



Soluções para calibração de macromedidores e medidores eletromagnéticos: quais os métodos mais confiáveis e menos custosos

incontrol
intelligente control



Silvio Sinti
Willian Abe
24.11.2014

Problema: CUSTO

tempo de calibração

a) campo: 1 a 2 dias (Pitot)

b) laboratório: 1 dia

retirada do medidor da linha:

>1 dia

reinstalação:

>1 dia

aprox. 1 semana

Dificuldades para remoção, instalação e manutenção de um macromedidor de grande diâmetro



FOTO: MARIA DE LOURDES WOLFF – DMAE/PORTO ALEGRE

Dificuldades para remoção, instalação e manutenção de um macromedidor de grande diâmetro



FOTO: MARIA DE LOURDES WOLFF – DMAE/PORTO ALEGRE

CALIBRAÇÃO EM LABORATÓRIO

A calibração de um medidor de vazão em laboratório é sempre recomendada devido a baixa incerteza de calibração e a confiabilidade. Na calibração observa-se a qualidade e a performance do medidor de vazão.

Para medidores de DN abaixo de 250 mm é altamente recomendado.

USO DO MEDIDOR DE VAZÃO

A utilização de um medidor descalibrado cria um potencial enorme de medições incorretas e conclusões e decisões errôneas. É com a calibração que se adquire a confiabilidade na medição e a segurança que o medidor possui a exatidão necessária para a medição do produto ou do processo, dentro da especificação requerida.

CALIBRAÇÃO

Definição

Segundo VIM: 20122.39 (6.11) calibração calibration étalonnage calibración

Operação que estabelece, sob condições especificadas, numa primeira etapa, uma relação entre os valores e as incertezas de medição fornecidos por padrões e as indicações correspondentes com as incertezas associadas; numa segunda etapa, utiliza esta informação para estabelecer uma relação visando a obtenção dum resultado de medição a partir duma indicação.

NOTA 1 Uma calibração pode ser expressa por meio duma declaração, uma função de calibração, um diagrama de calibração, uma curva de calibração ou uma tabela de calibração. Em alguns casos, pode consistir duma correção aditiva ou multiplicativa da indicação com uma incerteza de medição associada.

NOTA 2 Convém não confundir a calibração com o ajuste dum sistema de medição, frequentemente denominado de maneira imprópria de “auto-calibração”, nem com a verificação da calibração.

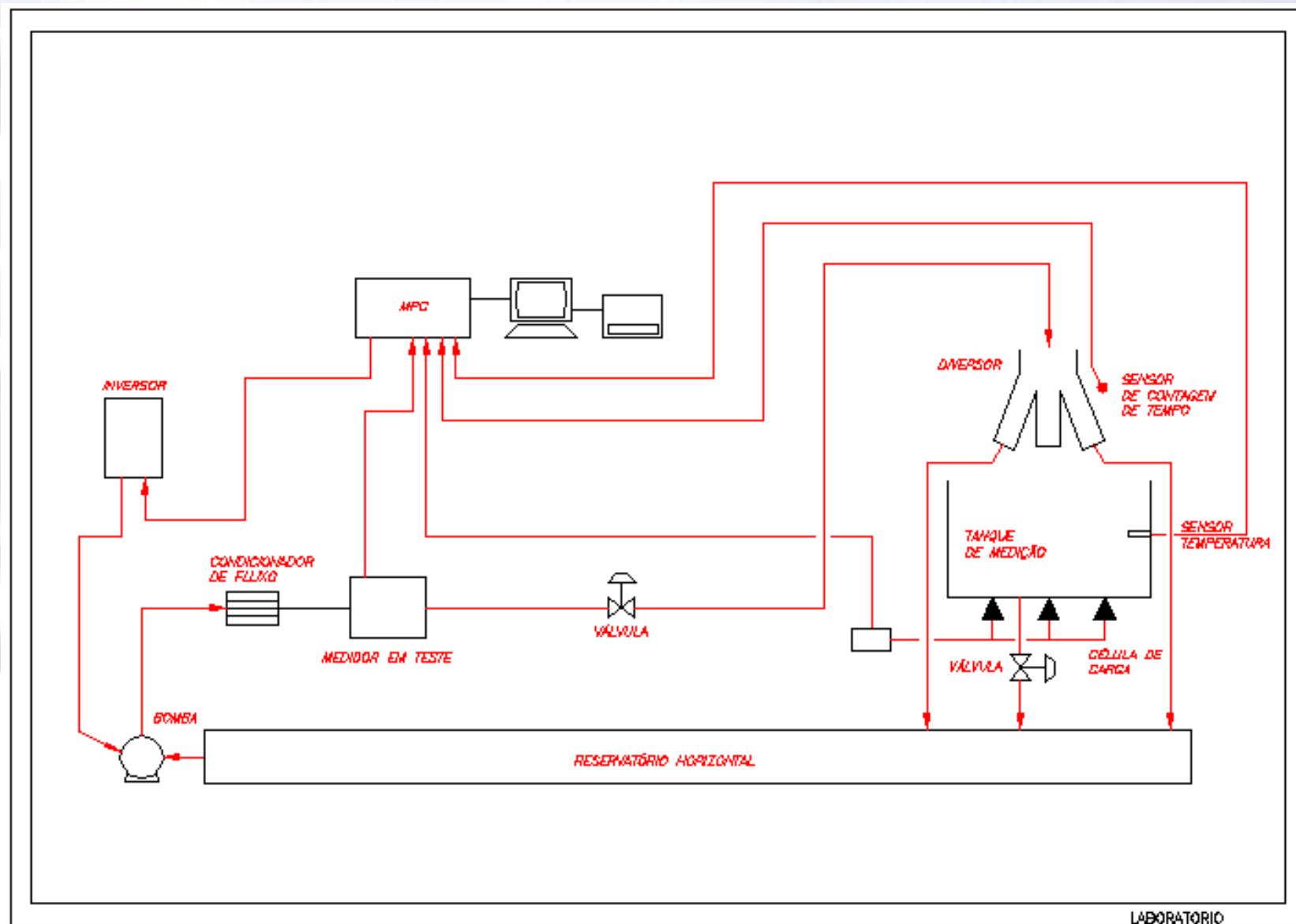
O que é calibração?

Calibração pode ser definida como a comparação de um instrumento de medição, com uma tolerância especificada, porém exatidão não determinada, com uma medição padrão de incerteza conhecida com o propósito de determinar o erro em cada medição com as incertezas conhecidas.

LABORATÓRIO DE VAZÃO



MÉTODO ESTÁTICO GRAVIMÉTRICO POR BOMBA (NBR ISO 4185)



CADEIA DE INCERTEZA DE UM LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO DE VAZÃO PELO MÉTODO GRAVIMÉTRICO



incontrol®
intelligent control

DAS NORMAS

NIT-DICLA-021

6.1 O resultado da medição relatado no certificado de calibração e no relatório de serviços de medição acreditados deve incluir o valor da grandeza medida y e a incerteza expandida associada U . O resultado completo da medição deve normalmente ser fornecido na forma $(y \pm U)$, ambos expressos na unidade da grandeza medida ou com incerteza expandida expressa em termos relativos $(U/|y|)$. Os resultados podem ser apresentados em forma de tabela.

Comentário: Em toda calibração deve ser emitido um certificado de calibração onde deve incluir o valor da grandeza medida e a incerteza associada.

5.1 Capacidade de Medição e Calibração (CMC) (baseado em ILAC P14) – Menor incerteza de medição que um laboratório de calibração pode obter quando realiza calibrações ou medições dentro do escopo da sua acreditação.

Comentário: A CMC é a menor incerteza de medição do laboratório. Deve ser considerado todas as contribuições de incertezas como, por exemplo, a contribuição da incerteza na pesagem do volume de água coletada (no método gravimétrico), a contribuição do empuxo do ar na medição da massa, portanto deve ser medido a umidade específica do ar, a temperatura do ar e da água e outros. No caso de uma calibração por referência, deve medir ou calcular a contribuição da incerteza devido ao trecho reto, da temperatura do ar e da água, assim como a pressão no resultado da contribuição da instabilidade do medidor de referência.

DAS NORMAS

NIT-DICLA-021

8.5.1 A CMC deve incluir a contribuição para a incerteza oriunda da repetitividade e convém que inclua contribuições oriundas da reproduzibilidade, quando disponíveis. Convém, entretanto, que a CMC não inclua contribuições oriundas de imperfeições que existam mesmo no melhor dispositivo que seja calibrado.

6.4 As contribuições para a incerteza declarada no certificado de calibração ou medição devem incluir as contribuições de curto prazo obtidos durante a calibração e as contribuições que possam ser atribuída ao dispositivo calibrado ou medido. Onde aplicável, a incerteza deve cobrir as mesmas contribuições para a incerteza que foram incluídas na avaliação da CMC, exceto que os componentes de incerteza avaliados para o “melhor dispositivo existente” devem ser substituídos por aqueles oriundos do dispositivo efetivamente calibrado.

Comentário: Quando se realiza uma calibração, no cálculo da incerteza deve ser incluída contribuição da repetitividade e convém que inclua contribuições da reproduzibilidade, quando disponíveis.

NBR ISO 9104

Recomenda-se que a exatidão do sistema de padrões de referência deva ser de pelo menos três vezes melhor do que a do medidor sob ensaio.

incontrol[®]
intelligent control

 Site do Inmetro 				   	Sites de Interesse  Mapa do Site  Ouvidoria  Fale com o Inmetro 
 				Listar Laboratórios Consulta Laboratórios Consulta Serviços	
Nome do Laboratório	Descrição do Serviço	Faixa	Capacidade de Medição e Calibração (CMC)		
LC CONTROLS METROLOGIA	Medidor de Vazão Volumétrica de Água	0,2 até 36 m ³ /h	*0,2%		
		>36 até 300 m ³ /h	*0,3%		
	Totalizador de Volume de Água	0,2 até 36 m ³ /h	*0,2%		
		>36 até 300 m ³ /h	*0,3%		
LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO CONAUT MACAÉ	Totalizador de Volume de Água	1 até 100 m ³ /h	0,22%		
		>100 até 700 m ³ /h	0,18%		
LABORATÓRIO DE VAZÃO DE LÍQUIDOS INCONTROL	Totalizador de Volume de Água	> 5 l/h até 50 m ³ /h	0,05%		
		> 50 m ³ /h até 300 m ³ /h	0,06%		
		> 300 m ³ /h até 3000 m ³ /h	0,07%		

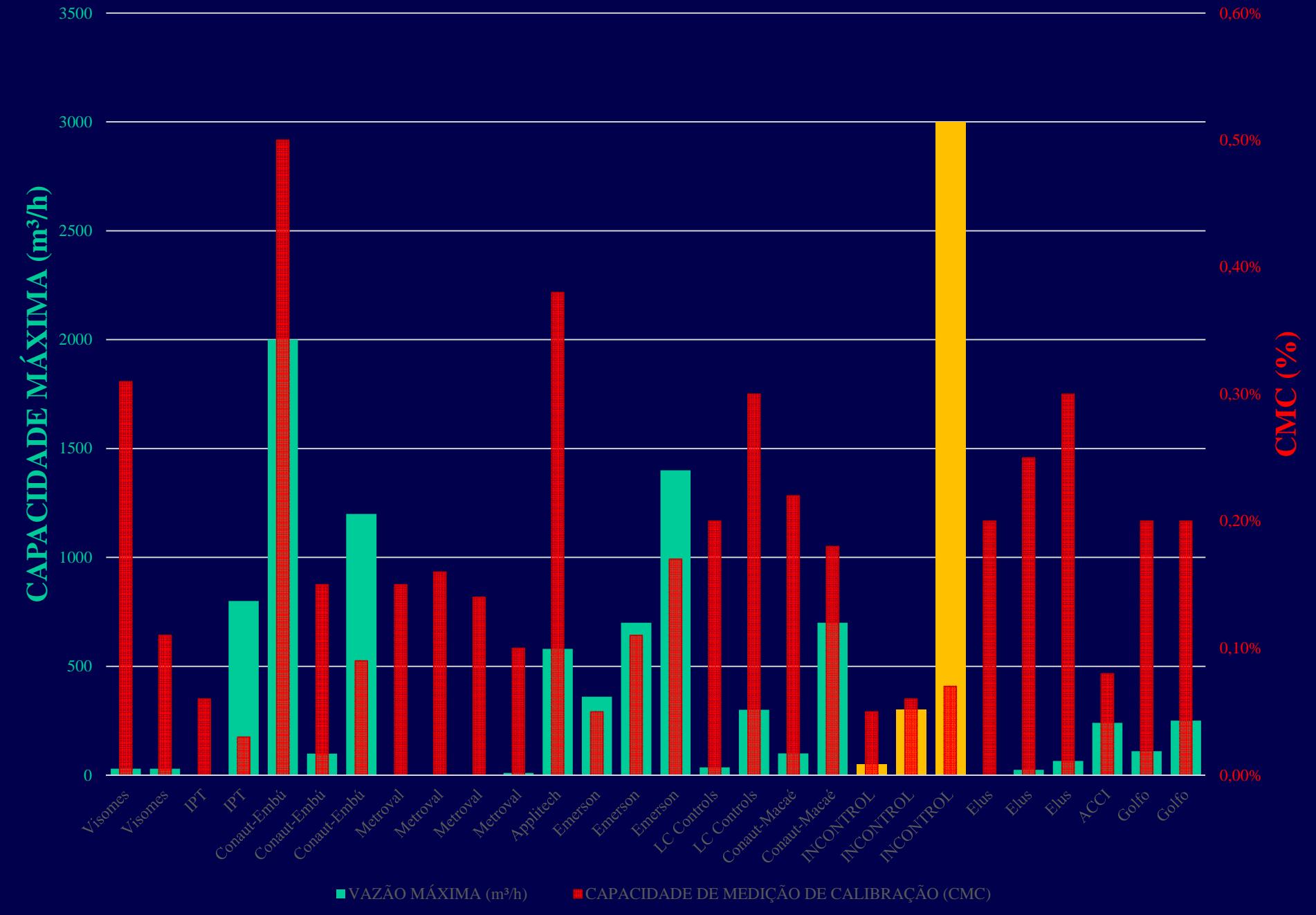
 RBC Rede Brasileira de Calibração			
----- Site do Inmetro ----- ▾			
Sites de Interesse Mapa do Site Ouvidoria Fale com o Inmetro			
Nome do Laboratório	Descrição do Serviço	Faixa	Capacidade de Medição e Calibração (CMC)
LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO METROVAL	Totalizador de Volume de Água	de 2 L/min até 100 L/min	0,15%
		>100 L/min até 300 L/min	0,16%
		>300 L/min até 514 L/min	0,14%
		>514 L/min até 10000 L/min	0,10%
LABORATÓRIO DE VAZÃO E VOLUME E MASSA ESPECÍFICA (APPLITECH)	Medidor de Vazão Volumétrica de Água	0,03 m ³ /h até 580 m ³ /h	0,38%
	Totalizador de Volume de Água	0,03 m ³ /h até 580 m ³ /h	0,38%
LABORATÓRIO EMERSON	Medidor de Vazão Volumétrica de Água	5 L/h até 360 m ³ /h	0,05%
		>360 m ³ /h até 700 m ³ /h	0,11%
		>700 m ³ /h até 1400 m ³ /h	0,17%
	Totalizador de Volume de Água	5 L/h até 360 m ³ /h	0,05%
		>360 m ³ /h até 700 m ³ /h	0,11%
		>700 m ³ /h até 1400 m ³ /h	0,17%

 Site do Inmetro ▼ WWW Sites de Interesse Mapa do Site Ouvidoria Fale com o Inmetro 				
 RBC Rede Brasileira de Calibração Listar Laboratórios Consulta Laboratórios Consulta Serviços 				
Nome do Laboratório	Descrição do Serviço	Faixa	Capacidade de Medição e Calibração (CMC)	
VISOMES METROLOGIA	Medidor de Vazão Volumétrica de Água	0,04 m ³ /h até 30 m ³ /h	0,31%	
	Totalizador de Volume de Água	0,04 m ³ /h até 30 m ³ /h	0,11%	
CENTRO DE METROLOGIA DE FLUIDOS (IPT)	Medidor de Vazão Volumétrica de Água	(0,006 até 0,8) m ³ /h (>0,8 até 800) m ³ /h	0,06% 0,03%	
	Medidores de Velocidade de Líquidos com Tubo de Pitot	(2,0 até 9,99) m/s (10,00 até 45,00) m/s	0,03 m/s a 0,06 m/s 0,11 m/s	
	Totalizador de Volume de Água	(0,006 até 0,8) m ³ /h (>0,8 até 800) m ³ /h	0,06% 0,03%	
	Medidor de Vazão Volumétrica de Água	(0,8 até 800) m ³ /h (>800 até 54000) m ³ /h	0,03% 1,99%	
	Totalizador de Volume de Água	(0,8 até 800) m ³ /h (>800 até 54000) m ³ /h	0,03% 1,99%	
	Medidor de Vazão Volumétrica de Água	$\geq 0,5$ d m ³ /h até 2000 m ³ /h	0,50%	
	Totalizador de Volume de Água	$\geq 0,5$ d m ³ /h até 99 m ³ /h >99 m ³ /h até 1200 m ³ /h >1200 m ³ /h até 2000 m ³ /h	0,15% 0,09% 0,15%	
	LABORATÓRIO DE VAZÃO E NIVEL - CONAUT EMBÚ			

 Site do Inmetro ▾ WWW Sites de Interesse Mapa do Site Ouvidoria Fale com o Inmetro 			
 RBC Rede Brasileira de Calibração			
Listar Laboratórios Consulta Laboratórios Consulta Serviços			
Nome do Laboratório	Descrição do Serviço	Faixa	Capacidade de Medição e Calibração (CMC)
ELUS Instrumentação	Medidor de Vazão Volumétrica de Água	0,005 m ³ /h até 0,5 m ³ /h	0,20%
		>0,5 m ³ /h até 25 m ³ /h	0,25%
		>25 m ³ /h até 65 m ³ /h	0,30%
	Totalizador de Volume de Água	0,005 m ³ /h até 0,5 m ³ /h	0,20%
		>0,5 m ³ /h até 25 m ³ /h	0,25%
		>25 m ³ /h até 65 m ³ /h	0,30%
ACCI LABORATÓRIO DE VAZÃO E DENSIDADE	Totalizador de Volume de Água	0,015 m ³ /h até 240 m ³ /h	0,08%
	Totalizador de Volume de Água	0,45 m ³ /h até 5 m ³ /h	0,37%
		>5 m ³ /h até 30 m ³ /h	0,25%
		>30 m ³ /h até 80 m ³ /h	0,21%
Golfo Medições	Medidor de Vazão Volumétrica de Água	1 m ³ /h até 110 m ³ /h	0,20%
	Totalizador de Volume de Água	1 m ³ /h até 110 m ³ /h	0,20%
	Totalizador de Volume de Água	1 m ³ /h até 250 m ³ /h	*0,20 %

 Site do Inmetro ▾ WWW Sites de Interesse Mapa do Site Ouvidoria Fale com o Inmetro 			
 RBC Rede Brasileira de Calibração			
Listar Laboratórios Consulta Laboratórios Consulta Serviços			
Nome do Laboratório	Descrição do Serviço	Faixa	Capacidade de Medição e Calibração (CMC)
ELUS Instrumentação	Medidor de Vazão Volumétrica de Água	0,005 m ³ /h até 0,5 m ³ /h	0,20%
		>0,5 m ³ /h até 25 m ³ /h	0,25%
		>25 m ³ /h até 65 m ³ /h	0,30%
	Totalizador de Volume de Água	0,005 m ³ /h até 0,5 m ³ /h	0,20%
		>0,5 m ³ /h até 25 m ³ /h	0,25%
		>25 m ³ /h até 65 m ³ /h	0,30%
ACCI LABORATÓRIO DE VAZÃO E DENSIDADE	Totalizador de Volume de Água	0,015 m ³ /h até 240 m ³ /h	0,08%
	Totalizador de Volume de Água	0,45 m ³ /h até 5 m ³ /h	0,37%
		>5 m ³ /h até 30 m ³ /h	0,25%
		>30 m ³ /h até 80 m ³ /h	0,21%
Golfo Medições	Medidor de Vazão Volumétrica de Água	1 m ³ /h até 110 m ³ /h	0,20%
	Totalizador de Volume de Água	1 m ³ /h até 110 m ³ /h	0,20%
	Totalizador de Volume de Água	1 m ³ /h até 250 m ³ /h	*0,20 %

Laboratórios RBC – Capacidade x CMC



CALIBRAÇÃO EM CAMPO

Os métodos mais comuns para calibração em campo são:

a) Padrões de volume ou massa

O método volumétrico e o método gravimétrico são utilizados apenas para baixas vazões, já que vazões elevadas necessitam de grandes volume ou massa e trechos retos longos, o que é bastante inconveniente e dificultoso no campo.

b) Provers (montados em skids ou trailer - tipo deslocadores (pistão ou esfera), volumétrico, etc.)

Este é o método normalmente utilizado para calibrar medidores para derivados de petróleo. Não é utilizado em água pelo seu elevado custo.

c) Por referência (master flowmeter)

O método por referência é o mais utilizado para água. Requer levantamento e cálculo de estimativa de incerteza devida a reproduzibilidade, repetibilidade, exatidão da referência, condições ambientais, etc. É comum utilizar múltiplos masters.

Para grandes diâmetros medidores de referência tipo inserção são os mais utilizados.

FATORES QUE INFLUENCIAM NA INCERTEZA DE MEDIÇÃO

- CURVA DE PERFIL DE VELOCIDADE (Nº DE REYNOLDS)
- TRECHO RETO NA MONTANTE E NA JUSANTE
- TURBULÊNCIA DEVIDA A TIPOS DE OBSTRUÇÕES (VÁLVULAS, CURVAS, ETC)
- FATOR DE OBSTRUÇÃO DO SENSOR DE VAZÃO
- MUDANÇA NO PERFIL DE VELOCIDADE DEVIDO AO SENSOR
- EXATIDÃO DO MEDIDOR DE VAZÃO DE REFERÊNCIA
- RANGEABILIDADE, NÃO LINEARIDADE DO MEDIDOR
- ERRO NO CÁLCULO DA ÁREA INTERNA DO TUBO
- RUGOSIDADE E INCRUSTAÇÃO DO TUBO
- TEMPERATURA, PRESSÃO
- POSICIONAMENTO DO SENSOR DURANTE A MEDIÇÃO
- ETC

PERFIL DE VELOCIDADE

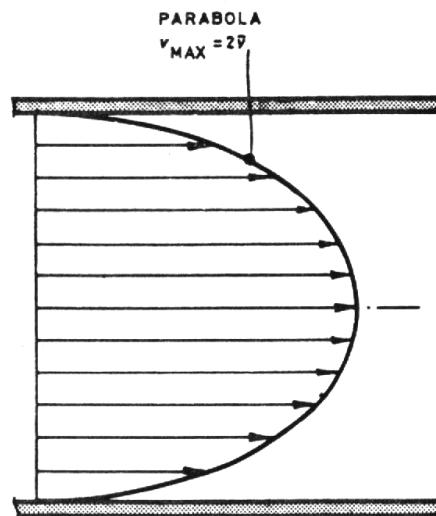


FIG 4. VELOCITY PROFILE IN LAMINAR FLOW

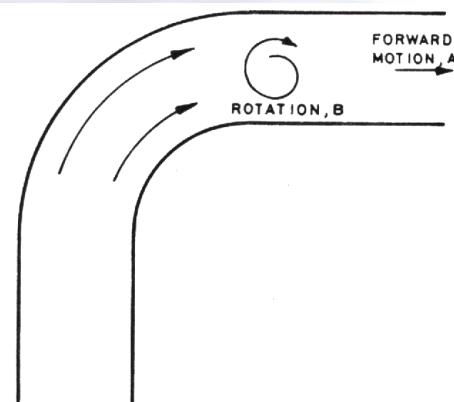


FIG 7 ROTATION IMPARTED BY A PIPE BEND

Curva de velocidade
em fluxo laminar

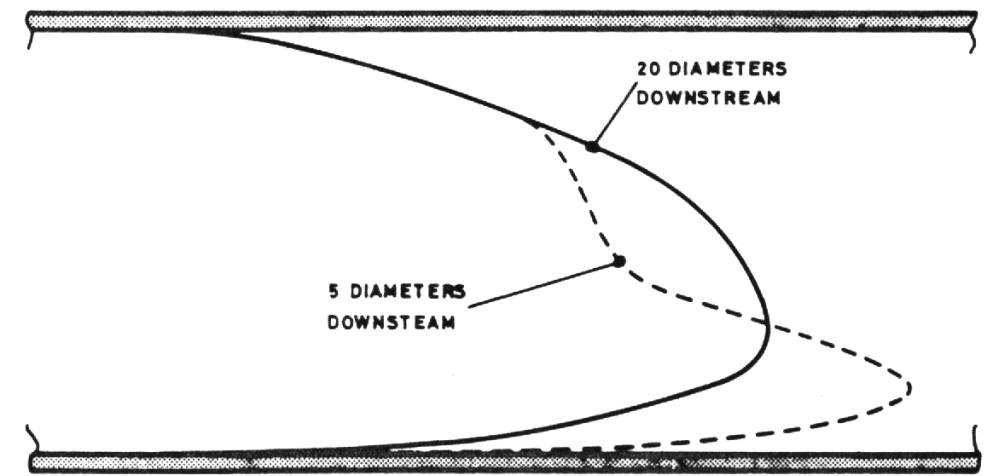


FIG 6 VELOCITY PROFILES 5 AND 20 DIAMETERS DOWNSTREAM OF A BEND IN A PIPE (FROM MEASUREMENTS AT NEL)

Curva de velocidade para trecho reto
de 5 e 20 diâmetros

Rotação do fluxo devido a
curva na tubulação

TIPOS DE MEDIDORES DE VAZÃO TIPO INSERÇÃO

- Pitot Cole
- Turbina (quadrinha)
- Eletromagnético de inserção
- Vortex
- Termal
- Ultrassônico tempo de trânsito tipo clamp on
- Ultrassônico tempo de trânsito tipo intrusivo

MEDIDOR DE VAZÃO ELETROMAGNÉTICO DE INSERÇÃO



FACILIDADE DE INSTALAÇÃO



INSTALAÇÃO EM TUBULAÇÃO DA SABESP



CONTROLE EM USINA HIDRELÉTRICA



MEDIDOR DE VAZÃO ULTRASSÔNICO HÍBRIDO (TEMPO DE TRÂNSITO E DOPPLER)



MEDIDOR DE VAZÃO ULTRASSÔNICO TEMPO DE TRÂNSITO INSTRUSIVO



NORMA SABESP NTS 280

Atualmente, a Sabesp vem realizando calibração em campo utilizando medidor Pitot, conforme a norma Sabesp NTS280.

Seria calibração ou “calibração”? Conforme mostrado acima, basicamente o que diferencia uma calibração, digamos normalizada, para outra, é o cálculo da incerteza que deve ser informada para cada medição. Entendemos como incerteza a incerteza total expandida que leva em conta no seu cálculo todas as influências a serem consideradas como fontes de incerteza da medição.

Na calibração, conforme NTS280, são levadas em conta todas as incertezas que influenciam na medição? Além do que, no exemplo citado na NTS, chegamos a incertezas da ordem de 3,8%. Surge então a dúvida, como calibrar um medidor de vazão eletromagnético de exatidão de 0,5% com uma “calibração” da ordem de 4%? Na norma “Métodos para avaliação de desempenho de medidores de vazão eletromagnético” NBR/ISO 9104:2000, ítem 4.1.4, descreve que a exatidão do sistema de padrões de referência deve preferencialmente ser de pelo menos três vezes melhor do que o medidor sob ensaio.

Como solucionar este problema?

incontrol®
intelligent control

FATORES QUE INFLUENCIAM NA INCERTEZA DE MEDIÇÃO

- ✓ CURVA DE PERFIL DE VELOCIDADE (Nº DE REYNOLDS)
- ✓ TRECHO RETO NA MONTANTE E NA JUSANTE
- ✓ TURBULÊNCIA DEVIDA A TIPOS DE OBSTRUÇÕES (VÁLVULAS, CURVAS, ETC)
- ✓ FATOR DE OBSTRUÇÃO DO SENSOR DE VAZÃO
- ✓ MUDANÇA NO PERFIL DE VELOCIDADE DEVIDO AO SENSOR
- EXATIDÃO DO MEDIDOR DE VAZÃO DE REFERÊNCIA
- RANGEABILIDADE, NÃO LINEARIDADE DO MEDIDOR
- ERRO NO CÁLCULO DA ÁREA INTERNA DO TUBO
- ✓ RUGOSIDADE E INCRUSTAÇÃO DO TUBO
- ✓ TEMPERATURA, PRESSÃO
- ✓ POSICIONAMENTO DO SENSOR DURANTE A MEDAÇÃO
- ETC

PROPOSTA DO PALESTRANTE

Exemplo:

- 1) Podemos citar o exemplo da Petrobrás, onde foi baixado uma resolução pela ANP/INMETRO (Portaria conjunto ANP/INMETRO nº 1) de que todos os medidores de vazão teriam que ser calibrados numa certa periodicidade. Pois bem, seria isso viável na prática? A realidade mostrou que não. Mesmo hoje após mais de 10 anos o regulamento não pode ser seguido totalmente.
- 2) Portaria do INMETRO nº 246 complementado pela Portaria nº 436, regulamentam a necessidade de aprovação de modelo e calibração para hidrômetros.

A Proposta:

Formar uma comissão de estudo, talvez até mesmo dentro da ABNT para fazer uma norma de calibração em campo, a exemplo das normas NBR ISO 4185 (laboratório gravimétrico) e ABNT 04:005.10-039 (ISO 8316) (laboratório volumétrico).

Obrigado!

Willian Abe

email: willianabe@levelcontrol.com.br

Tel.: (11)3488-8970

Cel.: (11)99430-9425

incontrol®
intelligent control