

SUPORTE METROLÓGICO E LABORATORIAL NO USO E APLICAÇÃO DE GÁS NATURAL

Marcos Tadeu Pereira
Chefe do Laboratório de Medidas de Vazão/IPT

Hoje, as atividades relacionadas à medição de vazão, como, por exemplo, comercialização de insumos, produção de instrumentos ou controle de processos são objeto de muita atenção em todo o mundo, devido aos elevados recursos financeiros envolvidos.

Os líderes no desenvolvimento da tecnologia e da técnica de medição de vazão são atualmente Grã-Bretanha, Alemanha, Japão, EUA, Holanda e Noruega, e no presente artigo será descrito, com algum detalhe, parte das recentes inovações tecnológicas produzidas nestes países, bem como as implicações e lições que podem ser utilizadas para o desenvolvimento deste setor em nosso País.

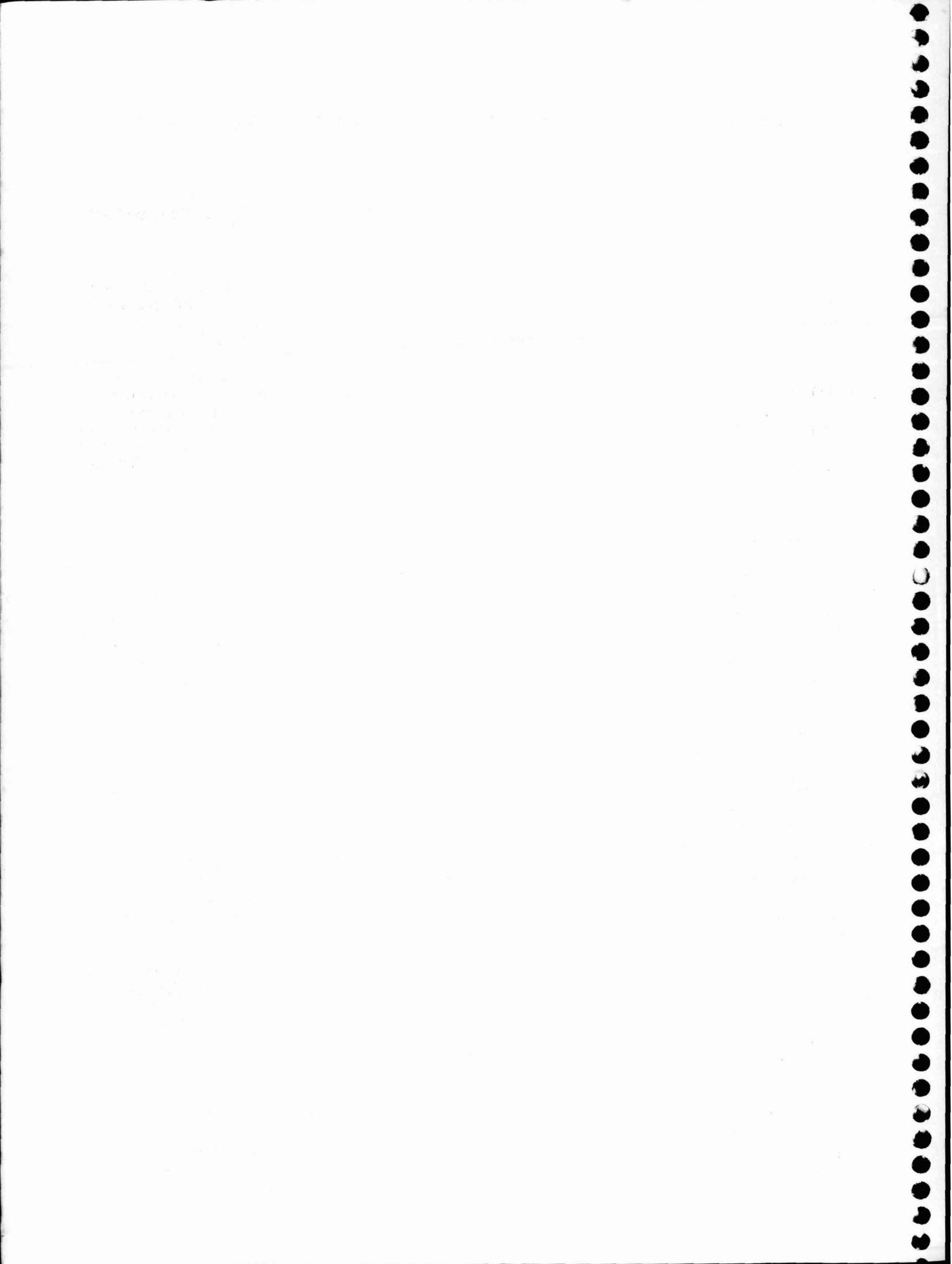
1 Aspectos Econômicos

Desde a década de 60, com o advento do uso intensivo do gás natural, diversos países desenvolvidos foram obrigados a implantar estruturas metrológicas e montar Laboratórios Nacionais de Referência para a medição de vazão de gás. As justificativas econômicas para o dispêndio dos recursos necessários para a implantação destes laboratórios sempre foi dada com base no alto valor dos volumes comercializados, como mostram alguns dados econômicos mencionados a seguir.

A Holanda foi o primeiro país a usar e vender intensivamente gás natural e a implantar uma cadeia metrológica para medidores de vazão de gás. Em 1989 foram vendidos, por uma única companhia¹, 72 bilhões de m³ de gás natural, sendo 32 bilhões destinados para a exportação. Estas vendas ainda são, em sua maioria, efetuadas com placas de orifício e apesar da incerteza teórica, calculada de acordo com a norma ISO 5168, estar ao redor de 0,8%, foram encontrados em algumas instalações, por exemplo, erros de medição superiores a 1,7%. Ressalta-se que na Holanda, apenas 0,1% de erro na medição de vazão para exportação significa 3,2 milhões de dólares transferidos indevidamente para o comprador ou para o consumidor.

Nos Estados Unidos, que gastam aproximadamente 843 milhões de dólares/ano em medidores de vazão, há uma capacidade instalada de processamento de 1,8 bilhão₃ m³/dia de gás natural², sendo medidos cerca de 500 bilhões m³/ano, através de 42 milhões de medidores, a um custo de 50 bilhões de dólares por ano³. Uma incerteza adicional de 0,1% acarretaria 50 milhões de dólares de transferência indevida de recursos.

Na Grã-Bretanha são gastos ao redor de 50 milhões de dólares/ano com medidores de vazão e o valor dos fluidos medidos pela indústria do óleo e gás chega a 40 bilhões de dólares/ano. Apenas 0,1% de erro na medição de gás para exportação representa



mais de 8 milhões de dólares/ano.

A Noruega exporta 30 bilhões m^3 /ano de gás natural e 0,1% de erro na medição representa aproximadamente 3 a 5 milhões de dólares/ano.

No Brasil, a história do gás natural está praticamente começando, porém, já são vendidos em média 8,5 milhões de m^3 /dia deste gás pela Petrobrás⁴, existindo ainda grandes quantidades de gás de nafta comercializado por algumas concessionárias. Há previsões de que em dez anos, o volume do gás natural se aproxime dos 40 milhões m^3 /dia, sem contar as previsões de compras da Bolívia (que eventualmente poderiam chegar a 16 milhões m^3 /dia) e da Argentina, bem como a exploração de outras fontes no país. Há perspectivas de crescimento dos atuais 2% de participação do gás na matriz energética, para 9,8%, já no final do século.

Há uma certa dificuldade em se quantificar qual o custo médio do m^3 do gás no Brasil, devido a existência de várias tarifas; mas se for assumido que o preço médio do gás nacional é semelhante ao do exterior (0,15 dólar/ m^3), atualmente seriam vendidos cerca de US\$500 milhões por ano. Esta cifra, apesar de ainda pequena, é preocupante se for levado em conta que não sabe qual o erro cometido atualmente: se o erro sistemático médio estiver ao redor de 1%, os valores cobrados indevidamente seriam de aproximadamente 5 milhões de dólares por ano. Alguns resultados de aferições e perícias realizadas por técnicos do IPT mostram que há casos com erros bem superiores a 1%. Assim, é evidente que os montantes envolvidos já conseguem justificar o investimento necessário na implantação de um Laboratório de Referência no país.

No entanto, a situação não é crítica somente com o gás: todos os derivados líquidos de petróleo e produtos da área química têm um valor elevado e pequenos erros de medição podem acarretar grandes consequências financeiras. Mesmo fluídos aparentemente baratos, como, por exemplo, a água, impressiona pelos números: só a transferência de água do Mississipi para o Texas envolve o custo de 1,3 bilhões de dólares/ano⁵. Na Inglaterra, a água doméstica representa um negócio de cerca de 2 bilhões de dólares/ano⁶, e no Brasil existe mais de 10 milhões de hidrômetros instalados, possibilitando vendas da ordem de 1 bilhão de dólares por ano⁶.

2 Fontes de Erro na Medição de Vazão

Das grandezas envolvidas em processos industriais, a vazão é aquela que apresenta os maiores erros de medição, em parte devido à natureza dinâmica da medição, às dificuldades ligadas à natureza do fluido que está sendo medido e à própria impossibilidade de se encontrar padrões adequados.

Como a rigor não se pode falar em um padrão de vazão, pela própria impossibilidade de se transportar um m^3/s ou um kg/s , deve ser ressaltado que a saída encontrada foi a troca de equipamentos e instalações que, dentro de determinadas condições reproduzem, da melhor maneira possível, uma determinada condição de vazão. Esta é uma área de atuação que possui incertezas muito grandes, em comparação com os padrões de grandezas fundamentais como, por exemplo, comprimento e tempo (0,1% de incerteza em medição de

vazão é muito difícil de ser atingido, enquanto se consegue facilmente níveis de incerteza mil vezes menores em grandezas como tempo ou comprimento).

Atualmente são empregados milhões de dólares em pesquisas, sendo a maior parte destes recursos gastos na tentativa de se diminuir as influências de erros de medição, englobando: escolha adequada do medidor, efeitos de instalação incorreta, de perfis de velocidades distorcidos, de rugosidade superficial, de tomadas de pressão, de instrumentação secundária, de efeitos dinâmicos causados pelo escoamento, das equações empregadas etc, existindo a respeito, vasta literatura publicada no exterior e, infelizmente, pouco divulgada no Brasil.

3 Metrologia de Vazão de Gás

No Brasil não existe ainda uma estrutura física ou mesmo teórica que discrimine qual a cadeia metrológica a ser utilizada e que especifique claramente quais os processos a serem observados e quais os equipamentos a serem utilizados nas aferições. Para subsidiar o debate desta questão, alguns exemplos de instalações em outros países são fornecidos a seguir .

3.1 Grã-Bretanha

Na Figura 1 é apresentada a cadeia de rastreabilidade adotada na Grã Bretanha .

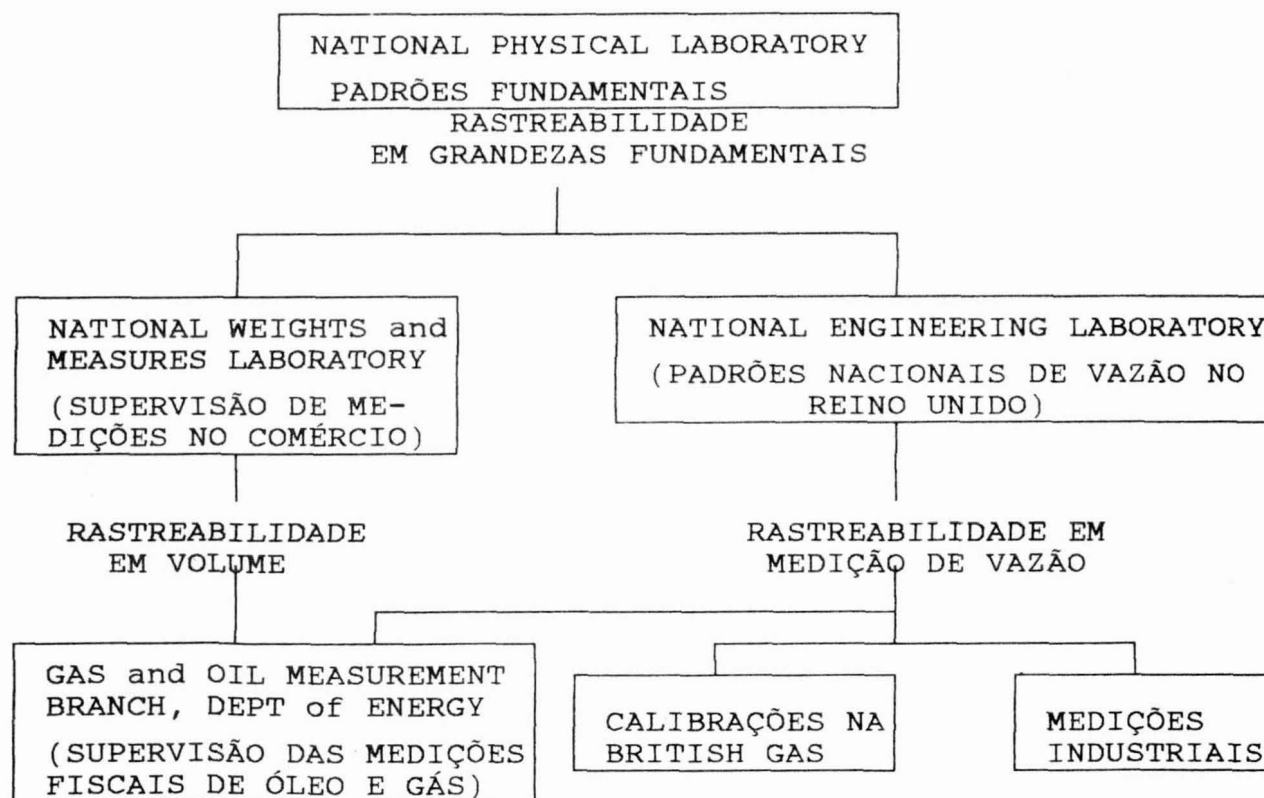


Figura 1- Cadeia de Rastreabilidade da Grã Bretanha

O laboratório britânico encarregado da manutenção dos "padrões" de vazão, o National Engineering Laboratory (NEL), pode aferir medidores através de nove métodos complementares, apresentados na Tabela 1.

TABELA 1 - Métodos padronizados utilizados no NEL

Nº	Método	Vazão (m ³ /s)		Pressão máxima	Incerteza estimada(%)
		mínima	máxima		
1	Bureta com filme de sabão	0	0,0002	amb.	± 0,5
2	Gasômetros		0,01	"	± 0,25
3	Bocais sônico pequenos	0,00001	0,002	7 bar	± 0,5
4	Med. deslocamento positivo	0,000005	0,2	7 bar	± 1,0
5	Placas de orifício	0,1	3	amb.	± 0,5
6	Medidores "Low Loss"	0,1	5	amb.	± 1,0
7	Pitots	veloc. >15 m/s		amb.	± 1,0
8	Padrão gravimétrico	0,005kg/s	4kg/s	50 bar	± 0,25
9	Bocais sônicos	0,005kg/s	4kg/s	50 bar	± 0,3

3.2 Holanda

A Holanda possui um laboratório central, o NMI (National Measurement Institute), encarregado dos "padrões" de vazão em baixas pressões, e três outros com instalações de alta pressões, rastreadas ao NMI e constantemente aferidas por aquele órgão. Na Tabela 2 encontram-se os métodos utilizados no NMI⁸.

TABELA 2- Métodos padronizados utilizados no NMI

Nº	Método	Vazão Máxima m ³ /h	Pressão	Incerteza (%)
1	sistema básico de verificação	6	ambiente	0,01
2	gasômetro 500 L	50	"	0,02
3	medidores deslocam. positivo	65	"	0,04
4	gasômetro 3.500 L	400	"	0,08
5	conj.med.deslocamento positivo	400	8 bar	0,13
6	conj.med.deslocamento positivo	4.000	40 bar	0,13
7	conj.med.deslocamento positivo	40.000	40 bar	0,26

3.3 Alemanha

Na Alemanha⁹, o padrão inicial é um gasômetro de 1.000L que permite vazões de até 100 m³/h e incerteza estimada de 0,10%¹⁰. Possuem, ainda, uma série de medidores de rotor semi-submerso¹⁰ (com vazões entre 2 e 300 m³/h), dois medidores de pistão rotativo com servo motores (com incerteza de medição inferior a 0,1%) e linhas com turbinas e pistões rotativos com vazões de até 6.500 m³/h. Recentemente, foram instaladas linhas de calibração com

bocais sônicos com vazões compreendidas entre 2 a 1000 m³/h e incertezas menores que $\pm 0,25\%$.

5. Desenvolvimentos Recentes nos Conceitos de Erro, Incerteza, Exatidão.

Devido às dificuldades relativas à medição de vazão é importante que na expressão de resultados fique claro qual a incerteza associada. A ISO 5168 lançou alguma luz sobre este assunto e, atualmente, já é possível uma uniformidade grande de linguagem e método de cálculo da incerteza. No Brasil este assunto ainda é muito pouco conhecido.

Hoje pode-se distinguir entre erro e incerteza de um resultado. Erro é a diferença entre o valor medido e o valor verdadeiro¹¹ de um resultado, e a incerteza expressa o grau de confiança que se tem em um resultado, sendo o termo que deve ser utilizado ao se comentar um valor.

A incerteza é fornecida sempre com um nível de confiança, geralmente de 95%. Por exemplo, quando se emite o resultado de um ensaio como $252 \pm 5 \text{ m}^3/\text{h}$, significa que quando se fizer uma medida e se obtiver $252 \text{ m}^3/\text{h}$, há 95% de chance de que o valor verdadeiro esteja entre 247 e $257 \text{ m}^3/\text{h}$.

Exatidão é uma palavra geralmente utilizada de maneira equivocada, pois fornece apenas uma indicação qualitativa de quão próximo um resultado está do valor verdadeiro, não se podendo associar um número a este conceito. Se for necessário um resultado numérico, deve-se exprimi-lo através da incerteza.

Segundo uma tendência européia recente, parece que a palavra a ser mais usada na definição das propriedades de um medidor será repetibilidade, definida como "o valor abaixo do qual deve ficar a diferença entre dois resultados de teste, obtidos com o mesmo método, sob as mesmas condições (operador, aparato, laboratório) em um curto intervalo de tempo dentro de uma probabilidade especificada. A repetibilidade deve ser calculada por $2,83 S$, onde S é o desvio padrão.

6 Tendências metrológicas

6.1 Placas de orifício

Devido ao uso do gás natural, as placas de orifício voltaram a ser extensivamente pesquisadas. Os dados utilizados pelas normas ISO 5167/1980, ASME e AGA refletiam os resultados de apenas 303 pontos experimentais levantados⁷ na década de 30, pelo Prof. Beitler, na Universidade de Ohio. Nos anos 70, Stolz gerou uma equação a partir destes dados que é utilizada na ISO 5167/80 e, em 1988, Reader-Harris e Sattary compilaram os resultados de dez anos de experiências realizadas na década de 80 por laboratórios europeus e americanos, publicando uma nova equação para o coeficiente de descarga, aceita pela comunidade internacional em

um encontro em New Orleans, em 1988¹², apresentada a seguir só para efeito de ilustração.

$$C = 0,5960 + 0,0313 B^2 - 0,225 B^8 + 0,000526 (10^6 B/R_{eD})^{0,7} + (0,0166 + 0,0035A)B^4 \times \max\left(\frac{10^6 L_1}{R_{eD}}\right)^{0,4}, \frac{37,6 - 8000 (R_{eD}/10^6)}{10^6} + (0,0433 + 0,0712 e^{-8,5L_1/R_{eD}} - 0,1145 e^{-6L_1/R_{eD}}) \times (1 - 0,23A)B^4 / (1 - B^4) - 0,0116(M'_2 - 0,52M'_2)^{1,3} \times (1 - 0,14A)B^{1,1}$$

onde:

$$M'_2 = \frac{2 L'_2}{1 - B} \quad A = \left(\frac{19.000B}{R_{eD}}\right)^{0,8}$$

e

B = relação entre diâmetros

A norma ANSI 2530-1991 adota formalmente esta equação, apresentada de forma ligeiramente diferente.

Em diversos laboratórios estão sendo pesquisados os efeitos da instalação, excentricidade, dimensões do canto vivo, tomada de pressão e medição de pressão diferencial. Estas modificações deverão ser adotadas na próxima revisão da ISO 5167.

6.2 Bocais sônicos

Os bocais sônicos deverão dominar a cena nas intercomparações laboratoriais e na transferência de valores de vazão (custody transfer). O fato de serem medidores pequenos, sem partes móveis, de utilização mais simples que placas de orifício, com instalação mais barata, de transporte fácil e de se conseguir uma incerteza de medição pequena (0,2% de incerteza é um número muito citado na literatura) é determinante.

Apenas em 1987 surgiu a ANSI MFC-7M, primeira norma sobre bocais, que ainda não é totalmente aceita. Em todos os grandes laboratórios existe pessoal científico estudando estes medidores, especialmente os aspectos relativos à forma, à rugosidade e às equações de estado do gás nas condições críticas. No momento há 17 equações de estado sendo utilizadas por diversos laboratórios, dedicadas às diferentes composições de gás.

O país mais avançado no desenvolvimento de bocais sônicos é o Japão, onde o National Research Laboratory of Metrology (NRLM) desenvolveu um tipo com acabamento espelhado, com rugosidade Ra < 0,03 micrometros, sem concorrentes nesta área.

6.3 Tendências para medidores de vazão de tecnologia recente

As turbinas deverão continuar a substituir, pouco a pouco, parte das placas de orifício na metrologia legal e serão extensivamente pesquisadas nos próximos anos. Deverão ser empregados adimensionais, diferentes do fator K, ao menos para turbinas que transportem diversos tipos de gases, em várias condições de pressão.

Os medidores do tipo Vórtice (Vortex Shedding Meter) estão sendo muito estudados nos laboratórios de primeira linha. Do Japão à Grã-Bretanha está se procurando entender e desenvolver melhor este medidor que possui algumas características notáveis: baixa incerteza e custo, com boa faixa de operação. Na Noruega este medidores já são utilizados na metrologia legal, para a medição de gás desembarcado por navios.

Os medidores mássicos tipo Coriolis também estão sendo bastante estudados na Grã Bretanha e no Japão, devendo-se provavelmente esperar por um crescimento na sua utilização, especialmente em algumas aplicações automotivas.

Os escoamentos bifásicos começam a ser extensivamente estudados: há evidentes interesses da indústria petrolífera em reduzir o espaço ocupado em plataformas e medir a vazão de misturas óleo/gás antes de separar as fases. Existem grupos estudando o assunto, tentando desenvolver um medidor bifásico.

Foi desenvolvido pela British Gas um medidor ultrasônico por tempo de trânsito, com quatro feixes de sinal, aparentemente muito bom para a medição de gás, e no Karsto Laboratory também está se pesquisando um medidor deste tipo, em conjunto com um fabricante.

Em vários laboratórios de primeira linha estão sendo utilizados "Servo P.D.Meter" como padrões de transferência. Estes medidores possuem mecanismo medidor do tipo lóbulos, porém com um motor elétrico, acionado e controlado por um servo-mecanismo, que gira o rotor do medidor visando provocar uma diferença de pressão igual a zero entre a entrada e a saída do medidor, garantindo desta forma um mínimo de vazamento entre rotor e carcaça, implicando incertezas inferiores a 0,1%.

6.4 Financiamento de pesquisa através de consórcios

Uma tendência moderna é o financiamento de estudos, pesquisas e desenvolvimentos através de consórcios de usuários. Esta forma de trabalho implica o rateio de custos entre diversos fabricantes, o que permite diminuição de custos. Os resultados são compartilhados por todos os consorciados e, caso haja interesse, trabalhos particulares são fornecidos aos interessados específicos.

A proliferação deste tipo de trabalho está sendo muito rápida: havia no NEL em 1986 apenas um consórcio de fabricantes de turbinas e um de ventiladores financiando pesquisas, situação que evoluiu em 1991 para um número expressivo de consórcios, podendo-se citar: de dez fabricantes para estudar o efeito de viscosidade em turbinas pequenas, de oito interessados no estudo em computador de medidores do tipo coriolis, de onze interessados visando o desenvolvimento de um medidor multifásico, além de consórcios financiando estudos de efeitos do sistema sobre ventiladores e de métodos de amostragem de gás "on line".

No NRLM há consórcios financiando o estudo de medidores dos tipos vórtice, bocal sônico e tipo ultrasônico. Têm uma excelente interface com o setor industrial, tendo conseguido ao longo dos anos estabelecer uma relação complementar extremamente proveitosa com a iniciativa privada. Também no Karsto Laboratory existem

consórcios financiando o desenvolvimento de medidores ultrassônicos para gás, de bocais sônicos e de condicionadores de escoamento.

6.5 Instalações primárias para aferição de medidores de gás

Hoje são três os métodos primários utilizados: gasômetro, método gravimétrico e método PVTt. Talvez até se pudesse incluir nesta relação os "piston provers", mas ainda são pouco estudados para gás e existem dúvidas se estes podem se encaixar nesta categoria de métodos primários.

Entre os laboratórios nacionais mais importantes, o NEL (Grã Bretanha), o Physikalisch-Technische Bundesanstalt-PTB (Alemanha), o NMI (Holanda) e o NRLM (Japão) utilizam gasômetros como padrões.

Atualmente, três laboratórios utilizam métodos gravimétricos para aferição de medidores de vazão de gás: o NEL, o Karsto (Noruega) e o de Kazan (antiga URSS), com instalações muito complexas e caras e que dificilmente serão repetidas em outros países. Nestas instalações são aferidos bocais sônicos, colocados em linha com sistema de pressão, válvula desviadora e uma esfera de aço que tem seu peso medido por uma balança de efeito giroscópico.

Para ilustrar, no caso do Karsto Laboratory, que começou a operar em 1989, o reservatório de aço possui uma tara de 9 toneladas, o peso do gás desviado para dentro do reservatório de pesagem é de aproximadamente 600 kg, sendo medido com uma incerteza de 50 g. O investimento inicial para a sua construção foi de 34 milhões de dólares, e o custo operacional anual (15 funcionários) é de aproximadamente 3,3 milhões de dólares. Funciona em uma faixa de pressão de 20 a 150 bar, utiliza gás natural ou nitrogênio como fluido de trabalho e mede até 65 kg/s (ou 6.500.000 m³/dia), com incerteza inferior a 0,25%. Aparentemente, todas as aferições nesta faixa de altas pressões deverão ser rastreadas a este laboratório.

Há dois bons laboratórios utilizando métodos volumétricos PVTt para aferir medidores de vazão: o National Institute for Standards and Technology (NIST) e o NRLM, também com instalações extremamente caras e complexas. No caso japonês¹³, o sistema utiliza reservatórios de 10 m³ envoltos por camisas de água para estabilização da temperatura, onde são medidos simultaneamente perto de 50 pontos de temperatura no interior do reservatório, utilizados para correções posteriores; a variação de temperatura é inferior a 0,05°C. Utilizam fluido de trabalho selado e válvula desviadora especialmente desenvolvida para possibilitar erros de nível muito baixo. A incerteza das medições é inferior a 0,1%, e a vazão máxima é de 900 m³/h.

6.6 Controle de qualidade de medições

Cada vez mais os meios de gerenciamento da metrologia de fluidos se tornam sofisticados, porém, sempre se deve ter em mente que caso os medidores não estejam aferidos ou instalados corretamente, de nada irá adiantar o dispêndio de recursos para a

informatização de sistemas de medição. Apenas para ilustrar a preocupação com a qualidade das medições de vazão, nas refinarias da Noruega, segundo regulamentação do Norwegian Petroleum Directorate (NPD), os transdutores de pressão sofrem aferição mensal e são utilizados termômetros de resistência tipo PT100 que, por legislação, devem ser aferidos todo mês e substituídos a cada ano.

6.7. Aferição a Laser

No PTB estão sendo desenvolvidos atualmente os métodos mais avançados do mundo para a medição de vazão de gases. Foi montado um laboratório que utiliza um sistema de anemometria a laser e um complexo sistema de posicionamento do feixe de raio (só o mecanismo custou entre 2 a 3 milhões de dólares). Segundo resultados iniciais é possível medir vazões de gás entre 128 a 5500 m³/h, com incerteza inferior a 0,1%. Seus técnicos desenvolveram um sistema laser miniaturizado, que pretendem que seja utilizado por centros laboratoriais como um padrão de transferência. Como é uma tecnologia muito diferente da convencional, certamente deverá se passar um bom tempo antes deste método ter seu valor técnico provado.

7 Situação Atual da Medição de Vazão no Brasil

Apesar dos números significativos relacionados à medição de vazão no país, ainda há uma substancial quantidade de problemas a serem resolvidos, destacando-se a insuficiência de:

- . Normas Técnicas para a grande maioria dos medidores;
- . estrutura metrológica para a vazão de fluidos;
- . formação específica aos engenheiros.

7.1 Normalização

Nos últimos quatro anos foram produzidas na CE 4:005.10, do CB4 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), as seguintes normas:

- Medidores de Vazão de Fluidos - Classificação
- Medidores de Vazão de Fluidos - Terminologia
- Hidrômetro Taquimétrico para Água Fria - Especificação
- Hidrômetro Taquimétrico para Água Fria - Padronização
- Hidrômetro Taquimétrico para Água Fria - Terminologia
- Hidrômetro Taquimétrico para Água Fria - Métodos de Ensaio.

Foram elaborados os seguintes projetos de norma, que aguardam resolução de problemas burocráticos com a ABNT:

- Medição de vazão de fluidos por meio de placas de orifício, bocais e tubos de Venturi inseridos em uma seção transversal circular de condutos forçados;
- Placas de orifício para diâmetros de tubulação inferiores a 50 mm.

Estão em fase final de preparação as normas:

- Medidores de Vazão tipo Turbina para Gases - Especificação
- Medidores de Vazão tipo Turbina para Gases - Padronização
- Medidores de Vazão tipo Turbina para Gases - Método de Ensaio
- Medidores de Vazão para Gás tipo Diafragma - Especificação
- Medidores de Vazão para Gás tipo Diafragma - Padronização
- Medidores de Vazão para Gás tipo Diafragma - Métodos de Ensaio

Estão em fase inicial de elaboração as normas de Medidores Volumétricos para Líquidos Diferentes de Água, e de Hidrômetros tipo Woltmann. No entanto, além da publicação destas normas, é necessário, que se façam ainda normas para:

- . cálculo de incertezas
- . tubos de Pitot
- . medidores eletromagnéticos
- . método de aferição gravimétrico para líquidos
- . gasômetro
- . "provers", do tipo compact
- . medidores do tipo Coriolis
- . medidores do tipo Vórtice
- . instrumentação secundária (pressão, temperatura, densidade)
- . bocal sônico
- . medição de escoamento pulsante
- . medição através de calhas e vertedouros
- . critérios para a seleção de medidores de vazão

O caminho a ser percorrido é longo, especialmente se for levado em consideração que o tempo médio para a execução de uma norma desta área tem sido de aproximadamente 4 anos. Dessa forma, é necessário que haja um esforço concentrado para se abreviar este tempo, ainda mais agora que, com a unificação de normas no Mercosul, torna-se imprescindível que as normas brasileiras sejam no mínimo iguais ou melhores que as de nossos vizinhos, para que estejamos preparados para defender corretamente nossos interesses.

7.2 Estrutura metrológica

Como já foi dito anteriormente, todo país desenvolvido possui um laboratório convenientemente dotado com as referências nacionais para as grandezas de interesse. No Brasil, o Instituto Nacional de Metrologia e Qualidade Industrial (INMETRO) é o laboratório que deve se responsabilizar pela rastreabilidade das grandezas primárias. Entretanto, por uma série de motivos, o INMETRO não possui uma atuação clara na área de vazão de gás e, assim, as medições efetuadas no país não possuem todas a mesma origem, na mesma cadeia metrológica.

Presentemente, concessionárias de gás e fabricantes nacionais de medidores possuem laboratórios com diferentes graus de qualidade e que não se referem a uma única cadeia metrológica estabelecida. Cada concessionária e cada fabricante têm seus medidores de referência (comumente chamados "masters") referidos a laboratórios de origens e hierarquias diferentes, no exterior. Se for efetuada uma intercomparação, com certeza as diferenças serão grandes, uma vez que os medidores utilizados nos laboratórios brasileiros nunca foram aferidos diretamente nos laboratórios

primários de países do exterior; para reforçar esta afirmação, deve ser lembrado que os próprios laboratórios nacionais de cada país realizam intercomparações de mesma hierarquia entre si e encontram ocasionalmente diferenças substanciais em seus resultados.

Esta situação pode ser resolvida, em parte, com a utilização do Laboratório de Vazão que está sendo montado no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), o qual pretende funcionar segundo a cadeia metrológica mostrada na Figura 2. O Laboratório atualmente ainda trabalha rastreado a faixas de vazão do NIST, da rede francesa de calibração e do NMI, porém, a sua entrada em funcionamento total está programada para 1993, quando deverá utilizar os padrões SBV e Gasômetros (desenvolvidos internamente) e se reportar ao tempo e massa padrão do INMETRO.

Deve ser notado que a cadeia metrológica proposta para o Brasil é idêntica à adotada na Grã-Bretanha, conforme a Figura 1, onde se mostrou que o NPL é o responsável pela manutenção de todos os padrões do Reino Unido, exceto pela área de vazão, delegada a um instituto tecnológico como o NEL, que por sua vez é rastreado a todas as variáveis do NPL. Assim, estima-se que no Brasil o INMETRO representa o mesmo papel que o NPL na Grã Bretanha, e que o IPT poderia desempenhar a mesma função que o NEL na área de vazão.

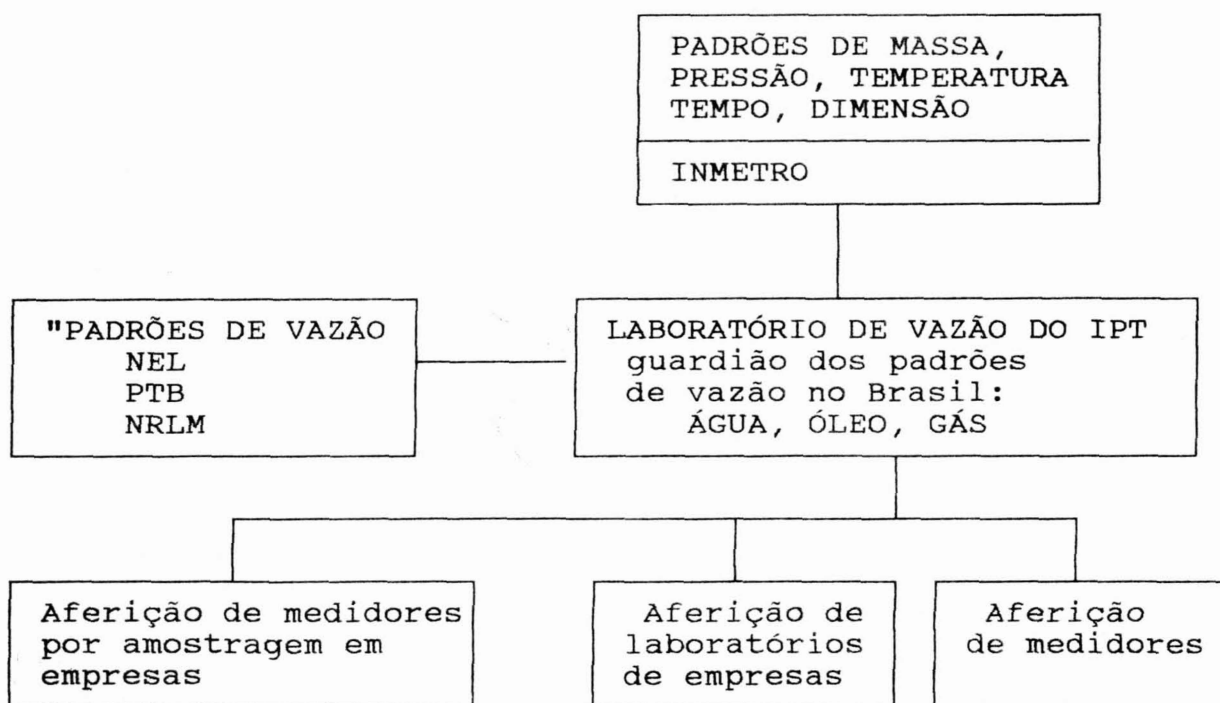


Figura 2 - Proposta de cadeia metrológica de vazão para o Brasil

A melhor alternativa que se coloca neste momento para o país, em termos de metrologia de gás, seria um amplo entendimento entre INMETRO/Fabricantes/Consumidores/IPT, para que se inicie um trabalho de rastreabilidade dos medidores do país no Laboratório de Vazão do IPT, sob supervisão do INMETRO.

Desta forma, todas as medições efetuadas no país possuiriam uma única raiz e se poderia ter uma idéia da incerteza sistemática existente. Com a existência desta raiz única se conseguiria, com mais facilidade, realizar intercomparações com laboratórios nacionais de primeiro nível e, deste modo, diminuir a incerteza sistemática das medições efetuadas no país. Isto é necessário porque, a rigor, ninguém tem idéia de qual é o erro cometido hoje na medição em nosso país. Ninguém sabe se está comprando, por exemplo, gás natural com uma incerteza de $\pm 0,5\%$, de $\pm 5\%$ ou $\pm 10\%$ e pode-se imaginar o que isto significa quando se tem no país consumidores de até 1.000.000 m³/dia de gás natural¹².

7.3 Instalações físicas

Como o INMETRO não possui instalações e equipamentos para a aferição de medidores de vazão de gás, propõe-se aqui que se aproveite o Laboratório de Vazão do IPT como referência a nível nacional, uma vez que este Instituto tem sido financiado pelo Banco Mundial/Finep para montar um Laboratório de Avaliação de Medidores de Vazão, e está construindo um prédio com cerca de 1.000 m² para abrigar os Laboratórios de Gás (semelhante ao do NMI), de Água (com semelhanças ao do NEL), de Anemometria e de Ventiladores.

Já foram investidos em compra de instrumentos e equipamentos aproximadamente 1 milhão de dólares, e o prédio encontra-se com mais de 30% do total já construído.

Nas Tabelas 3 e 4 são apresentados os equipamentos que já se encontram em operação no Laboratório de Vazão.

Tabela 3 Medidores de Vazão rastreados ao exterior, em operação no Laboratório de Vazão do IPT

MEDIDOR	INCERTEZA %	FAIXA m ³ /h
1 Wet test	0,25 a 0,5	0,1
2 Wet test	0,25 a 0,5	0,7
2 Wet test	0,25 a 0,5	3
1 Wet test	0,25 a 0,5	8
1 Wet test	0,25 a 0,5	24
1 Pistão rotativo	0,5 a 1	6 a 60
1 Pistão rotativo	0,5 a 1	10 a 100
1 Pistão rotativo	0,5 a 1	16 a 100
1 Pistão rotativo	0,5 a 1	30 a 300
1 Lóbulos	0,5 a 1	3 a 65
1 Lóbulos	0,5 a 1	8 a 160
1 Lóbulos	0,5 a 1	20 a 400
1 Turbina	0,5 a 1	32 a 650
1 Turbina	0,5 a 1	50 a 1000
1 Turbina	0,5 a 1	80 a 1600
1 Diafragma	1	32
1 Padrão volumétrico	1%	0,0012 a 12
2 Laminar flow	1,5%	6 a 700

Tabela 4 Medidores e padrões não rastreados ao exterior

MEDIDOR	INCERTEZA ATUAL %	FAIXA m ³ /h
Gasômetro 4000 L	0,5	350
Gasômetro 500 L	-	60
SBV	0,5	18
Placa	0,8 a 1,5	200
Placa	0,8 a 1,5	600
Placa	0,8 a 1,5	1000
Bocal sônico	implantando	
Câmara de bocais	1,5	1200
Câmara de bocais	1,5	10000
Câmara de bocais	1,5	30000

7.4 Formação de pessoal

É preciso vencer ainda diversas etapas relativas à ausência de uma cultura metrológica na área de vazão, no País. A formação recebida em nossas escolas de engenharia não é a ideal, tem-se de uma maneira geral pouquíssimo contato técnico com o exterior, a circulação de informações técnicas é muito ruim, há poucos cursos de curta duração para a preparação de técnicos e de engenheiros e a participação nas atividades de elaboração de Normas Técnicas poderia ser maior.

8 Conclusão

Felizmente parece ser inevitável o desenvolvimento da chamada "indústria do gás" em nosso País, com todas as implicações decorrentes: geração de empregos e de riqueza e um certo número de problemas a serem resolvidos. Dentre estes problemas ressalta-se o de se efetuar corretamente as medições de vazão, para que não existam consumidores ou fornecedores lesados.

Todas as sociedades modernas têm relações de troca muito bem estabelecidas e reguladas, e no caso discutido brevemente neste artigo, foi mostrado que o Brasil ainda está longe de uma condição satisfatória. E assim, talvez, o melhor caminho neste momento seja um entendimento que possibilite ao IPT vir a ser usado como referência nacional para medição de vazão, sob a supervisão do INMETRO.

Referências Bibliográficas

1. van der Kam, P.M.A., Ram, A.M. - Gasunie Selects Turbine Meters for Renovated Expert Metering Stations. Oil & Gas Journal, Dec. 24, 1990.

2. Oil & Gas Journal, Jul, 1989.
3. Mattingly, G.E. - Volume Flow Measurements, in Fluid Mechanics Measurement - Hemisphere Publishing Corporation, 1983, Washington.
4. Gazeta Mercantil, 19 de maio de 1992, pg. 15.
5. Kinghorn, F.C. Challenging Areas in Flow Measurement - Measurement and Control, Vol. 21, n° 8, pg. 229-235 (1988).
6. Catálogo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiente 90/91-ABES- Associação Brasileira das Empresas de Saneamento.
7. Kinghorn, F.C. - Overseas Developments in Gas Flow Measurement. National Seminar on Flow Measurement, in Austrália. March, 1987.
8. Hoecks, C.P. -Overall gas measurement accuracy-Publicação da International School of Hydrocarbon Measurement, Oklahoma, may 22,1986
9. Aschenbrenner, A., Watanabe, N. - Intercomparison of Gas Flow Test Facilities in the United States of America, Europe and Japan. International conference on flow measurement, august 1985, Melbourne.
10. Narjes, L., Aschenbrenner, A. - Methods of Unit Transfer in the Metrology of Fluid Flow Rate and Fluid Quality, publicação interna PTB.
11. Kinghorn, F.C. - Uncertainty Assessment in Flowmeter Calibration - personal communication, 1986.
12. Reader-Harris, M.J. , Sattary, J.A.-The orifice plate discharge coefficient equation-Flow Meas. Instrum.,Vol. 1 january 1990
13. Ishibashi, M., Takamoto, M., Watanabe, N. - New System for the Pressurized Gas Flow Standard in Japan. Personal communication.
14. Gazeta Mercantil, 16 de junho de 1992

O presente artigo é cópia do Artigo: O ESTADO DA ARTE NA METROLOGIA DE VAZÃO DE GÁS - publicado na Revista INSTEC de Agosto de 92.