista,

deverá ainda ser feito o levantamento de todas as características dimensionais, funcionais e de engenharia para que um novo prontuário seja elaborado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a inspeção visual identificamos que o vaso se encontrava com sua cobertura inadequada, ficando exposto a intempéries, conforme Figura 1. Recomendou-se a montagem de uma cobertura adequada e repintura do reservatório do vaso, a fim de manter a conservação do casco e evitar o surgimento de pontos de corrosão.

Observou-se também que o manômetro estava com defeito, pois o ponteiro indicador de pressão estava travado, não indicando a pressão correta de trabalho. “Segundo item 13.5.1.3, alínea “C”, todo vaso de pressão deve conter instrumento que indique a pressão de operação, instalado diretamente no vaso ou no sistema que o contenha” (NR 13). O não cumprimento deste item constitui risco grave e iminente (RGI).

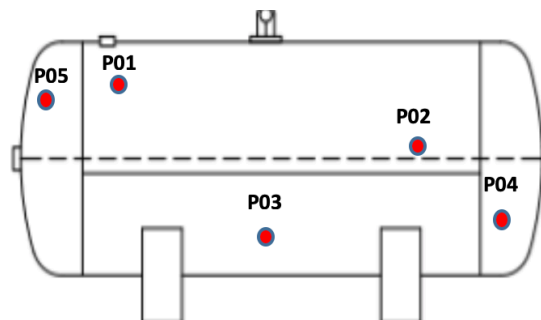
O checklist preenchido para o vaso de pressão poderá ser verificado no [Apêndice I](#).

Foram realizadas medições da espessura da chaparia com aparelho de ultrassom nos pontos de acordo com a Figura 3. Sendo possível obter as seguintes medições de espessuras:

- Ponto 01 – parte superior do casco: 4,7 mm
- Ponto 02 – parte mediana do casco: 4,7 mm
- Ponto 03 – parte inferior do casco: 4,5 mm
- Ponto 04 – calota direita: 4,6 mm
- Ponto 05 – calota esquerda: 4,6 mm

Os cálculos de verificação se a espessura encontrada atende as normas técnicas poderá ser observado no [Apêndice II](#).

Figura 3: Ilustração dos pontos



Fonte: Autores

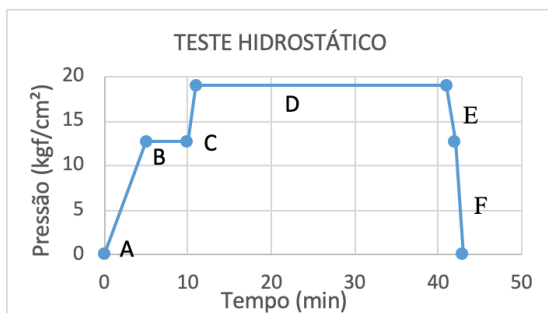
Figura 4: Execução do teste hidrostático



Fonte: Autores

Foi realizado o teste hidrostático conforme o procedimento operacional já descrito, sendo o Quadro 2 a evolução da pressão em função do tempo.

Quadro 2: Resultados obtidos



Fonte: Autores

Na reta (A) pressurizou-se o vaso com uma pressão de 2 a 3 kgf/cm² por min até atingir a PMTA, em seguida, na reta (B), estabilizou-se a pressão de trabalho durante 10 minutos, após este período foi feita uma inspeção da estrutura, solda, integridade geométrica e estanqueidade do vaso. Na reta (C), elevou-se a pressão (1 kgf/cm² por min) até atingir a PMTH. Na reta (D), estabilizou-se a pressão PMTH durante 30 minutos, sendo feita uma observação à distância da estanqueidade e comportamento estrutural do vaso. Na reta (E), foi feita a depressurização (1 kgf/cm² por min) até a PMTA, sendo feita uma inspeção da estrutura, solda, integridade geométrica e estanqueidade do vaso. Por fim, na reta (F), foi feita a depressurização total do vaso (2 a 3 kgf/cm² por min).

Após o tempo pré-estabelecido do TH, efetuou-se uma inspeção visual para detectar se o vaso possuía algum tipo de vazamento. Como o vaso não apresentou falhas, continuou-se com a próxima etapa da inspeção, sendo aprovado no TH.

Na parte documental, o vaso possuía toda documentação necessária,

ficando a cargo do PH apenas a elaboração do relatório de inspeção, onde constaram diversos itens exigidos pela norma, e que foram observados, calculados, e devidamente registrados para poder Aprovar ou Desaprovar o vaso, liberando ou não para à sua utilização. Ao final do relatório de inspeção, foi anexado uma cópia da ART (Anotação de Responsabilidade Técnica) de inspeção, liberando-o para sua plena utilização até próxima inspeção a ser realizada conforme a categoria do mesmo. A sua categoria poderá ser verificada no Apêndice III.

Além do relatório de inspeção, foi necessário realizar a abertura de livro de registro e ocorrência, que é um item da norma que determina que todo vaso de pressão deve possuir um livro tipo ata, com páginas numeradas onde constarão todos os tipos de serviços realizados ao longo da utilização do vaso, seja inspeções, manutenções, alterações e etc, sendo que todas deverão ser registradas e assinadas pelo profissional habilitado responsável, e em alguns casos é necessário a emissão de uma ART.

CONCLUSÃO

Este artigo demonstrou a importância da realização da inspeção externa em um vaso de pressão de ar comprimido e elaboração da documentação necessária conforme exigido pelas normas vigentes, evitando penalidades e acidentes.

Este é um acompanhamento de suma importância para todas as empresas que constitui em seu processo produtivo equipamentos com vaso de pressão, para a sua regularização, controle de sua integridade e segurança.

Este artigo foi realizado de acordo com a norma vigente atual, para futuras inspeções poderão ocorrer melhorias e modificações, sendo necessário estar sempre atualizado com as normas, pois as mesmas passam por revisões e atualizações.

REFERÊNCIAS

- PALMIEI, Aparecido Francisco. **O Papel do SESMT no Auxílio da Gestão de Empresas**, 2011.
- PEREIRA, Jorge dos Santos. **Análise de Efeitos de Teste Hidrostático em Vasos de Pressão**. 2004. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado Profissional, UFSC.
- REGULAMENTADORA, NORMA. **Ministério do Trabalho e Emprego. NR-13-Caldeiras e vasos de pressão**. Brasília, 1995.
- TELLES, Pedro C. Silva. **Vasos de pressão**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1996.

APÊNDICE I - CHECK-LIST

1 - ITENS INSTALADOS DIRETAMENTE NO VASO

Conforme o item 13.6.2 da NR-13 constitui risco grave e iminente a falta de qualquer um dos itens relacionados abaixo:

1.1 - Válvula ou outro dispositivo de segurança com pressão de abertura ajustada em valor igual ou inferior a PMTA, instalada diretamente no vaso ou no sistema que o inclui.

Aprovado Reprovado NAP

1.2 - Dispositivo de segurança contra bloqueio inadvertido da válvula quando esta não estiver instalada diretamente no vaso

Aprovado Reprovado NAP

1.3 - Instrumento que indique a pressão de operação

Aprovado Reprovado NAP

1.4 - Conforme item 13.8.2 da NR13, os instrumentos e controles de vasos de pressão devem ser mantidos calibrados e em boas condições operacionais.

Aprovado Reprovado NAP

1.5 - Conforme item 13.8.2.1 da NR13, constitui condição de risco grave e iminente o emprego de artifícios que neutralizem seus sistemas de controle e segurança.

Aprovado Reprovado NAP

Todo vaso de pressão deve ter afixado em seu corpo em local de fácil acesso e bem visível, placa de identificação indelével com, no mínimo, as seguintes informações:

1.6 - Fabricante

Aprovado Reprovado NAP

1.7 - Número de identificação

Aprovado Reprovado NAP

1.8 - Ano de fabricação

Aprovado Reprovado NAP

1.9 - Pressão máxima de trabalho admissível (PMTA)

Aprovado Reprovado NAP

1.10 - Pressão de teste hidrostático (PTH)

Aprovado Reprovado NAP

1.11 - Código de projeto e ano de edição

Aprovado Reprovado NAP

1.12 - Além da placa de identificação deverão constar, em local visível, a categoria do vaso e seu número ou código de identificação.

Aprovado Reprovado NAP

2 - DOCUMENTAÇÃO E MANUAIS PERTINENTES AO VASO

Todo vaso de pressão deve possuir, no estabelecimento onde estiver instalada, a seguinte documentação devidamente atualizada:

2.1 - Especificação dos materiais (Prontuário)

Aprovado Reprovado NAP

2.2 - Procedimentos utilizados na fabricação, montagem e inspeção final e determinação da PMTA (Prontuário)

Aprovado Reprovado NAP

2.3 - Conjunto de desenhos e demais dados necessários para o monitoramento da sua vida útil (Prontuário)

Aprovado Reprovado NAP

2.4 - Características funcionais (Prontuário)

Aprovado Reprovado NAP

2.5 - Código de projeto e ano de edição (Prontuário)

Aprovado Reprovado NAP

2.6 - Ano de fabricação (Prontuário)

Aprovado Reprovado NAP

2.7 - Categoria do vaso conforme NR13 (Prontuário)

Aprovado Reprovado NAP

2.8 - Dados dos dispositivos de segurança do vaso (Prontuário)

Aprovado Reprovado NAP

2.9 - Registro de segurança

Aprovado Reprovado NAP

2.10 - Projeto de instalação

Aprovado Reprovado NAP

2.11 - Projeto de alteração ou reparo

Aprovado Reprovado NAP

2.12 - Relatórios de inspeções anteriores

Aprovado Reprovado NAP

2.13 - Procedimentos de partidas e paradas

Aprovado Reprovado NAP

2.14 - Procedimentos e parâmetros operacionais de rotina

Aprovado Reprovado NAP

2.15 - Procedimentos para situações de emergência

Aprovado Reprovado NAP

2.16 - Procedimentos gerais de segurança, saúde e de preservação do meio ambiente

Aprovado Reprovado NAP

3 – INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO DO VASO DE PRESSÃO

3.1 - Conforme item 13.7.1 da NR13, todo vaso de pressão deve ser instalado de modo que todos os drenos, respiros, bocas de visita e indicadores de nível, pressão e temperatura, quando existentes, sejam facilmente acessíveis

Aprovado Reprovado NAP

3.2 - Conforme item 13.8.3 da NR13, a operação de unidades que possuam vasos de pressão de categorias "I" ou "II" deve ser efetuada por profissional com "Treinamento de Segurança na Operação de Unidades de Processos", sendo que o não atendimento a esta exigência caracteriza condição de risco grave e iminente

Aprovado Reprovado NAP

3.3 - Local de instalação

Aberto Fechado

3.4 - Período de operação

Diurno Noturno Diurno/Noturno

3.5 - Dispor de pelo menos 2 (duas) saídas amplas, permanentemente desobstruídas e dispostas em direções distintas

Aprovado Reprovado NAP

3.6 - Dispor de acesso fácil e seguro para as atividades de manuten-

ção, operação e inspeção, sendo que, para guarda corpos vazados, os vãos devem ter dimensões que impeçam a queda de pessoas, conforme a NR12 (acessos permanentes)

Aprovado Reprovado NAP

3.7 - Dispor de ventilação permanente com entradas de ar que não possam ser bloqueadas

Aprovado Reprovado NAP

3.8 - Dispor de iluminação conforme normas oficiais vigentes

Aprovado Reprovado NAP

3.9 - Possuir sistema de iluminação de emergência

Aprovado Reprovado NAP

APÊNDICE II - MEMORIAL DE CÁLCULO PARA EFEITO DE ACEITAÇÃO PÓS-INSPEÇÃO

DADOS TÉCNICOS	
Material	ASTM-AS-36
Temp. de trabalho(°C)	25 a 150
Pressão interna do projeto	13,46 kgf/cm ²
Comprimento do corpo do vaso	1800 mm
Diâmetro externo	496,60 mm
Diâmetro interno	487,60 mm
Espessura do corpo	4,5 mm
Espessura do tampo	4,6 mm
Tensão Admissível	114 MPa
Eficiência das Juntas	0,85 * adotada
Normas	ASME VIII DIV. 1 e API RP 579 e 510
Sobre espessura	1,5 * adotado
<i>Validação das formulas usadas: Casco: $t \leq 0,5.R$ ou $P \leq 0,385.S.E$ Tampos: $t \leq 0,356.R$ ou $P \leq 0,665.S.E$</i>	

Legenda:

P: Pressão em MPa

R: Raio interno considerando a espessura medida em mm

S: Tensão admissível na temperatura do projeto em MPa

E: Eficiência da junta

e: Espessura medida em mm

1. Cálculo da pressão máxima de trabalho para a menor espessura encontrada no corpo do vaso				
PMTA	Valor	Unidade	Fórmula Usada	Obs:
	18,03	kgf/cm ²	$PMTA = \frac{S.E.e}{R + 0,6.e}$	PMTA calculada > PMTA de operação, portanto APROVADO
	1,77	MPa		
2. Cálculo da espessura mínima nominal do casco (vaso quente velho) - e. De acordo com a norma ASME seção VIII Div. I - Pressure Vessel Inspection Code				
e	VALOR	UNIDADE	FÓRMULA DE REFERÊNCIA	Obs:
	3,35	mm	$e = \frac{P.R}{S.E - 0,6.P}$	Esp. mínima calculada < que a menor esp. encontrada, portanto APROVADO.
3. Cálculo da espessura mínima nominal dos tampos esféricos				
e	Valor	Unidade	Fórmula Usada	Obs:
	3,33	mm	$e = \frac{P.R}{S.E - 0,1.P}$	Esp. mínima calculada < que a menor esp. encontrada, portanto APROVADO.
4. Cálculo da vida residual do vaso Taxa de corrosão = 0,025mm/ano - classificação baixa (NACE RP-07-75)				
VR	Valor	Unidade	Fórmula Usada	Obs:
	46	anos	$VR = \frac{t_{atual} - t_{mínimo}}{Tc}$	Vida Residual estimada pela taxa de corrosão segundo classificação (NACE RP-07-75). O valor da VR real poderá ser melhor estimado com o uso da taxa de corrosão real obtida nas futuras inspeções

APÊNDICE III - TABELA DE CATEGORIAS DOS VASOS DE PRESSÃO

CLASSE DE FLUIDOS	GRUPO POTENCIAL DE RISCO				
	1 P.V ≥ 100	2 P.V < 100 P.V ≥ 30	3 P.V < 30 P.V ≥ 2,5	4 P.V < 2,5 P.V ≥ 1	5 P.V < 1
	CATEGORIAS				
“A” - Fluido inflamável, combustível com temperatura igual ou superior a 200°C - Tóxico com limite de tolerância ≤ 20 ppm - Hidrogênio - Acetileno	I	I	II	III	III
“B” - Combustível com temperatura menor que 200°C - Tóxico com limite de tolerância > 20 ppm	I	II	III	IV	IV
“C” - Vapor de água - Gás asfíxiante simples - Ar comprimido	I	II	II	IV	V
“D” - Água ou outros fluidos não enquadrados nas classes “A”, “B” ou “C” com temperatura superior a 50°C	II	III	IV	V	V

Legenda:

P: Pressão em MPa
V: Volume em m³

P = 13,46 kgf/cm² = 1,33 MPa

V = 0,374 m³

Fluido: Ar comprimido = C

P.V = 1,33x0,374 = 0,497 => CATEGORIA V