

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS  
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO  
TRABALHO**

**PAULO CÉSAR BRANCO DE MOURA**

**INSPEÇÃO E ADEQUAÇÃO À NR-13 EM *MANIFOLD***

**São Leopoldo**

**2020**

Paulo César Branco de Moura

### **INSPEÇÃO E ADEQUAÇÃO À NR-13 EM *MANIFOLD***

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: **Prof. Me. Ricardo Lecke**

São Leopoldo

2020

# INSPEÇÃO E ADEQUAÇÃO À NR-13 EM *MANIFOLD*

Paulo César Branco de Moura\*

Prof. Me. Ricardo Lecke\*\*

**Resumo:** Este trabalho visa a analisar as etapas de fabricação, condições de instalação e operação do equipamento de vasos de pressão *Manifold*, aplicado para armazenamento de hidrogênio. Ele será utilizado para o arrefecimento de um gerador de energia, que gerará 345 MW de potência utilizando o carvão mineral como combustível de energia em uma usina termoelétrica situada no Estado do Rio Grande do Sul. Esse equipamento é composto por oito vasos de pressão de igual configuração e fabricados pelo método de conformação por forjamento. Com o objetivo de adequação à norma NR-13, o equipamento foi importado pela empresa que fornecerá o hidrogênio a ser armazenado nos vasos, fabricado por uma empresa chinesa. No entanto, os vasos de pressão foram fabricados pelo processo de forjamento por uma empresa egípcia, especializada no método. Inicialmente, foi realizada uma visita na planta para a verificação do equipamento e de toda a documentação de fabricação, atentando-se aos métodos de controle de qualidade por meio dos procedimentos de fabricação e de ensaios não destrutivos empregados, comparando-os com as exigências mínimas de requerimentos da norma de fabricação (neste caso, o código ASME, seção VIII, divisão 1). Depois, foi elaborado um plano de inspeção e testes para a conclusão dos prontuários – a norma NR-13 exige um prontuário para cada vaso e um geral do equipamento. Por se tratar de um equipamento novo e fabricado fora do Brasil, essa foi a primeira edição do prontuário, que tem como base as informações contidas no *data book* fornecido pelo fabricante.

**Palavras-chave:** Vaso de pressão. Inspeção. NR-13.

## 1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho teve como objetivo atender à necessidade de adequação do equipamento *Manifold* as exigências da norma regulamentadora NR-13, com a finalidade de evitar uma condição de Risco Grave Iminente – RGI, para dificultar a ocorrência de acidentes ou doenças relacionada ao trabalho com lesão grave à integridade física dos trabalhadores envolvidos na operação. A empresa em que o

\*Engenheiro Mecânico graduado pela Universidade Luterana do Brasil no ano de 2013. E-mail: [paulomoura2772@gmail.com.br](mailto:paulomoura2772@gmail.com.br).

\*\*Profissional com formação em Engenharia Mecânica, Segurança do Trabalho e Gestor Ambiental desenvolvendo atividades na área de segurança, saúde e meio ambiente desde 2006 com ênfase em indústrias metal mecânica.

autor desta pesquisa trabalha atua como prestadora de serviços na área de controle e garantia da qualidade e conta com um quadro de engenheiros e técnicos conceituados, com vasta experiência e capacitação tecnológica necessárias para a atuação nesse segmento.

Os vasos de pressão representam a categoria de equipamentos de maior importância nas indústrias de petróleo, celulose, papel e petroquímica. Para evitar paralisações não programadas, falhas ou acidentes, diversas técnicas e métodos são utilizadas para inspeção e monitoramento do estado de integridade destes equipamentos. (TELLES, 1996).

Os equipamentos são importados e atendem aos padrões internacionais da norma de fabricação e projeto americana (ASME, seção VIII, divisão 1). Porém, para poderem operar em território brasileiro, é necessária a aprovação do Ministério do Trabalho e, por isso, devem passar por uma adequação para atender aos requisitos mínimos de segurança da norma NR-13. A NR-13 é a norma regulamentadora em âmbito nacional. Apesar disso, não compreende assuntos mais específicos, tais como detalhes de projeto, critérios de aceitação, valores e informações importantes para a elaboração do memorial de cálculo. Por esse motivo, utilizam-se os parâmetros das normas de fabricação do equipamento.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Normas regulamentadoras**

No Brasil, as Normas Regulamentadoras, também conhecidas como NRs, regulamentam e fornecem orientações sobre procedimentos obrigatórios relacionados à segurança e à saúde do trabalhador. Essas normas são citadas no Capítulo V, Título II da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT). A NR-13 (*caldeiras, vasos de pressão, tubulações*), Portaria MTB N°1084 de 28/09/2017, estabelece requisitos mínimos para a gestão da integridade estrutural de caldeiras a vapor, vasos de pressão e suas tubulações de interligação nos aspectos relacionados à instalação, inspeção, operação e manutenção.

## **2.2 Manifold**

*Manifold* é uma palavra da língua inglesa que significa “múltiplo” e se utiliza quando são necessários vários tubos de entrada ou saída de gases derivados de uma única instalação, câmara ou tubo com uma série de entradas ou tomadas usadas para coletar ou distribuir um fluido.

## **2.3 Vaso de pressão**

Conforme definição da Norma Regulamentadora NR-13, vasos de pressão são equipamentos que contêm fluidos sob pressão interna ou externa diferente da atmosférica. Portanto, o nome “vaso de pressão” designa genericamente todos os recipientes estanques, de qualquer tipo, dimensão, formato ou finalidade, capazes de conter fluido pressurizado. (TELLES, 1996). Com essas características, engloba-se uma grande variedade de equipamentos, desde uma panela de pressão de uso doméstico até enormes vasos, reatores nucleares, torres de destilação, aquecedores, entre outros. É válido acrescentar que essa definição se aplica a todos os reservatórios estanques que contenham qualquer tipo de fluido em pressão manométrica igual ou superior a 103 kPa (1,05 kgf/cm<sup>2</sup>) ou submetidos à pressão externa.

Os vasos de pressão geralmente são equipamentos de processo, ou seja, que estão dentro de plantas petroquímicas ou não, mas fazendo parte do processo de transformações físicas e/ou químicas, ou as que se dedicam a armazenagem, manuseio ou distribuição de produtos. Também podem ser encontrados em locais públicos, tais como hospitais, onde é necessária a presença de caldeiras para geração de calor e vapor, e até mesmo compressores para geração de ar comprimido para instrumentos pneumáticos.

Por essas características, a NR-13 orienta e exige que cuidados especiais sejam tomados desde as fases de aquisição, projeto e fabricação até a montagem e a manutenção desses equipamentos. Agregado ao objetivo da NR-13, tem-se que sua aplicação conduz a ações que terão como resultado a proteção do trabalhador em quaisquer situações em que houver, dentro de um processo, produtivo ou não, um vaso de pressão envolvido, a instalação e manutenção em sistema seguro, a observância de aspectos críticos quanto à aplicação do vaso, entre outros.

Conforme a Norma de Caldeiras e Vasos de Pressão (*Boiler & Pressure Vessel Code – BPVC*) da ASME (*American Society of Mechanical Engineers*, ou Sociedade Americana de Engenheiros Mecânicos), que regulamenta o projeto e construção desses equipamentos, vaso de pressão é um recipiente projetado para resistir à diferença entre a pressão interna e a externa. Essa diferença pode ser causada por uma fonte externa, por aplicação de calor de uma fonte direta e indireta. Essa norma é utilizada para a fabricação de vasos em todo o mundo, pois define um padrão seguro na escolha de materiais e técnicas de construção.

## **2.4 Ensaio visual**

Conforme Coppen César (2008), a inspeção por meio do Ensaio Visual é uma das mais antigas atividades nos setores industriais e é o primeiro ensaio não destrutivo aplicado em qualquer tipo de peça ou componente estando associado a outros ensaios de materiais. Utilizando uma avançada tecnologia, hoje, a inspeção visual é um importante recurso na verificação de alterações dimensionais, padrão de acabamento superficial e observação de descontinuidades superficiais visuais em materiais e produtos em geral, tais como trincas, corrosão, deformação, alinhamento, cavidades, porosidades, montagem de sistemas mecânicos e muitos outros. A inspeção de peças ou componentes que não permitem o acesso direto interno para sua verificação (dentro de blocos de motores, turbinas, bombas, tubulações, etc.), utilizam fibra ótica conectada a espelhos ou micro câmeras de TV com alta resolução, além de sistemas de iluminação, fazendo a imagem aparecer em oculares ou em monitores de TV. São soluções simples e eficientes, conhecidas como técnica de inspeção visual remota. Na aviação, o ensaio visual é a principal ferramenta para inspeção de componentes na verificação da sua condição de operação e manutenção. Não existe processo industrial em que a inspeção visual não esteja presente. Simplicidade de realização e baixo custo operacional são características desse método. Mesmo assim, ele requer uma técnica apurada e obedece a sólidos requisitos básicos que devem ser conhecidos e corretamente aplicados.

## 2.5 Medição de espessura por ultrassom

Conforme Santin (2003), a medição de espessura é a utilização mais frequente do ensaio por ultrassom. A importância da medição de espessura por ultrassom deve-se primeiro ao fato de o ensaio não necessitar do acesso à parede oposta para a sua execução, o que permite o acompanhamento do desgaste de um equipamento sem a necessidade da interrupção do seu funcionamento. Isso é extremamente importante no caso de uma refinaria de petróleo, por exemplo, em que os equipamentos chegam a operar durante anos sem interrupções com a segurança garantida pelo ensaio de medição de espessura por ultrassom. O segundo motivo da ampla utilização do ensaio deve-se à simplicidade da sua execução, em que o inspetor com pouco treinamento e experiência profissional pode se habilitar à execução do ensaio. Outro motivo importante é a rapidez na sua execução e obtenção dos resultados, a partir dos quais o inspetor, em poucos segundos, pode determinar a espessura de uma peça.

O aparelho de ultrassom integra circuitos eletrônicos especiais que permitem transmitir ondas ao cristal piezoelétrico através de cabos coaxiais, nos quais pulsos elétricos controlados são transformados em ondas ultrassônicas. Os sinais captados no cristal são vistos na tela em forma de pulsos chamados de ecos, sendo possível regular a amplitude e a posição na tela graduada na qual são demonstradas as discontinuidades no interior do material. A forma para calcular a espessura por meio de ensaio ultrassônico com transdutores retos é dada pela Equação 1:

$$e = \frac{v \cdot t}{2}$$

Onde:

e – espessura do material (mm);

v – velocidade da onda do material (m/s);

t – tempo decorrido de ida e volta da onda (s).

Os equipamentos para medição de espessura por ultrassom podem integrar circuitos digitais ou analógicos. São aparelhos simples que medem o tempo do percurso sônico no interior do material através da espessura, registrado no display o

espaço percorrido, ou seja, a própria espessura. Trabalham com transdutores de duplo cristal e possuem exatidão de décimos ou centésimos de milímetros, dependendo do modelo. Nos transdutores de duplo cristal, dois cristais são incorporados na mesma carcaça separados por um material isolante. Cada um deles funciona somente como emissor e receptor e é indiferente qual exerce determinada função.

Esses aparelhos são extremamente úteis para a medição de espessura de chapas e a estimativa da taxa de corrosão em equipamentos industriais, porém, para a obtenção de bons resultados, é necessária a sua calibração usando blocos com espessuras calibradas e do mesmo material a ser medido, com ajuste correto da velocidade de propagação do som. O instrumento deve ser ajustado para a faixa de espessura a ser medida usando bloco padrão graduado e calibrado, construído com material de mesma velocidade e atenuação sônica do material a ser medido.

A calibração do instrumento para uso deve ser feita usando, no mínimo, duas espessuras do bloco conforme a faixa a ser medida. O equipamento deve ser adequado para indicar a espessura correta das duas graduações selecionadas. Os ajustes devem ser feitos de acordo com instruções do fabricante. Se ambos os valores estiverem corretos, o instrumento estará apto para o uso; caso não seja possível alcançar ambos os valores, o instrumento não deve variar mais que 0,2mm. Se não for possível alcançar os valores, deve-se verificar se o instrumento e o transdutor estão sendo aplicados para a faixa especificada pelo fabricante, assim como se a velocidade sônica no instrumento está corretamente ajustada. (ANDREUCCI, 2014).

## **2.6 Teste hidrostático**

O teste hidrostático consiste na pressurização do vaso com um líquido até o nível de pressão estabelecido no projeto, cujo valor no ponto mais alto do vaso é denominado de pressão de teste hidrostático. O intuito é detectar possíveis vazamentos, falhas, defeitos nas soldas, acessórios e corpo do vaso e analisar a resistência mecânica do material. (TELLES, 1996). De acordo com a NR-13, os vasos de pressão devem ser submetidos a teste hidrostático na sua fabricação,

gerando, assim, um laudo por PH (Profissional Habilitado), e o valor da pressão de teste deve estar afixado na placa de identificação do vaso.

Segundo a ASME VIII div. 1 (2010), a pressão do teste hidrostático citado no parágrafo UG-99 estabelece que equipamentos novos devem ser testados conforme indicado nas Equações 2 e 3:

Para vasos fabricados antes de 1998, utilizar a Equação 2.

$$(2) \quad PTH = 1,5 \times PMTA \times \left(\frac{Sf}{Sq}\right)$$

Para vasos fabricados depois de 1998, utilizar a Equação 3.

$$(3) \quad PTH = 1,3 \times PMTA \times \left(\frac{Sf}{Sq}\right)$$

Onde:

PMTA = Pressão máxima de trabalho admissível (MPa);

Sf = Tensão admissível do material na temperatura de teste (MPa);

Sq = Tensão admissível do material na temperatura de operação (MPa);

PTH = Pressão de teste hidrostático (MPa).

## 2.7 Pressão Máxima de Trabalho Admissível (PMTA)

Conforme a norma ASME VIII div. 1 (2010), Pressão Máxima de Trabalho Admissível (PMTA) é “o maior valor permissível para pressão, medida no topo do vaso, na sua posição normal de trabalho, na temperatura correspondente à pressão considerada, tornando-se o vaso como a espessura corroída”. Logo, essa pressão é a pressão que causa, na parte mais fraca do vaso, uma tensão igual à tensão admissível do material, ou seja, será o menor dos valores da PMTA das várias partes do vaso. Geralmente, a PMTA é usada para a pressão de abertura de válvulas de segurança. A forma para calcular a PMTA é dada pela Equação 4.

$$PMTA = \frac{S.E.t}{R+0,6.t}$$

Onde:

PMTA = Pressão máxima de trabalho admissível (MPa);

S = Tensão admissível do material (MPa);

E = Eficiência da junta;

t = Espessura real (mm);

R = Raio interno do cilindro (mm).

## 2.8 Mínima espessura de parede de um vaso de pressão

Conforme a norma ASME VIII div. 1 (2010), a espessura mínima exigida no reservatório sob pressão interna não deve ser inferior à calculada por equação. Os símbolos definidos abaixo são usados na equação.

E = Eficiência da junta;

P = Pressão interna do projeto (MPa);

R = Raio interno do reservatório (mm);

S = Valor máximo de tensão permitido (MPa);

t = espessura mínima exigida do reservatório (mm).

Os reservatórios cilíndricos, a espessura mínima ou a pressão de trabalho máxima admissível dos reservatórios cilíndricos devem ser a maior espessura ou a menor pressão. Tensão circunferencial (juntas longitudinais), quando a espessura não excede a metade do raio interno, ou P não excede  $0,385SE$ , aplicam-se as seguintes equações:

$$t = \frac{P.R}{S.E - 0,6.P} \quad \text{OU} \quad P = \frac{S.E.t}{R + 0,6.t}$$

## 2.9 Segurança

Deve-se ter muita atenção quanto aos riscos em potencial do vaso de pressão e suas instalações. Existe a necessidade da escolha correta do material, o qual deve oferecer o máximo em segurança, citando os equipamentos que vão trabalhar com fluidos inflamáveis, tóxicos, explosivos ou de temperatura e pressão muito elevadas. Os equipamentos com baixo ponto de fusão não podem ser empregados à prova de fogo. (TELLES, 1996).

## **2.10 Dispositivos de alívio de pressão**

Conforme Telles (1996), todos os vasos de pressão, independentemente das suas dimensões, finalidade ou pressão de projeto, devem ser protegidos por dispositivos de alívio de pressão. Essa exigência é comum a todas as normas de projeto de vasos de pressão, sendo estes instrumentos do equipamento e não parte dele, não sendo responsabilidade do projetista ou do fabricante. Esses dispositivos utilizados para proteção nos equipamentos dispõem de mola, pino, orifícios de passagem de ar e argola que possibilita o acionamento manual da válvula, com a finalidade de verificar se ela está em perfeitas condições de operação.

As normas exigem que os dispositivos de alívio de pressão não permitam que a pressão ultrapasse o valor da pressão máxima de trabalho admissível em nenhum ponto no interior do vaso de pressão. A NR-13 define a válvula de alívio como sendo um dispositivo automático de alívio de pressão, com uma abertura progressiva e proporcional ao aumento de pressão acima da pressão de abertura.

Para Groehs (2002), os dispositivos de alívio de pressão devem ser obrigatoriamente instalados na parte superior do vaso e em locais de fácil acesso para inspeção e manutenção e que, entre o vaso e esses dispositivos, não haja nenhuma válvula ou qualquer outro material que gere a obstrução.

## **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.1 Materiais**

Esses vasos foram construídos com aço liga carbono para vasos forjados com paredes finas de especificação ASTM SA-372 Grau E Classe 70, conforme o Apêndice 22 do ASME VIII div. 1 – Vasos Integralmente Forjado, item 22-3 (a) (2010), que solicita que a Pressão Máxima de Trabalho Admissível seja  $\frac{1}{3}$  da mínima resistência à tração do material, conforme especificações da seção II.

Em pesquisa à seção II do código ASME, foi verificado que a resistência mínima a tração desse material é de 825 Mpa, sendo assim,  $\frac{1}{3}$  de 825Mpa é 275Mpa. Portanto, esse é o valor adotado para a definição da PMTA dos vasos.

## 3.2 Métodos

Com base nas informações supracitadas, foi elaborado o memorial de cálculo conforme norma ASME VIII div. 1, capítulo UG-27 (2010).

### 3.2.1 Cálculo da Pressão Máxima de Trabalho Admissível (PMTA)

Conforme a norma ASME VIII Div.1 apêndice 22 – Vaso forjado individualmente (2010), para calcular a PMTA, utiliza-se a Equação 4 (UG-27):

$$(4) \quad PMTA = \frac{S \cdot E \cdot t}{R + 0,6 \cdot t} \quad \rightarrow \quad PMTA = \frac{275,1 \cdot 16,5}{263 + 0,6 \cdot 16,5} \quad \rightarrow \quad PMTA = 16,6 \text{ MPa}$$

Onde:

PMTA = Pressão Máxima de Trabalho Admissível (MPa);

S = Tensão admissível do material (MPa);

E = Eficiência da junta;

t = Espessura real (mm);

R = Raio interno do cilindro (mm).

### 3.2.2 Cálculo da mínima espessura de parede

Conforme a norma ASME VIII Div.1 apêndice 22 – Vaso forjado individualmente (2010), para calcular a mínima espessura de parede, utiliza-se a Equação 5 (UG -27).

$$(5) \quad t = \frac{P \cdot R_o}{SE - 0,6 \cdot P} \quad \rightarrow \quad t = \frac{16,6 \cdot 263}{275,1 - 0,6 \cdot 16,6} \quad \rightarrow \quad t = 16,5 \text{ mm}$$

Onde:

t = Espessura calculada do casco (mm);

S = Tensão admissível (MPa);

E = Eficiência da junta (E=1);

R<sub>o</sub> = Raio externo do casco (mm);

P = Pressão interna de projeto (MP).

### 3.2.3 Instalação do vaso de pressão

Todo vaso de pressão deverá possuir, no estabelecimento onde estiver instalado, toda a sua documentação devidamente atualizada, incluindo o prontuário do vaso de pressão a ser fornecido pelo fabricante, contendo o código do projeto e ano de edição, especificação dos materiais, procedimentos utilizados na fabricação, montagem e inspeção final e dados dos dispositivos de segurança atualizados pelo empregador sempre que alterados os originais. É importante salientar que, quando inexistente ou extraviado, o prontuário do vaso de pressão deve ser reconstituído pelo empregador, com responsabilidade técnica do fabricante ou de profissional habilitado, sendo imprescindível a reconstituição das premissas de projeto, dos dados dos dispositivos de segurança e da memória de cálculo da PMTA.

Quanto a sua instalação, todo vaso de pressão deverá ser instalado de modo que todos os drenos, respiros, bocas de visita e indicadores de nível, pressão e temperatura, quando existentes, sejam facilmente acessíveis. No caso de vasos instalados em locais fechados, a instalação deverá dispor de duas saídas amplas, permanentemente desobstruídas, sinalizadas em direções distintas. Muito importante também dispor de acesso fácil e seguro para as atividades de manutenção, operação e inspeção. A ventilação e a iluminação, assim como a iluminação de emergência para o caso de necessidade de fuga, são outros fatores que deverão ser avaliados, pois têm suma importância na segurança das pessoas envolvidas na operação.

A operação adequada dos vasos é fator fundamental para a segurança dos equipamentos e das pessoas envolvidas em sua operação. Para isso, estes devem estar em bom estado de conservação, com os instrumentos de controle em perfeito funcionamento e devidamente calibrados.

### 3.2.4 Inspeção de segurança

Os vasos de pressão devem ser submetidos a inspeção de segurança inicial, periódica e extraordinária. A inspeção de segurança inicial deve ser feita em vaso de pressão novo, antes de sua entrada em funcionamento, no local definitivo de sua instalação. Os vasos de pressão devem obrigatoriamente ser submetidos a teste hidrostático em sua fase de fabricação, com comprovação por meio de laudo

assinado por PH (Profissional Habilitado), e ter o valor da sua pressão de teste registrado em suas placas de identificação. No caso de equipamentos mais antigos, antes mesmo de a NR-13 entrar em vigor, eles deverão ser submetidos a TH (Teste Hidrostático) na próxima inspeção de segurança periódica.

#### 3.2.5 Livro ou registro de segurança

É um livro de registros, com páginas numeradas, em que são registradas todas as ocorrências importantes capazes de influir nas condições de segurança do vaso de pressão; é o lugar no qual se tem histórico e registros das ocorrências de inspeções ou de anormalidades durante a operação de caldeiras e vasos de pressão. É executado por PH ou por pessoal de operação, inspeção ou manutenção diretamente envolvido.

#### 3.2.6 Relatório de inspeção

O relatório de inspeção deve ser elaborado em páginas numeradas, contendo, no mínimo: identificação do vaso de pressão, fluidos de serviço e categoria do vaso de pressão, tipo do vaso, data do início e término da inspeção, tipo de inspeção executada, descrição dos testes executados, resultados das inspeções, parecer conclusivo, recomendações e providências necessárias, data prevista para próxima inspeção, nome legível, assinatura e número de registro no conselho do profissional habilitado.

#### 3.2.7 Plano de inspeção

Conforme exigido pela norma regulamentadora NR-13, foram solicitados documentação do equipamento, relatório de teste hidrostático, material, certificados de manômetro e válvulas. Não havia prontuário do equipamento por se tratar de um equipamento importado.

A partir dessa documentação, foi elaborado um plano de teste conforme normas aplicáveis. Nesse plano de teste, foi definido para o equipamento realizar os seguintes ensaios:

- a) Memorial de cálculo;
- b) Ensaio visual;

- c) Medição de espessura por ultrassom;
- d) Calibração nas válvulas de segurança;
- e) Calibração nos manômetros.

### 3.2.8 Ensaio visual

Apesar de simples e de baixo custo, o ensaio visual é de grande importância, pois, por meio de um ensaio visual realizado corretamente, podem-se obter informações das condições reais de um equipamento, apesar de limitar-se à uma análise superficial, conforme a Figura 1.

**Figura 1 – Instalação dos *Manifold* com os vasos de pressão**

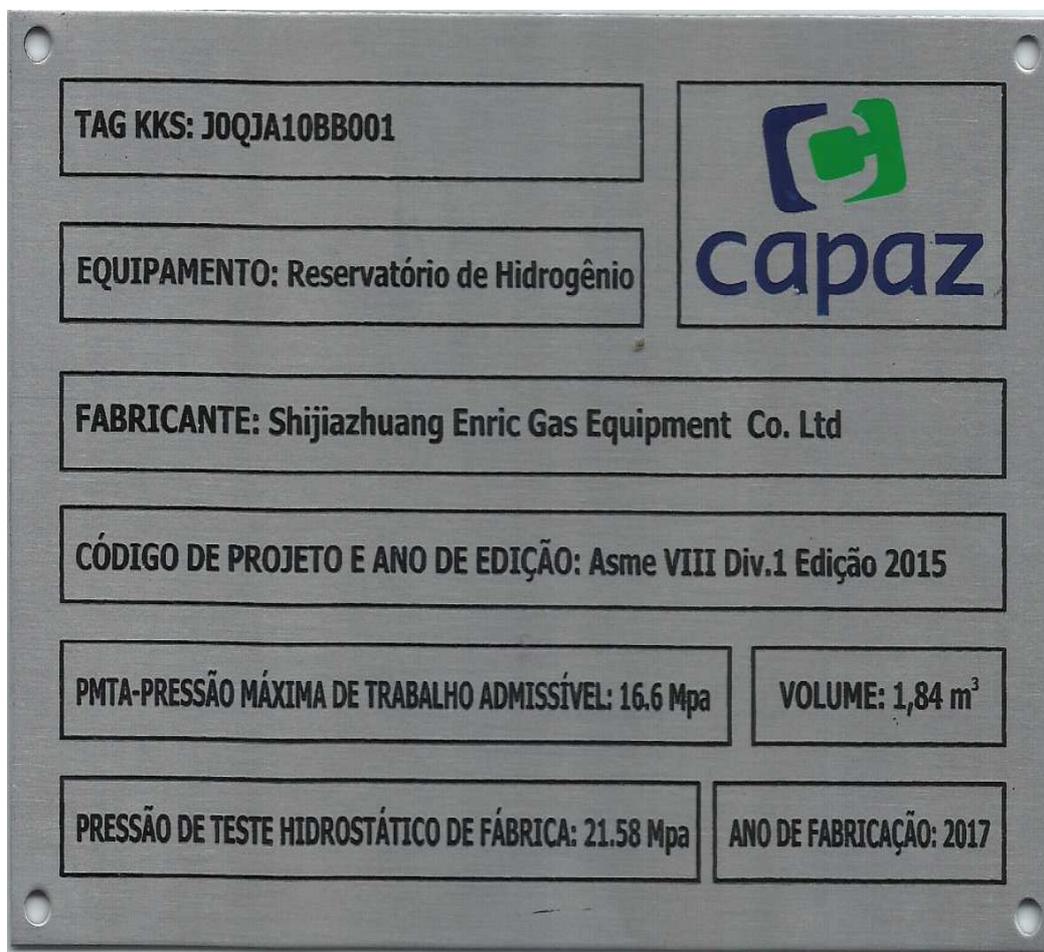


**Fonte:** O autor (2020).

### 3.2.9 Identificação dos vasos de pressão

Segundo a norma regulamentadora, todo vaso de pressão deverá ter afixado em seu corpo, em local de fácil acesso e bem visível, placa de identificação com, no mínimo, as seguintes informações: fabricante, número de identificação, ano de fabricação, Pressão Máxima de Trabalho Admissível, pressão de teste hidrostático de fabricação, código de projeto e ano de fabricação, além da categoria do vaso, como mostra a Figura 2.

**Figura 2 – Placa de identificação do reservatório de hidrogênio emitida pela CAPAZ**



**Fonte:** O autor (2020).

### 3.2.10 Informações do equipamento

- Descrição do equipamento: Reservatório de Hidrogênio

- Código do projeto: ASME VIII DIV.1
- Fabricante: Shijiazhuang Enric Gas Equipment Co.Ltd
- TAG do Equipamento: JOQJA10BB001
- Categoria NR-13: I
- Material do corpo: SA-372 Gr.E Cl.70
- Pressão de operação: 15 MPa
- Pressão do TH: 21,58 MPa
- Pressão PMTA: 16,6 MPa
- Temperatura do projeto: 95 °C
- Temperatura de trabalho: -29 °C ~ 60 °C
- Fluido: H2
- Capacidade nominal: 1,84 m<sup>3</sup>
- Diâmetro: 559,00 mm
- Comprimento: 8990 mm
- Espessura nominal: 16,5 mm
- Ano de fabricação: 2017
- Ano de instalação: 2018

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 Definição da categoria dos vasos**

A partir dos valores encontrados, pode-se definir se estes se aplicam à norma ou não. Conforme item 13.1.2.1 (NR-13), o vaso de pressão deverá satisfazer os seguintes itens:

- ✓ 13.1.2.1b) O produto P.V deverá ser superior ou igual a 8 (oito), onde P é a pressão máxima de operação em KPa, e V o seu volume interno em m<sup>3</sup>;
- ✓ 13.1.2.1c) Vasos de pressão que contenham fluido da classe A, especificados no item 13.5.1.2, alínea "a)", independentemente das dimensões e do produto P.V;
- ✓ 13.1.2.1d) recipientes móveis com P.V superior a 8 (oito) ou com fluido da classe A, especificados no item 13.5.1.2 alínea "a)".

De acordo com a NR-13, os fluidos são divididos por classes, de acordo com a Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 - Classificação dos fluidos

**13.5.1.2.** Para efeito desta NR, 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;
- combustível 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.

**Fonte:** NR-13 (2010).

Os vasos de pressão são classificados em grupos de potencial de risco em função do produto P.V, conforme a Tabela 2, sendo:

- GRUPO 1 -  $P.V \geq 100$ ;
- GRUPO 2 -  $P.V < 100$  e  $P.V \geq 30$ ;
- GRUPO 3 -  $P.V < 30$  e  $P.V \geq 2,5$ ;
- GRUPO 4 -  $P.V < 2,5$  e  $P.V \geq 1$ ;
- GRUPO 5 -  $P.V < 1$ .

Tabela 2 - Categorias dos vasos

Classe de Fluido	Grupo de 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				
<b>A</b> - 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>B</b> - Fluidos combustíveis com temperatura menor que 200 °C - Fluidos tóxicos com limite de tolerância > 20 ppm	I	II	III	IV	IV
<b>C</b> - Vapor de água - Gases asfixiantes simples - Ar comprimido	I	II	III	IV	V
<b>D</b> - Outro fluido	II	III	IV	V	V

Fonte: NR-13 (2010).

O fluido armazenado é hidrogênio, classe A, com grupo de risco 2, pois sua  $P.V \geq 30$ , portanto, se enquadra na categoria I.

$$16,6 \text{ Mpa} \times 1,84 \text{ m}^3 = 30,5$$

Onde:

P = é o valor determinado pelo fabricante do vaso, calculado (PMTA), MPa.

V = volume do vaso, m<sup>3</sup>.

#### 4.2 Resultado do teste hidrostático

O teste hidrostático (TH) foi realizado pelo fabricante dos vasos utilizando 1,3 vezes a pressão máxima de trabalho admissível, atendendo às especificações da

seção VIII div. 1 do código ASME (2010), com uma pressão inicial de 16,6 MPa, durante 5 minutos. Depois, a pressão foi elevada para 21,58 MPa durante 30 minutos e, em seguida, retornou a 16,6 MPa por mais 5 minutos, não apresentando vazamentos e não deformando a estrutura dos vasos. O teste foi aprovado conforme relatório disposto no Anexo A.

### **4.3 Resultado dos ensaios não destrutivos**

4.3.1 Foram realizadas duas modalidades de ensaios não destrutivos nos vasos: ensaio visual e ensaio por medição de espessura.

4.3.1.1 O ensaio visual foi executado em toda a superfície externa dos vasos, com o objetivo de detectar qualquer irregularidade que pudesse indicar alguma descontinuidade.

4.3.1.2 O ensaio de medição de espessura por ultrassom teve o objetivo de avaliar se os vasos atendiam aos requisitos de espessuras mínimas definidas pelo projeto, já que foram fabricados pelo método de forjamento, que, normalmente, não proporciona uma espessura uniforme, principalmente na conformação das extremidades do vaso. O relatório encontra-se no Anexo B.

### **4.4 Resultado de calibração dos dispositivos de segurança**

#### **4.4.1 Válvulas de segurança**

Conforme o item 13.5.1.3 (NR-13), para satisfazer os critérios de conformidade dessa norma, os vasos de pressão devem estar dotados dos seguintes itens:

- a) Válvula ou outro dispositivo de segurança com pressão de abertura ajustada em valor igual ou inferior a PMTA, instalado diretamente no vaso ou no sistema que o inclui, considerados os requisitos do código de projetos relativos a aberturas escalonadas e tolerâncias de calibração;
- b) Meios utilizados contra o bloqueio inadvertido de dispositivo de segurança quando este não estiver instalado diretamente no vaso.

No vaso de pressão, havia dispositivo de segurança. Mesmo assim, foi exigida uma nova válvula de segurança calibrada, compatível com a pressão igual a sua PMTA. As válvulas de segurança foram retiradas e encaminhadas ao laboratório de calibração da empresa Megasteam em Porto Alegre, foram submetidas a pressão em uma bancada de testes e calibradas para abrirem quando atingissem a PMTA, de acordo com o relatório presente no Anexo C.

#### 4.4.2 Manômetros

Segundo o item 13.5.2.1 (NR-13), todo vaso de pressão deve possuir indicador de pressão e estar em local visível e de fácil acesso, como mostra a Figura 3.

Os manômetros devem estar calibrados e certificados com prazo de validade de três meses; o dispositivo de conexão do manômetro terá bloqueio que permita a sua substituição sem precisar despressurizar o equipamento. O valor máximo da escala dos manômetros deve estar situado entre 1,5 e 4 vezes a pressão de teste e, preferencialmente, ser o dobro dessa pressão. A menor divisão da escala não deve exceder 5% da indicação máxima da escala.

Os manômetros foram retirados e encaminhados à empresa WG Metrologia em Sapucaia do Sul, foram testados e calibrados conforme o Anexo D.

**Figura 3 – Manômetros instalados no equipamento**



Fonte: O autor (2020).

## 5 CONCLUSÃO

Após todos os testes realizados e toda a documentação referente aos métodos de fabricação serem avaliados e aprovados, o equipamento foi colocado em operação com total segurança. Foram constituídos prontuários e estabelecidos os prazos para as inspeções periódicas e manutenções, assegurando, assim, que o equipamento não oferecerá situações que constituam Risco Grave e Iminente – RGI e coloquem em risco a vida de operadores e pessoas próximas ao local de seu funcionamento. É de suma importância atentar-se a procedimentos e medidas de segurança relacionadas a esse tipo de equipamento.

Pela solicitação do cliente, parecia um serviço pouco complexo de se realizar, mas, devido à falta do prontuário e por ser tratar de um equipamento importado e não estar adequado à norma NR-13, o procedimento se tornou complexo.

Com a análise da documentação e com as inspeções realizadas no equipamento, este foi considerado apto para operação, atendendo aos requisitos mínimos de segurança da norma NR-13.

## REFERÊNCIAS

ANDREUCCI, Ricardo. **Ensaio por Ultrassom**. Ed. Maio 2014.

COPPEN, César. **Ensaio visual**. 2008.

CAMPOS, Márcia Aparecida. Estudo das instalações e operações de caldeira e vasos de pressão de uma instituição hospitalar, sob análise de NR-13. UNESC, 2011.

GROEHS, A. G. Resistência dos Materiais e Vasos de Pressão. 2 ed. São Leopoldo: UNISINOS, 2002.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. NR 13: Caldeiras, vasos de pressão e tubulações. PORTARIA N.º 1.084, DE 28 DE SETEMBRO DE 2017

SANTIN, Jorge Luiz. **Ultrassom: Técnica e aplicação**. 2 ed. Curitiba/PR,2003.

TELLES, P.C.S. **Vasos de pressão**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: Editora LTC, 1996.

THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. ASME **Boiler and Pressure Vessels Code** - Rules for Pressure Vessels - Sec. VIII - Div.1. New York, 2010.

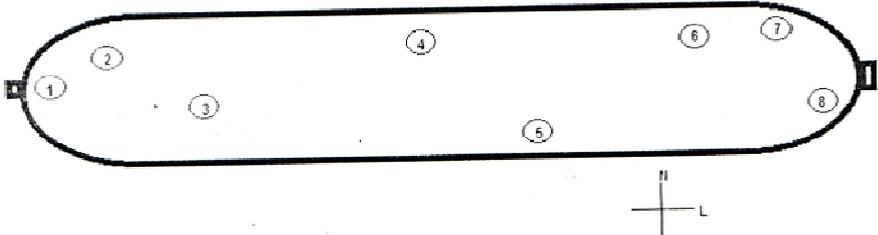
# ANEXO A – RELATÓRIO DE TESTE HIDROSTÁTICO

QR-JY05-35  
Rev.No.:00

压力试验检验记录 Pressure Test Record		文件号 Doc. No. :SY 1702191-1			
制造编号 Eng. No.	17.PZ191-1	产品名称 Product Name	储气瓶组	图号 Drawing No.	PZ191-00
试验部位 Test Position	储气瓶组管路	试验日期 Test Date	2017.5.26	工艺过程卡编号 Process No.	/
压力表编号 P. G. No.	PP1925 PP1926	压力表量程 P. G. Measure Range	0-60MPa	压力表有效日期 P. G. period due date	2017.9.23 2017.9.23
压力表精度等级 P. G. Accuracy	1.6	压力表盘直径 P. G. Panel Dia.	100mm	试验介质 Medium	水
氯离子含量 mg/L CL- Percent	13.55	试验温度℃ Test Temp.	28±	介质温度℃ Medium Temp.	25±
设计要求 压力试验 曲线 Pressure Test Curve as required by design					
实际 压力试验 曲线 Actual Test Curve					
备注 Notes					
合格要求 Accepted Stan	无渗漏；无可见的异常变形；试验过程中无异常响声。 During the test, no leaks, no visible abnormal distortion and no abnormal noise occur.				
结论 Result	<input checked="" type="checkbox"/> 合格 Acceptable <input type="checkbox"/> 不合格 Not Acceptable				
操作者/日期 Operator / Date	张圣兴 17.5.26	检查/日期 Examiner / Date	苏文俊 17.5.26		
压力试验责任师/日期 Responsible Pressure Engineer / Date			第三方/日期 The Third Party / Date		

P. G.: Pressure Gauge

## ANEXO B – RELATÓRIO DE MEDIÇÃO DE ESPESSURA

 <p><b>capaz</b> Referência em Controle de Qualidade</p>	<b>RELATÓRIO DE REGISTRO DE MEDIÇÃO DE ESPESSURA POR ULTRASSOM</b>				Rel.: 001/2018
					Folha: 01/01
					Data: 05/09/2018
Cliente: <b>WHITE MARTINS</b>		Local/Obra: <b>UTE PAMPA SUL</b>			
Procedimento: <b>CZP 009</b>		Rev.: <b>00</b>		Material: <b>ASTM A372 Grau E Classe 70</b>	
Norma de Referência: <b>ASME V</b>		Rev.: <b>2007</b>		Temperatura da peça: <b>Ambiente</b>	
Condição superficial: <b>Pintado</b>			Acoplante: <b>CARBOXIMETIL CELULOSE</b>		
Bloco calibração: <b>Bloco V1</b>			Bloco calibração: Identificação: <b>CZE 0037</b>		
<b>APARELHO</b>			<b>CABEÇOTE</b>		
Fabricante	Modelo	N° Série	Fabricante	Modelo	N° Série
MODSONIC	EISTEN-II	E2665-0910	GE	MSEB4H	57665
<b>IDENTIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS ENSAIADOS</b>					
<b>DENOMINAÇÕES SKID – ESTAÇÃO HIDROGÊNIO</b>					
Tubo	Ponto	Esp. Atual	Esp. Nom inal	Esp. Calib.	Observações:
612 51501302	01	35	16,5 mm	12,5/25	
	02	20	16,5 mm	12,5/25	
	03	19,5	16,5 mm	12,5/25	
	04	20	16,5 mm	12,5/25	
	05	18,5	16,5 mm	12,5/25	
	06	21	16,5 mm	12,5/25	
	07	20	16,5 mm	12,5/25	
	08	35	16,5 mm	25/50	
					
LAUDO: <input checked="" type="checkbox"/> APROVADO <input type="checkbox"/> REPROVADO <input type="checkbox"/> EXAME COMPLEMENTAR					
<b>INSPECTOR</b> FLÁVIO BONZETTI DE OLIVEIRA SNOC 10781      US-N2-S4,S2.1 DATA: 05/09/2018		<b>RESPONSÁVEL TÉCNICO</b> CAPAZ INSPECÇÕES LTDA DATA: 05/09/2018 Responsável Técnico CR-24-RS 162.421-D		<b>CLIENTE/FISCALIZAÇÃO</b> DATA:	

# ANEXO C – RELATÓRIO DE CALIBRAÇÃO DA VÁLVULA DE SEGURANÇA



## Relatório de Ensaio Nº4292/2018

### 1. Dados do Cliente

Cliente: Capaz Inspeções Ltda. - Canoas/RS  
Endereço: Rua Liberdade - Marechal Rondon  
Solicitante: Capaz Inspeções Ltda. - Canoas/RS  
Endereço: Rua Liberdade - Marechal Rondon

### 2. Dados do Instrumento Ensalado

Instrumento:	Válvula de Segurança	Bitola:	3/4" X 1"	Identificação:	WEK 2817
Fabricante:	DK LOK	Castelo:	Fechado	Pressão de Abertura:	169,2 kgf/cm <sup>2</sup>
Modelo:	V64	Fluido de Trabalho:	ÓLEO	Ordem de serviço:	000444/2018
Nº de série:	178275	Local do Ensaio:	Laboratório	Data do Ensaio:	24/08/2018

### 3. Dados do Ambiente

Temperatura: 18,8 ± 4°C Umidade Relativa: 74 ± 20%

### 4. Padrões Utilizados

Tag	Descrição	Certificado	Rastreabilidade	Validade
MS PI 175	Manômetro	RBC/04350	Megasteam Inst. & Mec LTDA.	30/06/2019
MS TH 022	Termohigrômetro	76051918	METROSUL	31/07/2020

### 5. Procedimento

O Ensaio foi realizado conforme procedimento PRT-047-D - Ensaio realizado em três ciclos para os valores correspondentes a abertura, fechamento e vedação da válvula sendo que os valores foram obtidos através de comparação com um instrumento padrão, nas condições especificadas neste relatório.

### 6. Resultados do Ensaio

	Resultados Obtidos Durante o Ensaio (kgf/cm <sup>2</sup> )		
	Primeiro Ensaio	Segundo Ensaio	Terceiro Ensaio
Pressão de Abertura	169,2	169,2	169,2
Pressão de Fechamento	164,0	164,0	164,0
Pressão de Vedação	154,0	154,0	154,0

### CARACTERÍSTICAS METROLÓGICAS APRESENTADAS EM RELAÇÃO A AMPLITUDE DA FAIXA DE ENSAIO:

Incerteza Expandida:	0,07%	Repetitividade:	0,00%
Erro Máximo:	0,00%	Nº de Bolhas por Minuto:	3 bpm

### 7. Observações

1) 1 mpa = 1,019716 x 10<sup>2</sup> kgf/cm<sup>2</sup> (m-pa = megapascal, unidade de pressão SI)

2) A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência k=2, que para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95 %. A incerteza de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

O valor utilizado como referência na pressão de vedação é de 90% de sua pressão de abertura conforme normas vigentes de válvulas de segurança/avio. Quando a pressão de vedação encontra-se abaixo desse valor de referência recomenda-se que seja realizada uma avaliação do processo para a acatização dessa válvula no vaso e/ou sistema.

Os resultados deste relatório referem-se exclusivamente à válvula submetida ao ensaio nas condições especificadas, não sendo extensivo a quaisquer lotes.

Mauro Miranda Pessoa de Mello  
Responsável Técnico - CREA/RS 006658

Relatório de Ensaio Nº4292/2018

Este certificado foi conferido e assinado eletronicamente.

Pág. 1/1

# ANEXO D – CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DE MANÔMETRO



**Metrologia WG Ltda**  
 Rua Henrique Dias, 630 B. Santa Catarina - Sapucaia do Sul - RS - CEP 93214-130  
 Fone/fax: (51) 3034.6222  
 www.metrologiawg.com.br

Laboratório de Metrologia	Certificado n°
<b>Certificado de Calibração</b>	<b>010041/2018</b>

Folha 1/1

**Objeto:** Manômetro, com valor de uma divisão de 1 bar e capacidade de medição de 0 a 50 bar

**N° de autenticação:** 0-50-7 **Sector:** White Martins

**Fabricante:** Qualitec **Modelo:** — **Série:** —

**Cliente:** Capaz Inspeções LTDA  
 Rua Liberdade, 1188 Canoas - RS

**Solicitado para:** White Martins Gases Industriais Ltda  
 Est Federal Br 116 Sapucaia do Sul - RMRS

**Data de Recebimento:** 17/08/2018

**Data da calibração:** 22/8/2018 **Data da emissão:** 23/08/2018

**Procedimento:** Os procedimentos utilizados para a calibração estão de acordo com o DSQMWG009-201, rev. 5 de 1/2017.

**Método de Calibração:** A calibração foi realizada através do Método de Comparação Direta com o padrão, distribuídos sobre o intervalo de indicação do instrumento. O instrumento permaneceu sob pressão máxima por aproximadamente 1 minuto para estabilização do sistema de medição. A calibração foi realizada em 2 ciclos, ascendentes e descendentes.

**Equipamentos de Calibração:**

- Manômetro Druck, certificado de calibração n° RBC 05057/17 emitido por Cetemp.  
 Validade: 11/2019

**Condições Ambientais:** Temperatura: (20±2) °C e umidade (50±20) %ur

**Certeza de Medição:** A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência "k", o qual para uma distribuição t com  $v_{eff}$  declarado corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

**RESULTADOS OBTIDOS**

S. I. Mpa	Pressão Indicada bar	Pressão de Referência				Incerteza bar	Fator "k"	$v_{eff}$
		1° Ciclo		2° Ciclo				
		Ascendente bar	Descendente bar	Ascendente bar	Descendente bar			
0,00000	0	0,00	0,00	0,00	0,00	—	—	—
1,00000	10	9,95	9,77	9,90	9,70	0,20	2,01	>100
2,00000	20	19,90	18,72	19,95	19,75	1,27	3,31	3
3,00000	30	29,90	29,75	29,85	29,80	0,20	2,00	>100
4,00000	40	39,85	39,70	39,80	39,65	0,21	2,00	>100
5,00000	50	49,50	49,50	49,55	49,55	0,22	2,00	>100

**CARACTERÍSTICAS METROLÓGICAS EM RELAÇÃO A AMPLITUDE DA FAIXA DO INSTRUMENTO**

Erro Máximo (%FE)	Repetitividade (%FE)	Histerese (%FE)	Linearidade (%FE)
2,56	2,06	1,38	0,83

**Observações:**

Fator de conversão: 1 Mpa = 10 bar

%FE: Resultado em porcentagem da amplitude de medição.

O instrumento calibrado não pode ser utilizado com OXIGÊNIO, tendo em vista que não há garantias de que o mesmo não tenha sido contaminado com ÓLEO.

Certificado Assinado  
 Eletronicamente por  
 Betânia Fátima Graebin

- Esse certificado não tem valor para fins da metrologia legal e se limita exclusivamente ao objeto calibrado, não sendo extensivo a quaisquer lotes.  
 - A reprodução deste certificado somente poderá ser feita na sua totalidade.  
 - Qualquer ajuste realizado no equipamento estará registrado no certificado de calibração.  
 - Os resultados são válidos somente para o estado do objeto no momento da medição.

