

**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

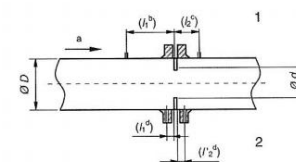


ASSOCIAÇÃO  
BRASILEIRA  
DE NORMAS  
TECNICAS

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.

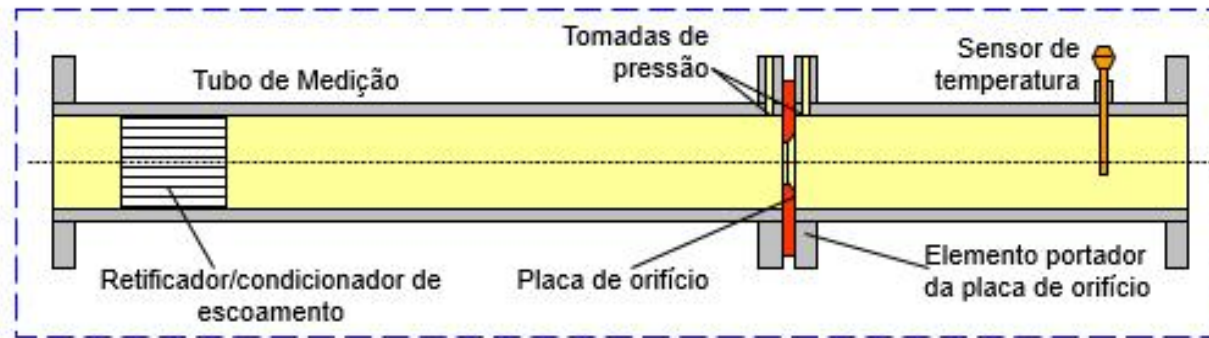


### Legenda

- 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 Informação ABNT - INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO S.A. - IPT - BR.633.874/0301-55 (Posto 296119) Imprensa: 300662011

Tabela 3 – Trechos retos requeridos entre placas de orifício e conexões sem o uso de condicionadores de escoamento

Valores expressos em múltiplos do diâmetro interno, D

Relação de diâmetro β	Linha e montante (montante da placa de orifício)														Linha e montante (montante da placa de orifício)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
0,625	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	
1,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1,25	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	
2,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
2,5	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	
4,0	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	
6,3	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	
10,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
12,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
16,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
20,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
25,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
31,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
40,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
50,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
63,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
80,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
100,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

NOTA 1: Os comprimentos mínimos de trechos retos requeridos são os comprimentos mínimos de trechos retos necessários para assegurar a precisão da medição de velocidade de escoamento em um tubo de seção circular. Os comprimentos de trechos retos necessários para a medição de vazão de escoamento em tubos de seção circular são maiores e devem ser determinados de acordo com as especificações da norma ISO 5167-3.

NOTA 2: A tabela de trechos retos pode ser usada para determinar o comprimento mínimo de trechos retos necessários para a medição de velocidade de escoamento em um tubo de seção circular. Os comprimentos de trechos retos necessários para a medição de vazão de escoamento em tubos de seção circular são maiores e devem ser determinados de acordo com as especificações da norma ISO 5167-3.

NOTA 3: Os comprimentos mínimos de trechos retos requeridos são os comprimentos mínimos de trechos retos necessários para assegurar a precisão da medição de velocidade de escoamento em um tubo de seção circular. Os comprimentos de trechos retos necessários para a medição de vazão de escoamento em tubos de seção circular são maiores e devem ser determinados de acordo com as especificações da norma ISO 5167-3.

NOTA 4: A tabela de trechos retos pode ser usada para determinar o comprimento mínimo de trechos retos necessários para a medição de velocidade de escoamento em um tubo de seção circular. Os comprimentos de trechos retos necessários para a medição de vazão de escoamento em tubos de seção circular são maiores e devem ser determinados de acordo com as especificações da norma ISO 5167-3.

NOTA 5: Os comprimentos mínimos de trechos retos requeridos são os comprimentos mínimos de trechos retos necessários para assegurar a precisão da medição de velocidade de escoamento em um tubo de seção circular. Os comprimentos de trechos retos necessários para a medição de vazão de escoamento em tubos de seção circular são maiores e devem ser determinados de acordo com as especificações da norma ISO 5167-3.

### 6.4 Circularidade e cilindricidade da tubulação

6.4.1 O comprimento de 2D da seção de tubulação a montante adjacente à placa de orifício (ou ao anel portador, se houver um) deve ser fabricado com cuidado especial e deve atender ao requisito que define que nenhum diâmetro em qualquer plano nesse comprimento deve diferir mais que 0,3 % do valor médio do D obtido a partir das medições especificadas em 6.4.2.

6.4.2 O valor do diâmetro D da tubulação deve ser a média dos diâmetros internos ao longo de um comprimento de 0,5D a montante da tomada de pressão a montante. O diâmetro interno médio deve ser a média aritmética de medições de pelo menos 12 diâmetros, sendo quatro diâmetros posicionados em ângulos aproximadamente iguais entre si, distribuídos em três ou mais seções transversais distribuídas uniformemente ao longo de um comprimento de 0,5D, duas das seções estando a distâncias de 0D e 0,5D a partir da tomada de pressão a montante e uma no plano da solda, no caso de uma construção 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 Além dos 2D a partir da placa de orifício, a tubulação a montante da placa de orifício, entre ela e a primeira conexão ou perturbação a montante, pode ser constituída de uma ou mais seções de tubulação.

Entre 2D e 10D a partir da placa de orifício, não é necessário considerar nenhuma incerteza adicional no valor do coeficiente de descarga, desde que o degraú no diâmetro (a diferença entre os diâmetros) entre duas seções não ultrapasse 0,3 % do valor médio do D obtido a partir das medições especificadas em 6.4.2. Além disso, o degraú causado por um desalinhamento e/ou uma mudança no diâmetro não deve exceder 0,3 % de D em qualquer ponto da circunferência interna da tubulação. Portanto, o alinhamento dos flanges exige que, na sua instalação, os furos sejam coincidentes e os flanges alinhados. Para isso, podem ser utilizados pinos-guia ou guarnições autocentrantes. Conforme citado na Referência [12] da Bibliografia, além dos 10D a partir da placa de orifício e dentro do trecho reto requerido, não é necessário considerar nenhuma incerteza adicional no valor do coeficiente de descarga, desde que o degraú no diâmetro (a diferença entre os diâmetros) entre duas seções qualquer não exceda 2 % do valor médio do D obtido a partir das medições especificadas em 6.4.2. Além disso, o degraú causado por um desalinhamento e/ou uma mudança no diâmetro não deve exceder 2 % de D em qualquer ponto da circunferência interna da tubulação. Se o diâmetro da tubulação a montante do degraú for maior que o diâmetro a jusante, é permitido que os degraús e a diferença entre os diâmetros sejam de até 6 % de D. Em cada lado do degraú, a tubulação deve possuir um diâmetro entre 0,98D e 1,06D. Além dos 10D a partir da placa de orifício, a utilização de juntas entre seções não viola este requisito, desde que, em uso, elas não sejam mais espessas que 3,2 mm e não produzirem no escoamento.

Em uma posição que está além de 10D a partir da placa de orifício, dentro do trecho reto requerido e também além da primeira posição onde poderia ser instalada uma expansão de acordo com a Coluna 10A da Tabela 3, não é necessário considerar nenhuma incerteza adicional no valor do coeficiente de descarga, desde que o degraú no diâmetro (a diferença entre os diâmetros) entre duas seções qualquer não exceda 6 % do valor médio do D obtido a partir das medições especificadas em 6.4.2. Além disso, o degraú causado por um desalinhamento e/ou uma mudança no diâmetro não deve exceder 6 % de D em qualquer ponto da circunferência interna da tubulação. Em cada lado do degraú, a tubulação deve possuir um diâmetro entre 0,94D e 1,06D. A primeira posição onde poderia ser instalada uma expansão de acordo com a Coluna 10A da Tabela 3 depende da relação de diâmetros da placa de orifício, por exemplo, seria de 26D a partir da placa de orifício se β = 0,6.

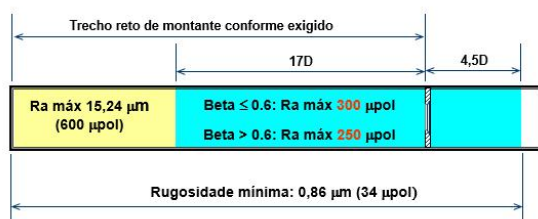
Fonte: ABNT NBR ISO 5167-2 2011.



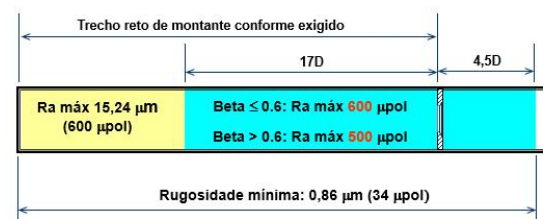
# Rugosidade



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