

ORIENTAÇÕES SOBRE CALIBRAÇÕES DE MEDIDORES DE VAZÃO DO TIPO ULTRASSÔNICO DE TEMPO DE TRÂNSITO PARA LÍQUIDOS

Documento de caráter orientativo

DOQ-DIMCI-016

Revisão 00 - DEZEMBRO/2024

	DOQ-DIMCI-016	REV. 00	PÁGINA 2/19
---	---------------	------------	----------------

SUMÁRIO

- 1 Objetivo
- 2 Campo de aplicação
- 3 Responsabilidade
- 4 Documentos de referência
- 5 Documentos complementares
- 6 Siglas
- 7 Termos e definições
- 8 Princípio de funcionamento de medidores de vazão do tipo ultrassônico por tempo de trânsito
- 9 Calibração de medidores de vazão do tipo ultrassônico
- 10 Metodologia para comparação do desempenho do medidor
- 11 Operação dos medidores
- 12 Considerações da incerteza
- 13 Histórico da revisão e quadro de aprovação
- ANEXO A – Exemplos de aplicação da metodologia

1 OBJETIVO

1.1 Este documento orientativo fornece informações sobre o funcionamento, desempenho, calibração e operação de medidores ultrassônicos de vazão para líquidos. Seu objetivo é fornecer diretrizes para auxiliar o usuário na calibração desses dispositivos.

1.2 Este conteúdo foi elaborado com base em estudos teóricos, experimentais e computacionais desenvolvidos pelo Inmetro/Dimci/Dinam, e na experiência acumulada junto a setores industriais, laboratórios, institutos de pesquisa, especialistas e fabricantes. As orientações aqui apresentadas estão alinhadas com a literatura técnica especializada e com as melhores práticas de calibração.

1.3 Este documento possui caráter orientativo e não substitui requisitos regulamentares para aplicações específicas nem impõe obrigações em mercados regulados. Recomenda-se que seu uso seja acordado previamente entre todas as partes envolvidas no processo de medição, garantindo alinhamento e entendimento comuns das diretrizes propostas.

2 CAMPO DE APLICAÇÃO

2.1 Este documento destina-se a usuários finais, laboratórios de calibração e ensaio, fabricantes, entidades reguladoras, proprietários, avaliadores, auditores, institutos de metrologia e especialistas na área de medição de vazão de fluidos. Aplica-se a situações em que surgem dúvidas sobre as práticas mais adequadas para calibração de medidores de vazão do tipo ultrassônico para líquidos ou quando se busca comprovar a equivalência de desempenho entre calibrações baseadas na vazão volumétrica e no número de Reynolds.

2.2 As diretrizes apresentadas são especialmente úteis em cenários onde se observa variação significativa na viscosidade cinemática do fluido em operação, ou onde não é possível atingir, na calibração, os limites de viscosidade e vazão requeridos em condições de operação (como altas vazões em fluidos de altas viscosidades). Ressalta-se que o escopo deste documento se restringe à metodologia de calibração, não

	DOQ-DIMCI-016	REV. 00	PÁGINA 3/19
---	---------------	------------	----------------

considerando orientações relacionadas às condições de instalação, tais como configuração de tubulação a montante e jusante do medidor, uso de condicionadores de escoamento ou outros aspectos de instalação.

2.3 Este documento é aplicável a medidores ultrassônicos de tempo de trânsito, de múltiplos canais (com pelo menos quatro trajetórias acústicas não diametrais) e modelos projetados para instalação direta na linha de escoamento, não sendo considerados medidores do tipo *clamp-on* e de inserção. Sua aplicação se restringe a líquidos que possam ser considerados monofásicos e newtonianos, em escoamentos com número de Reynolds superior a 10 000 e com estabilidade térmica.

Nota - Compete ao usuário avaliar criticamente a aplicabilidade do modelo de fluido Newtoniano.

3 RESPONSABILIDADE

A responsabilidade pela elaboração e revisão deste documento é da Dimci/Dinam. A responsabilidade pela aprovação, publicação ou cancelamento deste documento é da Dimci.

4 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

OIML R 117:2019	<i>Dynamic measuring systems for liquids other than water</i>
ISO 12242:2012	<i>Measurement of fluid flow in closed conduits - Ultrasonic transit-time meters for liquid</i>
ISO 17089-1:2010	<i>Measurement of fluid flow in closed conduits - Ultrasonic meters for gas - Part 1: Meters for custody transfer and allocation measurement</i>
OIML R 117-1:2019	<i>Dynamic measuring systems for liquids other than water</i>
AGA REPORT NO 9 - 2017	<i>Measurement of Gas by Multipath Ultrasonic Meters</i>
API MPMS CH5.8: 2011(R2017)	<i>Measurement of Liquid Hydrocarbons by Ultrasonic Flow Meters Using Transit Time Technology</i>
GUM:2008	Avaliação de dados de medição - Guia para a expressão da incerteza de medição, emitido em 2012 pelo Inmetro.
GUM JCGM 106:2012	Avaliação de dados de medição — O papel da incerteza de medição na avaliação da conformidade, emitido em 2022 pelo Inmetro.
ABNT NBR 16084:2012	Medição de vazão de fluidos em condutos fechados — Orientação para a seleção, instalação e uso de medidores Coriolis (medições de vazão mássica, massa específica e vazão volumétrica)
VIM:2012	Vocabulário Internacional de Metrologia
VIML:2016	Vocabulário Internacional de Termos de Metrologia Legal
SI:2021	Sistema Internacional de Unidades
ABNT NBR ISO 4185:2009	Medição de vazão de líquidos em dutos fechados - Método gravimétrico

	DOQ-DIMCI-016	REV. 00	PÁGINA 4/19
---	---------------	------------	----------------

5 DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

Não aplicável.

6 SIGLAS

As siglas das UP/UO do Inmetro podem ser acessadas em:
<http://www.inmetro.gov.br/inmetro/pdf/regimento-interno.pdf>.

ISO	<i>International Standardization Organization (Organização Internacional de Normalização)</i>
AGA	<i>American Gas Association (Associação Americana de Gás)</i>
API	<i>American Petroleum Institute (Instituto Americano de Petróleo)</i>
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
GUM	<i>Guide to the expression of uncertainty in measurement (Guia para a expressão da incerteza de medição)</i>

7 TERMOS E DEFINIÇÕES

A este documento são aplicáveis os termos e definições do SI, VIM, VIML e as seguintes definições:

7.1 Número de Reynolds

Adimensional utilizado em mecânica dos fluidos que estabelece o regime de escoamento de um fluido por meio da relação entre as suas forças de inércia e viscosas. O número de Reynolds permite a comparação de regimes de escoamento em condições distintas, a partir da similaridade dinâmica do escoamento.

7.2 Número de Mach

Adimensional utilizado em mecânica dos fluidos que caracteriza o regime de compressibilidade de um escoamento de fluido por meio da relação entre a velocidade do escoamento e a velocidade do som no fluido. O número de Mach permite a comparação de regimes de escoamento em condições distintas, especialmente em relação à compressibilidade do fluido.

	DOQ-DIMCI-016	REV. 00	PÁGINA 5/19
---	---------------	------------	----------------

7.3 Viscosidade cinemática

Propriedade de um fluido que representa a relação entre sua viscosidade dinâmica e sua densidade, geralmente expressa em centistokes (cSt), onde 1 cSt é o equivalente a $10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$.

7.4 Perfil de escoamento

Distribuição de velocidades em uma seção transversal do tubo, influenciada por fatores como condições de contorno, número de Reynolds e características da tubulação.

7.5 Estabilidade térmica

Condição em que as variações de temperatura ao longo do tempo ou da seção transversal do tubo podem ser consideradas pouco significativas.

7.6 Condicionadores de escoamento

Dispositivos instalados a montante de um medidor para uniformizar o perfil de escoamento. São recomendados para reduzir efeitos de distorções provocadas por curvas, válvulas ou outras obstruções na tubulação, a montante do medidor, que possam afetar a medição de vazão.

7.7 Escoamento completamente desenvolvido

Escoamento que atinge uma configuração estável, simétrica e sem rotação, onde o perfil de velocidade é independente da posição axial no tubo e apresenta simetria em torno do eixo central.

7.8 Atenuação acústica

Perda de energia na propagação do som através de um meio de transmissão acústica, devido à viscosidade de um fluido.

7.9 Trajetória acústica

Caminho que o pulso ultrassônico percorre entre o transmissor e o receptor dentro do medidor, através do fluido em escoamento.

8 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DE MEDIDORES DE VAZÃO TIPO ULTRASSÔNICO POR TEMPO DE TRÂNSITO

8.1 Medidores de vazão de líquidos do tipo ultrassônico de tempo de trânsito são instrumentos que determinam a vazão de um líquido em uma tubulação, medindo os tempos de trânsito de pulsos acústicos de alta frequência. Os tempos de trânsito são medidos a partir de pulsos sonoros que viajam diagonalmente através da tubulação, no sentido a favor e contra o escoamento. A diferença nos tempos de trânsito das ondas sonoras ao atravessarem o fluido em direções opostas é diretamente proporcional à velocidade média do fluido ao longo de uma trajetória acústica.