

Nº 177238

**Projeto Sigitec: sistema de inspeção dimensional de trecho reto de
medição, parte A**

Douglas Mamoru Yamanaka

*Palestra apresentada no WORKSHOP
TRM TECNOLOGIAS REGULATÓRIAS E
METROLÓGICAS, 4., 2021., São Paulo*

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública.



Seu desafio é nosso

4º Workshop TRM

Projeto Sigitec

Sistema de inspeção dimensional de trecho reto de medição (Parte A)

Laboratório de Vazão / Laboratório de Metrologia Mecânica

19.04.2021



Sumário

Sumário

- 1. Resumo**
- 2. Especificações do trecho reto**
- 3. Projeto**

Resumo

Resumo

- ✓ Regulamento Técnico de Medição
- ✓ Portaria Conjunta ANP/INMETRO Nº 1 (10.06.2013)
- ✓ Periodicidade de 3 anos para inspeções dimensionais e de qualidade superficial dos trechos retos:
 - com dispositivo tipo placa de orifício;
 - com medidores tipo turbina ultrassônico.

Como é feito hoje

- ✓ Desmontando-se os sistemas de medição
- ✓ Procedimento não-produtivo e oneroso

Objetivo

- ✓ Realizar a inspeção/medição com a mínima desmontagem das peças
- ✓ Aplicação de técnicas inovadoras de medição sem contato e por análise de imagens
- ✓ Redução considerável no tempo de execução das atividades

Objetivos específicos

- ✓ Projeto, especificação, construção do protótipo, desenvolvimento de metodologia e testes de protótipo para medição interna de diâmetro interno e outras medições lineares que possam ser feitas com o protótipo;
- ✓ Projeto, especificação, construção de protótipo, desenvolvimento de metodologia e testes de protótipo para medição de rugosidade superficial interna;
- ✓ Integração dos sistemas de medição dimensional e de rugosidade em um único protótipo;
- ✓ Ajuste e calibração dos protótipos para a obtenção das medições dimensionais e de rugosidade.

Resultado esperado

- ✓ Protótipo funcional (dimensional – diâmetros e comprimentos internos, e rugosidade)

Metodologia

- ✓ Aquisição, testes e validação dos sensores apropriados.
- ✓ Projeto e fabricação de protótipo.
- ✓ Tratamento e análise de dados e processamento digital de imagens. Aplicação de técnicas de visão computacional.
- ✓ Tratamento estatístico metrológico.
- ✓ Avaliação metrológica GD&T (Sistema Geométrico de Dimensionamento e Tolerância).
- ✓ Avaliação metrológica do acabamento superficial interno (rugosidade).
- ✓ Testes do protótipo para revalidação em plataformas de petróleo e em instalações de óleo e gás.
- ✓ Elaboração dos relatórios técnicos parciais e finais.

Etapas

Projeto - Etapas/Atividades

Etapas

| Ordem | Nome |
|-------|--|
| 1 | Revisão Bibliográfica |
| 2 | Aquisição, testes e validação dos sensores apropriados para a aplicação proposta |
| 3 | Projeto do Protótipo |
| 4 | Fabricação do protótipo. Testes preliminares e funcionais. |
| 5 | Análise teórico-experimental |
| 6 | Testes e validação do protótipo em laboratório |
| 7 | Testes e validação do protótipo em campo; revalidação em plataformas de óleo e gás e onshore |
| 8 | Relatório Técnico Final |



Trecho reto

Normalização

Posto Intermédiação ABNT - INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO S.A. - IPT - BR.633.674/0001-55 (Pedido 268119 Imprensa: 30/05/2011)

NORMA
BRASILEIRA

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS
DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT

ABNT NBR
ISO
5167-2

Primeira edição
17.05.2011

Válida a partir de
47.06.2011

Medição de vazão de fluidos por dispositivos de pressão diferencial inseridos em condutos forçados de seção transversal circular Parte 2: Placas de orifício

*Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted
in circular cross-section conduits running full
Part 2: Orifice plates*

CÓPIA PARA USO EXCLUSIVO DO IPT

ICS 17.120.10

ISBN 978-95-07-02758-4

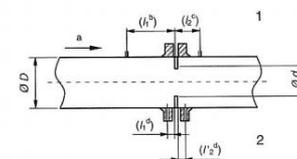


ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA
DE NORMAS
TECNICAS

Número de referência
ABNT NBR ISO 5167-2:2011
53 páginas

© ISO 2003 - © ABNT 2011

5.2.2.10 Os eixos da tomada de pressão a montante e da tomada de pressão a jusante podem estar localizados em planos axiais diferentes, mas normalmente estão localizados no mesmo plano axial.

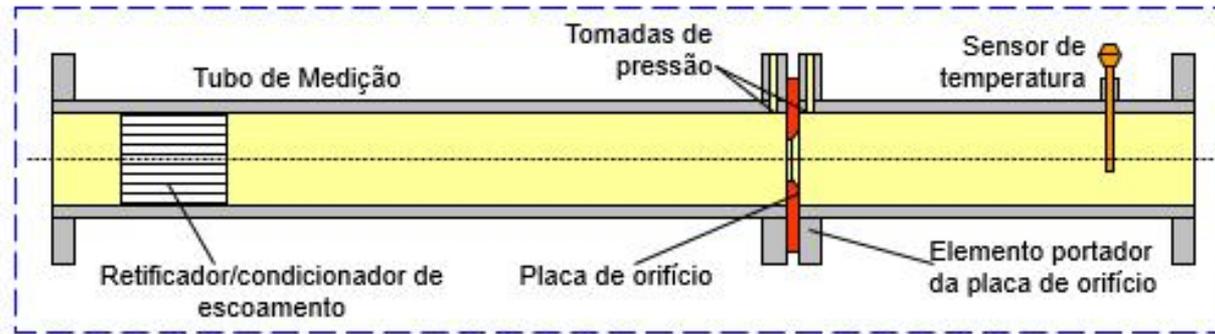


Legenda

- 1 tomadas de pressão do tipo D e $D/2$
- 2 tomadas de pressão do tipo flange
- a sentido do escoamento
- b $h_1 = D \pm 0,1D$
- c $h_2 = 0,5D \pm 0,02D$ para $\beta \leq 0,6$
 $0,5D \pm 0,01D$ para $\beta > 0,6$
- d $h_1 = h_2 = (25,4 \pm 0,5)$ mm para $\beta > 0,6$ e $D < 150$ mm
 $(25,4 \pm 1)$ mm para $\beta \leq 0,6$
 $(25,4 \pm 1)$ mm para $\beta > 0,6$ e $150 \text{ mm} \leq D \leq 1\,000$ mm

Figura 3 – Espaçamento entre as tomadas de pressão para placas de orifício com tomadas de pressão do tipo D e $D/2$ ou tomadas de pressão do tipo flange

Trecho reto



TRECHOS RETOS A MONTANTE E A JUSANTE DA PLACA



Fonte: Kawakita, K. Comparação entre as normas AGA#3-2: 2000 e ISO 5167-2: 2003.

6.2 Comprimentos mínimos

6.4 Circularidade e cilindricidade da tubulação

Posto Hidromedidaç#o ABNT - INSTITUTO DE PESQUISA TECNOL#GICA DO ESTADO DE S#O PAULO S.A. - IPT - BR 633.874-0301-55 (Posto 296119) Impress#o: 30/09/2011

Tabela 3 – Trechos retos requeridos entre placas de orif#cio e conex#es sem o uso de condicionadores de escoamento

Valores expressos em m#ltiplos do di#metro interno, D

| Relaç#o de di#metro β | Linha D montante (conex#o de placa de orif#cio) | | | | | | | | | | | | | Linha D jusante (borda do paio de orif#cio) |
|-----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | |
| 0,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0,6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0,7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0,8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0,9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1,0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1,1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1,2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1,3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1,4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1,6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1,7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1,8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1,9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2,0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2,2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2,4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2,6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2,8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3,0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3,2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3,4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3,6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3,8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4,0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 5,0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 5,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 6,0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 6,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 7,0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 7,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 8,0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 8,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 9,0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 9,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10,0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 11,0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 12,0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 13,0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 14,0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

6.4 Circularidade e cilindricidade da tubulaç#o

6.4.1 O comprimento de 2D da seç#o de tubulaç#o a montante adjacente #o plano de orif#cio (ou ao anel portador, se houver um) deve ser fabricado com cuidado especial e deve atender ao requisito que define que nenhum di#metro em qualquer plano nesse comprimento deve diferir mais que 0,3 % do valor m#dio do D obtido a partir das mediç#es especificadas em 6.4.2.

6.4.2 O valor do di#metro D da tubulaç#o deve ser a m#dia dos di#metros internos ao longo de um comprimento de 0,5D a montante da tomada de press#o a montante. O di#metro interno m#dio deve ser a m#dia aritm#tica de mediç#es de pelo menos 12 di#metros, sendo quatro di#metros posicionados em #ngulos aproximadamente iguais entre si, distribuídos em tr#s ou mais seç#es transversais distribuídas uniformemente ao longo de um comprimento de 0,5D, duas das seç#es estando a dist#ncias de 0D e 0,5D a partir da tomada de press#o a montante e uma no plano da solda, no caso de uma construç#o com flanges com pescoço. Se existir um anel portador (ver Figura 4), este valor de 0,5D deve ser medido a partir da borda a montante do anel portador.

6.4.3 Al#m dos 2D a partir da placa de orif#cio, a tubulaç#o a montante da placa de orif#cio, entre ela e a primeira conex#o ou perturbaç#o a montante, pode ser constituída de uma ou mais seç#es de tubulaç#o.

Entre 2D e 10D a partir da placa de orif#cio, n#o # necess#rio considerar nenhuma incerteza adicional no valor do coeficiente de descarga, desde que o degraú no di#metro (a diferença entre os di#metros) entre duas seç#es n#o ultrapasse 0,3 % do valor m#dio do D obtido a partir das mediç#es especificadas em 6.4.2. Al#m disso, o degraú causado por um desalinhamento do D obtido a partir das mediç#es especificadas em 6.4.2 n#o deve exceder 0,3 % de D em qualquer ponto da circunfer#ncia interna da tubulaç#o. Portanto, o alinhamento dos flanges exige que, na sua instalaç#o, os furos sejam coincidentes e os flanges alinhados. Para isso, podem ser utilizados pino-guia ou guarniç#es autocomprantes. Conforme citado na Refer#ncia [12] da Bibliografia, al#m dos 10D a partir da placa de orif#cio e dentro do trecho reto requerido, n#o # necess#rio considerar nenhuma incerteza adicional no valor do coeficiente de descarga, desde que o degraú no di#metro (a diferença entre os di#metros) entre duas seç#es quaisquer n#o exceda 2 % do valor m#dio do D obtido a partir das mediç#es especificadas em 6.4.2. Al#m disso, o degraú causado por um desalinhamento e/ou uma mudança no di#metro n#o deve exceder 2 % de D em qualquer ponto da circunfer#ncia interna da tubulaç#o. Se o di#metro da tubulaç#o a montante do degraú for maior que o di#metro a jusante, # permitido que os degraúes e a diferença entre os di#metros sejam de at# 6 % de D. Em cada lado do degraú, a tubulaç#o deve possuir um di#metro entre 0,98D e 1,06D. Al#m dos 10D a partir da placa de orif#cio, a utilizaç#o de juntas entre seç#es n#o viola este requisito, desde que, em uso, elas n#o sejam mais espessas que 3,2 mm e n#o produzirem n#o escoamento.

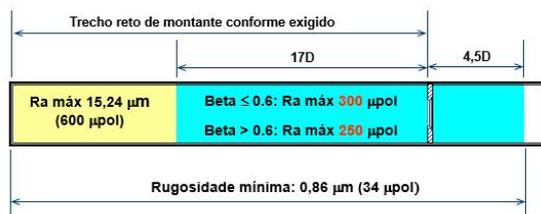
Em uma posiç#o que est# al#m de 10D a partir da placa de orif#cio, dentro do trecho reto requerido e tamb#m al#m da primeira posiç#o onde poderia ser instalada uma expans#o de acordo com a Coluna 10A da Tabela 3, n#o # necess#rio considerar nenhuma incerteza adicional no valor do coeficiente de descarga, desde que o degraú no di#metro (a diferença entre os di#metros) entre duas seç#es quaisquer n#o exceda 6 % do valor m#dio do D obtido a partir das mediç#es especificadas em 6.4.2. Al#m disso, o degraú causado por um desalinhamento e/ou uma mudança no di#metro n#o deve exceder 6 % de D em qualquer ponto da circunfer#ncia interna da tubulaç#o. Em cada lado do degraú, a tubulaç#o deve possuir um di#metro entre 0,94D e 1,06D. A primeira posiç#o onde poderia ser instalada uma expans#o de acordo com a Coluna 10A da Tabela 3 depende da relaç#o de di#metros da placa de orif#cio, por exemplo, seria de 26D a partir da placa de orif#cio se $\beta = 0,6$.



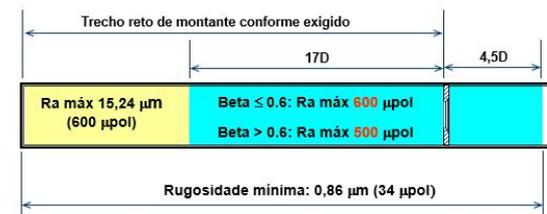
Rugosidade



RUGOSIDADE SUPERFICIAL INTERNA
Diâmetros $\leq 12''$



RUGOSIDADE SUPERFICIAL INTERNA
Diâmetros $> 12''$



Fonte: Kawakita, K. Comparação entre as normas AGA#3-2: 2000 e ISO 5167-2: 2003.

Seu desafio é nosso.

Douglas Mamoru Yamanaka

Laboratório de Metrologia Mecânica / TRM