

**Relatório final do 2º Programa Interlaboratorial de Vazão de Gás  
- Média e Alta Vazão**

---



**Comissão Técnica de Vazão – CT-13  
Coordenação Geral de Acreditação – Cgcre**

**SUBCOMISSÃO TÉCNICA DO 2º PROGRAMA  
INTERLABORATORIAL EM VAZÃO DE GÁS – MÉDIA E ALTA  
VAZÃO**

**Relatório final**

**09.06.2014**

# Relatório final do 2º Programa Interlaboratorial de Vazão de Gás - Média e Alta Vazão

---

## 1. INTRODUÇÃO

Este documento apresenta os resultados, cálculos e análises do 2º Programa de Intercomparação Laboratorial de Vazão de Gás em média e alta vazão.

Este programa se iniciou na 11ª reunião da Comissão Técnica de Vazão CT-13, realizada em Natal-RN, quando foi formada a segunda subcomissão de intercomparação em média e alta vazão de gás.

A subcomissão do 2º PI de Média e Alta Vazão de Gás foi formada por representantes de cinco laboratórios acreditados pela Cgcre (IPT, CEG, CTGÁS-ER-ER e ITRON), e por um laboratório postulante a acreditação (CETEC-SENAI).

## 2. COORDENAÇÃO

A coordenação deste programa foi conduzida pelo Centro de Metrologia de Fluidos – Laboratório de Vazão do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, sob o gerenciamento do Engenheiro Rui Gomez Teixeira de Almeida. O Laboratório de Vazão foi responsável pelos ensaios iniciais e pela calibração final para verificação da estabilidade dos padrões itinerantes.

## 3. PADRÕES ITINERANTES

A subcomissão decidiu pela utilização de dois medidores totalizadores de volume tipo turbina, classe de pressão 150 lbs, como padrões itinerantes:

Tabela 1 – Medidores itinerantes

Fabri.	Modelo	$Q_{\text{máx}}$ (m <sup>3</sup> /h)	$Q_{\text{min}}$ (m <sup>3</sup> /h)	Diâmetro (mm)	Conexão.	Número de série
Itron	Fluxi	1600	50	200	Flangeada	7282405001/B
Itron	Fluxi	400	13	100	Flangeada	7282404001/B

### 3.1. SUBSTITUIÇÃO DAS ENGRENAGENS E LACRAÇÃO

Antes de se iniciar o processo, os medidores tiveram as engrenagens do cabeçote substituídas por um técnico que não está ligado a nenhum dos laboratórios envolvidos no programa. Para tanto, foram disponibilizados para o técnico um conjunto de engrenagens e uma sala para que a substituição fosse realizada. Este técnico escolheu aleatoriamente a engrenagem a ser trocada em cada medidor.

# Relatório final do 2º Programa Interlaboratorial de Vazão de Gás - Média e Alta Vazão

---

Após a substituição os cabeçotes foram fechados e posteriormente lacrados já na presença dos representantes de laboratório que quiserem acompanhar este processo. As engrenagens restantes foram guardadas pelo técnico até o final do processo.

## 4. LABORATÓRIOS PARTICIPANTES E CIRCULAÇÃO

Cinco laboratórios participaram deste programa interlaboratorial. O INMETRO atuou como observador neste programa, por meio da Comissão Técnica de Vazão - CT-13.

Tabela 2 – Relação dos laboratórios participantes

Nome do laboratório	Instituição / Empresa	Nº de Acreditação
Centro de Metrologia de Fluidos – Laboratório de Vazão (coordenação)	Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT	Cal 0162
Laboratório do Centro de Tecnologias do Gás e Energias Renováveis - SENAI	CTGÁS-ER-ER	Cal 0248
Laboratório de Vazão, Pressão, Temperatura e Analisadores Portáteis	Companhia de Gás do Rio de Janeiro - CEG.	Cal 0336
Laboratório Vazão de Gás (LVG)	CETEC SENAI-MG	Postulante a acreditação
Itron Medidores de Gás	Itron Soluções para Energia e Água Ltda.	Cal 0532

## 5. TIPO DE CIRCULAÇÃO

A ordem de circulação em “roda” foi adotada para este programa. A ordem de circulação é apresentada no Fig. 1.

Os padrões itinerantes foram calibrados no início e no fim do processo no laboratório coordenador (IPT) para verificar a estabilidade.

# Relatório final do 2º Programa Interlaboratorial de Vazão de Gás - Média e Alta Vazão

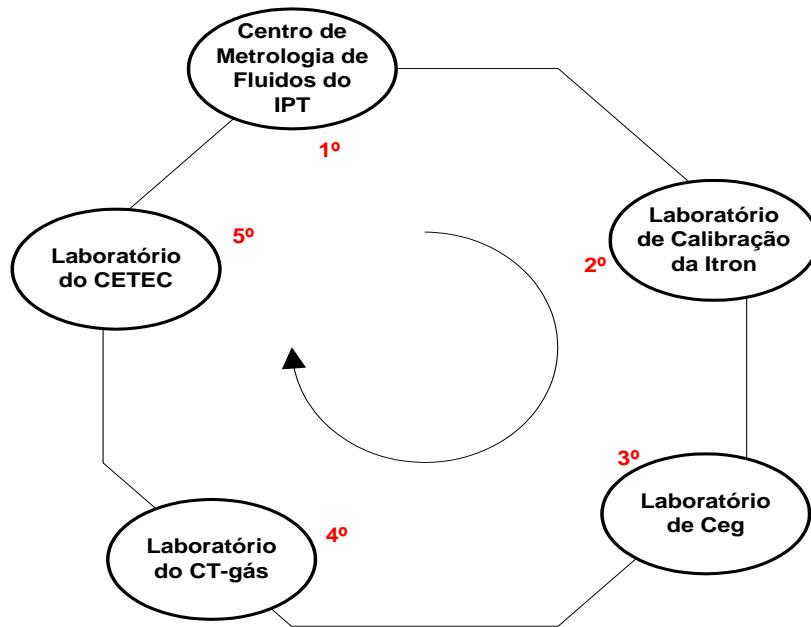


Fig. 1 – Ordem de circulação dos padrões itinerantes

## 5.1. ACONDICIONAMENTO E TRANSPORTE

Os padrões itinerantes foram embalados em uma caixa de madeira e travados para evitar que tombassem na caixa. A caixa foi construída com uma divisão de forma que os dois medidores fossem colocados na mesma caixa.

Cada laboratório participante se encarregou de enviar os padrões para o laboratório posterior.

Cada participante foi responsável por suas próprias despesas e também se comprometeram quanto ao resarcimento das despesas necessárias e à reposição dos padrões itinerantes danificados, desde que não identificado o responsável.

## 5.2. CONFIDENCIALIDADE

No intuito de resguardar a transparência e manter a natureza eminentemente técnica do programa, os laboratórios se comprometem a manter confidencialidade sobre os resultados das comparações, sobre as informações adquiridas no andamento do processo e em especial nas reuniões da subcomissão. Neste intuito, os resultados apresentados neste documento não identificam os laboratórios participantes.

# Relatório final do 2º Programa Interlaboratorial de Vazão de Gás - Média e Alta Vazão

---

## 6. CRONOGRAMA

O cronograma inicial previa o protocolo pronto em julho de 2012 e final do programa em fevereiro de 2013. Devido a um pequeno atraso no início do programa o medidor foi encaminhado para o laboratório do CTGÁS-ER no período do fim do ano e acabou ficando retido neste laboratório durante um longo período de recesso sendo que em fevereiro de 2013 estava sendo encaminhado para o laboratório do CETEC.

Em maio de 2013, já com os medidores no IPT, o laboratório do CTGÁS-ER detectou um possível problema em sua bancada que poderia ter afetado seus resultados e solicitou o reenvio dos padrões itinerantes para uma nova calibração. A subcomissão foi consultada e todos os participantes concordaram com o pedido e os medidores retornaram ao CTGÁS-ER.

Os padrões retornaram ao IPT em agosto de 2013 e em meados de setembro de 2013 foram realizadas as calibrações finais, para verificar a estabilidade dos padrões itinerantes.

## 7. CONDIÇÕES DOS ENSAIOS CALIBRAÇÃO

### 7.1. PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO

Nos parâmetros não especificamente definidos neste documento, cada laboratório utilizou o método proposto no seu procedimento de calibração que foi objeto desta intercomparação. Cada laboratório revisou este documento com cuidado antes de aceitá-lo de forma a evitar que algum parâmetro acordado pudesse ser incompatível com seu procedimento de calibração.

### 7.2. CONDICIONAMENTO

Cada laboratório utilizou os trechos retos com os quais normalmente executa a calibração destes medidores e, portanto, não foram enviados trechos de tubulação.

### 7.3. VAZÕES DE CALIBRAÇÃO

Ficou acordado que os medidores deveriam ser calibrados em dez pontos da faixa, igualmente distribuídos sendo considerada uma rangeabilidade de 1:10, assim sendo, os medidores deveriam ser calibrados nas vazões de: 0,1Q<sub>máx</sub>; 0,2 Q<sub>máx</sub>; 0,3 Q<sub>máx</sub>; 0,4 Q<sub>máx</sub>; 0,5 Q<sub>máx</sub>; 0,6 Q<sub>máx</sub>; 0,7 Q<sub>máx</sub>; 0,8 Q<sub>máx</sub>; 0,9 Q<sub>máx</sub> e Q<sub>máx</sub>.

O resultado em cada vazão foi a média de três medições independentes.

# Relatório final do 2º Programa Interlaboratorial de Vazão de Gás

## - Média e Alta Vazão

---

Recomendou-se que a vazão real de calibração não diferisse em mais de 5% (para mais ou para menos) da vazão nominal proposta até 0,5 Q<sub>máx</sub> e em mais de 2% para o resto da faixa.

Os medidores foram calibrados considerando a saída de pulsos de baixa frequência.

### 7.4. MENSURANDO

O mensurando acordado foi o erro de medição em cada vazão de teste e foi o parâmetro de comparação conforme definido pela equação (1):

$$E(\%) = \frac{V_{medidor} - V_{Lab}}{V_{Lab}} * 100 \quad (1)$$

Onde:

$E(\%)$  = Erro

$V_{medidor}$  = Volume indicado pelo medidor de intercomparação

$V_{Lab}$  = Volume de referência medido pelo laboratório

## 8. CONDIÇÕES DA INTERCOMPARAÇÃO

### 8.1. VALOR DE REFERÊNCIA

O Valor de referência (VR) foi determinado pela média dos resultados proposta pelo método de Cox [1]. Este método propõe que o valor de referência seja determinado pela média dos resultados obtidos pelos laboratórios ponderada pelas incertezas normalizadas declaradas de cada laboratório. Neste caso, antes de ser utilizado cada valor, é feita uma validação dos dados e apenas são utilizados na média final dados considerados válidos. Caso o resultado seja inconsistente, o método propõe uma segunda alternativa, conhecida como procedimento B, que se baseia na utilização da mediana como um estimador mais apropriado nestas circunstâncias.

A seguir será apresentado um resumo da metodologia de cálculo proposta pelo método Cox [1].

A equação 2 a seguir apresenta o cálculo do valor de referência estimado pela média ponderada:

# Relatório final do 2º Programa Interlaboratorial de Vazão de Gás

## - Média e Alta Vazão

$$VR = \frac{\sum \left( \frac{E_i}{u^2(E_i)} \right)}{\sum \left( \frac{1}{u^2(E_i)} \right)} \quad (2)$$

Onde:

$E_i$  = Resultado do erro (E) obtido em cada Laboratório (i) para a mesma vazão de operação.

$u(E_i)$  = Incerteza padrão declarada para a calibração em cada laboratório (i) para a mesma vazão de operação.

A incerteza do valor de referência VR ( $u_{vr}$ ) será calculada combinando as incertezas de cada laboratório (i) conforme a equação 3.

$$\frac{1}{(u_{vr})^2} = \sum \frac{1}{(u_i)^2} \quad (3)$$

A validação do valor de referência será feita considerando o seguinte procedimento que deve ser feito para cada vazão de calibração:

- 1- Calcula-se VR em cada vazão utilizando-se todos os valores;
- 2- Calcula-se o coeficiente qui-quadrado ( $\chi^2_{obs}$ ) para cada vazão utilizando-se a equação (4);

$$\chi^2_{obs} = \sum \frac{(xi - VR)^2}{u^2(xi)} \quad (4)$$

- 3- Calcula-se então o valor para  $\chi^2_{(v)}$  em uma distribuição de (n-1) graus de liberdade com 5 % de probabilidade onde n é o número de laboratórios que foram utilizados para cálculo de VR e então se verifica se  $\chi^2_{obs} < \chi^2_{(v)}$ ;
- 4- Caso a condição seja satisfeita os valores de VR e  $u_{vr}$  são aceitos como valores de referência da intercomparação para esta vazão;
- 5- Caso a condição não seja satisfeita identifica-se a possível discrepância, retira-se o valor e retorna para (1).

## 8.2. PARÂMETRO DE ANÁLISE

O principal parâmetro de análise foi o grau de equivalência  $E_n$  para cada laboratório e em cada vazão que neste caso será calculado pela equação 5:

# Relatório final do 2º Programa Interlaboratorial de Vazão de Gás - Média e Alta Vazão

$$E_n = \frac{E_i - VR}{\sqrt{U^2 x_i - U^2 VR}} \quad (5)$$

\* Vale a pena salientar que a expressão 5 envolve uma subtração de variâncias (incertezas). Isto ocorre porque  $U_{xi}$  e  $U_{yr}$  não são variáveis independentes, como mostra a equação 3

Resultados de grau de equivalência  $E_n \leq 1$  são considerados adequados.

### **8.3. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS**

Cada laboratório participante emitiu um documento com os resultados obtidos para cada padrão itinerante em cada vazão, apresentando os dados do medidor e os valores indicados na Tabela 3. O laboratório participante emitiu os certificados de calibração e enviou os dados para o Dr. Valter Aibe do INMETRO que renomeou os laboratórios com letras (de A a E) e enviou os resultados para o laboratório coordenador.

Tabela 3 – Sugestão da forma de apresentação dos resultados da calibração

(\*) Definir a probabilidade de abrangência.

O laboratório coordenador elaborou o relatório final após reunião de consolidação com os laboratórios participantes.

## **9. RESULTADOS DAS CALIBRAÇÕES**

A seguir são apresentados os resultados obtidos para cada laboratório. Os laboratórios são responsáveis por identificar qual a letra que foi determinada a ele e seus respectivos resultados.

# Relatório final do 2º Programa Interlaboratorial de Vazão de Gás - Média e Alta Vazão

---

## 9.1. ESTABILIDADE DOS PADRÕES

O laboratório coordenador verificou a estabilidade dos padrões realizando calibrações no início e final do ciclo de circulação pelos laboratórios. A incerteza expandida relativa a esse fator foi determinada pela máxima diferença entre os resultados dos erros da calibração inicial e dos erros da calibração final dos medidores. Assumindo uma incerteza estimada por uma distribuição de probabilidade retangular entre os valores máximos e mínimos da diferença dos erros, a incerteza expandida para o medidor G250 foi de 0,06 % e para o G1000 foi de 0,07 %.

Esta incerteza foi composta com a incerteza de cada laboratório no cálculo do grau de equivalência.

## 9.2. ERROS DE INDICAÇÃO PARA O MEDIDOR G250

A Tabela 4 apresenta os resultados de calibração do medidor de vazão de gás G250 de cada laboratório para as dez vazões estipuladas anteriormente.

# Relatório final do 2º Programa Interlaboratorial de Vazão de Gás - Média e Alta Vazão

---

Tabela 4 – Resultado de calibração obtidos pelos laboratórios para o medidor G250

LABORATÓRIO A			LABORATÓRIO B			LABORATÓRIO C		
Vazão (m³/h)	Erro de indicação (%)	desvio padrão experimental (%)	Vazão (m³/h)	Erro de indicação (%)	desvio padrão experimental (%)	Vazão (m³/h)	Erro de indicação (%)	desvio padrão experimental (%)
41	0,78	0,05	39	0,64	0,08	40	0,83	
83	0,13	0,02	80	-0,70	0,04	80	0,02	
121	-0,19	0,03	121	-0,90	0,10	120	-0,21	
159	-0,32	0,04	160	-1,08	0,17	160	-0,35	
198	-0,39	0,02	200	-1,08	0,07	200	-0,48	
239	-0,37	0,00	239	-1,06	0,02	240	-0,38	
278	-0,35	0,00	280	-0,94	0,11	281	-0,40	
320	-0,32	0,02	319	-0,83	0,08	321	-0,27	
360	-0,29	0,02	360	-0,80	0,07	360	-0,41	
401	-0,21	0,01	400	-0,76	0,05	400	-0,23	

LABORATÓRIO D			LABORATÓRIO E		
Vazão (m³/h)	Erro de indicação (%)	desvio padrão experimental (%)	Vazão (m³/h)	Erro de indicação (%)	desvio padrão experimental (%)
40	0,77	0,02	42	0,97	0,09
80	0,14	0,01	82	0,29	0,01
120	-0,12	0,02	123	0,07	0,01
160	-0,32	0,00	156	0,01	0,03
200	-0,37	0,01	203	0,03	0,02
240	-0,34	0,01	240	0,06	0,01
281	-0,34	0,01	279	0,01	0,00
320	-0,33	0,01	320	0,02	0,01
361	-0,30	0,00	353	0,03	0,01
400	-0,34	0,01	394	0,01	0,01

A Fig. 2 mostra os resultados na forma gráfica os resultados de calibração dos laboratórios para o medidor de vazão tipo turbina modelo G250.

# Relatório final do 2º Programa Interlaboratorial de Vazão de Gás - Média e Alta Vazão

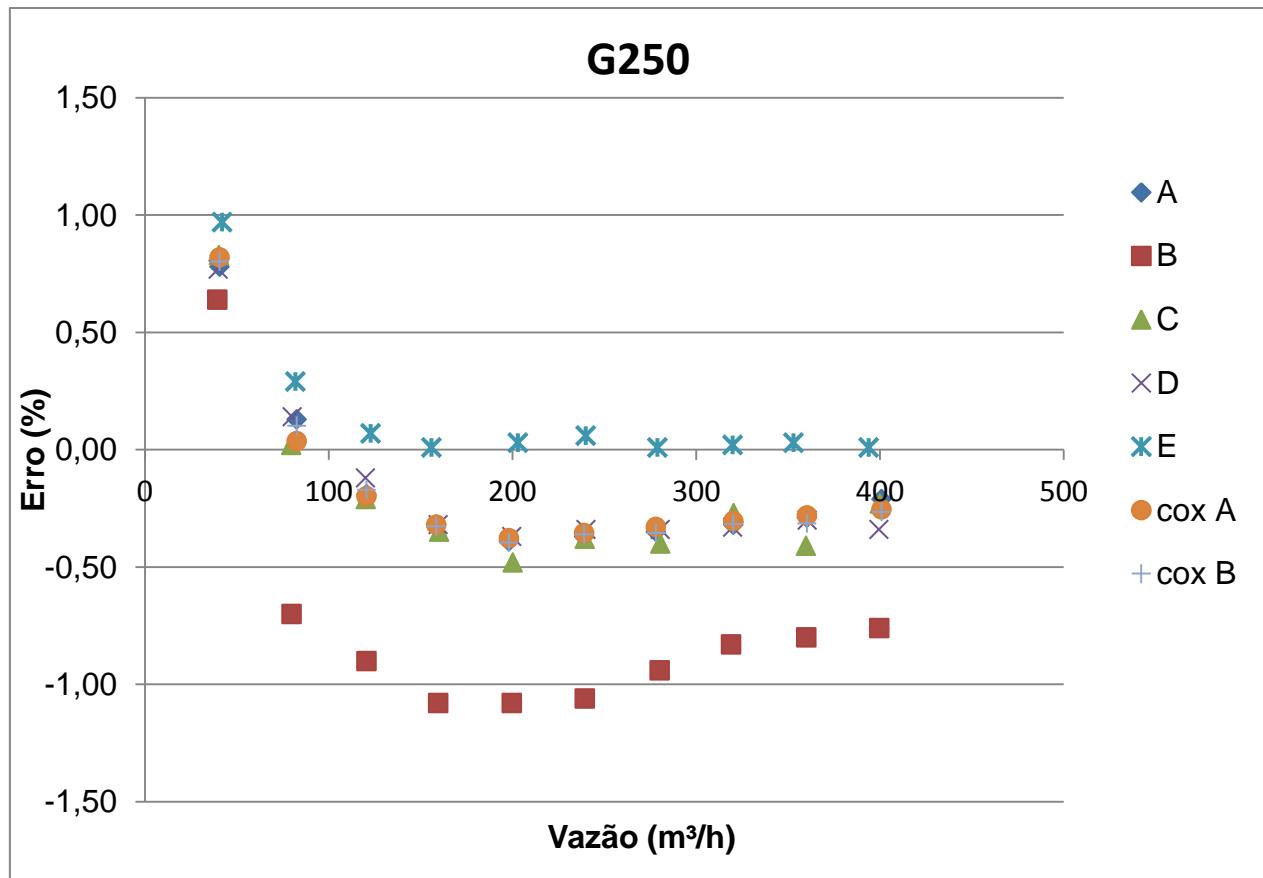


Fig. 2 - Gráfico dos resultados de calibração dos laboratórios para o medidor G250

## 9.3. ERROS DE INDICAÇÃO PARA O MEDIDOR G1000

A Tabela 5 apresenta os resultados de calibração do medidor de vazão de gás G1000, obtida por todos os laboratórios.

A Fig. 3 mostra os resultados na forma gráfica os resultados de calibração dos laboratórios para o medidor de vazão tipo turbina modelo G1000.

# Relatório final do 2º Programa Interlaboratorial de Vazão de Gás

## - Média e Alta Vazão

---

**Tabela 5 - Resultado de calibração obtidos pelos laboratórios para o medidor G1000**

LABORATÓRIO		A			LABORATÓRIO		B		
Vazão (L/h)	Erro de indicação (%)	desvio padrão (%)	Incerteza expandida (%)	Fator de abrangência k	Vazão (L/h)	Erro de indicação (%)	desvio padrão (%)	Incerteza expandida (%)	Fator de abrangência k
162	1,63	0,01	0,20	2,00	158	0,93	0,09	0,34	2,00
321	0,99	0,01	0,20	2,00	320	0,57	0,10	0,35	2,00
482	0,87	0,00	0,20	2,00	482	0,55	0,13	0,36	2,00
642	0,84	0,04	0,22	2,02	644	0,50	0,11	0,35	2,00
799	0,84	0,01	0,20	2,00	797	0,54	0,12	0,36	2,00
960	0,82	0,01	0,20	2,00	957	0,53	0,22	0,45	2,19
1120	0,88	0,01	0,28	2,00	1123	0,47	0,07	0,34	2,00
1272	0,87	0,00	0,28	2,00	1280	0,51	0,16	0,37	2,00
1437	0,93	0,01	0,28	2,00	1445	0,50	0,11	0,35	2,00
1599	0,96	0,01	0,28	2,00	1602	0,55	0,12	0,35	2,00

LABORATÓRIO		C			LABORATÓRIO		D		
Vazão (L/h)	Erro de indicação (%)	desvio padrão (%)	Incerteza expandida (%)	Fator de abrangência k	Vazão (L/h)	Erro de indicação (%)	desvio padrão (%)	Incerteza expandida (%)	Fator de abrangência k
160	1,30		0,60	2,00	162	1,57	0,01	0,25	2,00
320	0,82		0,60	2,00	321	0,94	0,01	0,25	2,00
480	0,34		0,60	2,00	481	0,70	0,01	0,25	2,00
640	0,20		0,60	2,00	642	0,70	0,01	0,30	2,00
799	0,51		0,60	2,00	801	0,73	0,01	0,30	2,00
960	0,40		0,60	2,00	961	0,80	0,01	0,30	2,00
1120	0,54		0,60	2,00	1122	0,84	0,01	0,30	2,00
1280	0,80		0,60	2,00	1280	0,92	0,01	0,30	2,00
1439	0,59		0,60	2,00	1441	0,96	0,01	0,30	2,00
1598	0,61		0,60	2,00	1600	0,97	0,01	0,30	2,00

LABORATÓRIO		E		
Vazão (L/h)	Erro de indicação (%)	desvio padrão experimental (%)	Incerteza expandida (%)	Fator de abrangência k
163	1,44	0,02	0,24	2,00
321	1,18	0,09	0,27	2,04
483	0,80	0,03	0,24	2,00
640	0,85	0,03	0,25	2,01
806	0,97	0,02	0,25	2,00
966	1,02	0,01	0,25	2,00
1123	1,11	0,01	0,23	2,00
1298	1,17	0,00	0,24	2,01
1445	1,23	0,01	0,24	2,00
1600	1,27	0,01	0,24	2,00

# Relatório final do 2º Programa Interlaboratorial de Vazão de Gás - Média e Alta Vazão

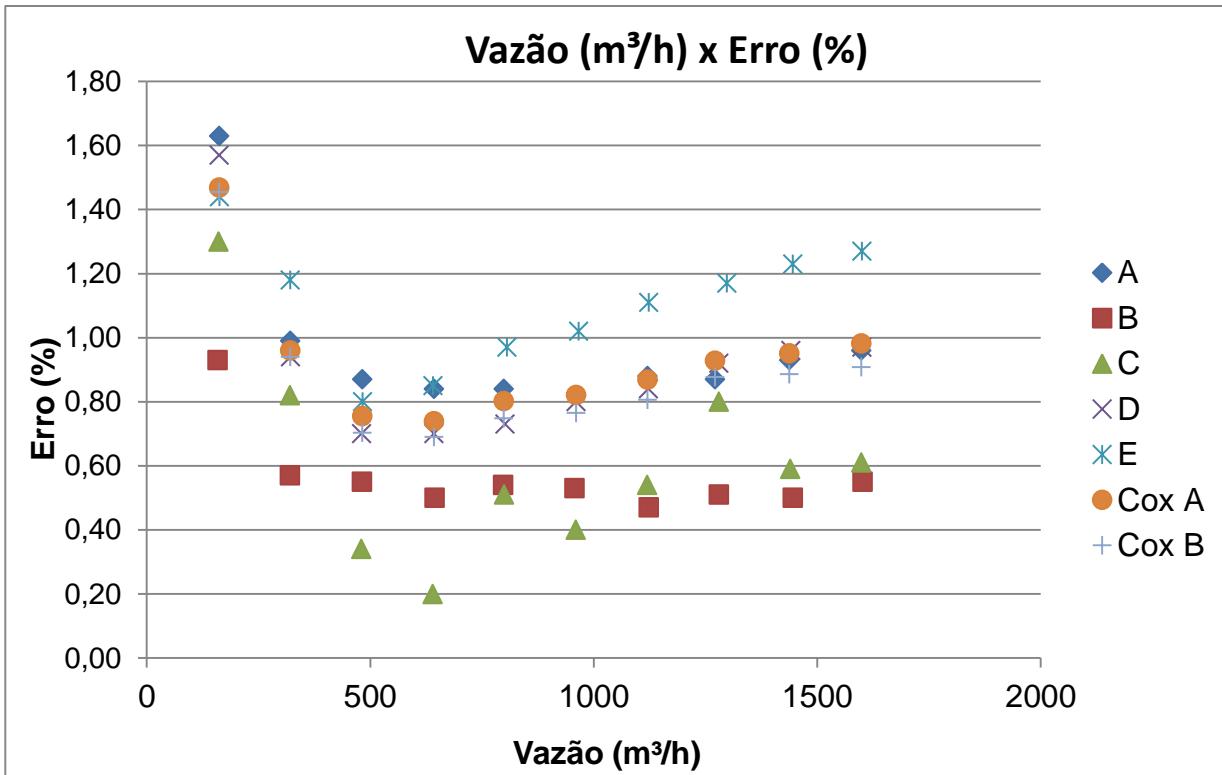


Fig. 3 - Gráfico dos resultados de calibração dos laboratórios para o medidor G1000

## 10. AVALIAÇÕES DOS RESULTADOS

Serão apresentados os resultados das avaliações realizadas sobre o resultado dos ensaios apresentados no item 9.

### 10.1. ANÁLISE DOS RESULTADOS DO MEDIDOR G250

Foi feita a análise utilizando em princípio o método Cox procedimento A, quando necessário foi utilizado então o procedimento B.

#### 10.1.1. AVALIAÇÃO PELO MÉTODO COX PROCEDIMENTO A

O teste de validação dos dados aplicado segundo o procedimento A do método apresentou muitos resultados inconsistentes e portanto a comparação não é válida utilizando este procedimento, tendo sido então aplicado o procedimento B do método.

No anexo A deste relatório são apresentados na Tabela 18 resultados dos cálculos do Grau de equivalência En e a validação para cada vazão, utilizando o procedimento A do método Cox.

# Relatório final do 2º Programa Interlaboratorial de Vazão de Gás - Média e Alta Vazão

## 10.1.2. AVALIAÇÃO PELO MÉTODO COX PROCEDIMENTO B

As Tabelas 6, 7, 8, 9 e 10 apresentam os resultados dos cálculos do grau de equivalência  $E_n$  e a avaliação de desempenho para cada vazão para cada laboratório. A Tabela 11 mostra os valores de referência (VR) para cada vazão.

Tabela 6 – Resultados de  $E_n$  pelo Procedimento B a análise de desempenho

LABORATÓRIO A				
Vazão (m³/h)	Diferença d (%)	Incerteza padrão da diferença (u)	Grau de equivalência ( $E_n$ )	Desempenho
41	-0,022	0,15	-0,07	Satisfatório
83	0,027	0,13	0,10	Satisfatório
121	-0,020	0,10	-0,10	Satisfatório
159	0,006	0,11	0,03	Satisfatório
198	0,006	0,10	0,03	Satisfatório
239	-0,010	0,10	-0,05	Satisfatório
278	0,005	0,11	0,02	Satisfatório
320	-0,004	0,11	-0,02	Satisfatório
360	0,024	0,11	0,11	Satisfatório
401	0,054	0,11	0,24	Satisfatório

Tabela 7 – Resultados de  $E_n$  pelo Procedimento B a análise de desempenho

LABORATÓRIO B				
Vazão (m³/h)	Diferença d (%)	Incerteza padrão da diferença u	Grau de equivalência $E_n$	Desempenho
39	-0,161	0,23	-0,35	Satisfatório
80	-0,803	0,20	-2,06	Não satisfatório
121	-0,730	0,20	-1,83	Não satisfatório
160	-0,754	0,21	-1,76	Não satisfatório
200	-0,684	0,19	-1,75	Não satisfatório
239	-0,700	0,19	-1,83	Não satisfatório
280	-0,585	0,20	-1,45	Não satisfatório
319	-0,514	0,20	-1,31	Não satisfatório
360	-0,486	0,20	-1,24	Não satisfatório
400	-0,496	0,20	-1,27	Não satisfatório

Tabela 8 – Resultados de  $E_n$  pelo Procedimento B e a análise de desempenho

# Relatório final do 2º Programa Interlaboratorial de Vazão de Gás

## - Média e Alta Vazão

---

<b>LABORATÓRIO C</b>				
Vazão (m³/h)	Diferença d (%)	Incerteza padrão da diferença u	Grau de equivalência En	Desempenho
40	0,028	0,27	0,05	Satisfatório
80	-0,084	0,27	-0,16	Satisfatório
120	-0,040	0,26	-0,08	Satisfatório
160	-0,024	0,27	-0,05	Satisfatório
200	-0,083	0,27	-0,16	Satisfatório
240	-0,020	0,26	-0,04	Satisfatório
281	-0,044	0,27	-0,08	Satisfatório
321	0,046	0,27	0,09	Satisfatório
360	-0,095	0,27	-0,18	Satisfatório
400	0,034	0,25	0,07	Satisfatório

Tabela 9 – Resultados de  $E_n$  pelo Procedimento B a análise de desempenho

<b>LABORATÓRIO D</b>				
Vazão (m³/h)	Diferença d (%)	Incerteza padrão da diferença u	Grau de equivalência En	Desempenho
40	-0,032	0,13	-0,12	Satisfatório
80	0,037	0,12	0,15	Satisfatório
120	0,050	0,12	0,21	Satisfatório
160	0,006	0,11	0,03	Satisfatório
200	0,026	0,11	0,12	Satisfatório
240	0,020	0,11	0,09	Satisfatório
281	0,015	0,12	0,06	Satisfatório
320	-0,014	0,12	-0,06	Satisfatório
361	0,014	0,12	0,06	Satisfatório
400	-0,076	0,13	-0,28	Satisfatório

# Relatório final do 2º Programa Interlaboratorial de Vazão de Gás - Média e Alta Vazão

---

Tabela 10 – Resultados de  $E_n$  pelo Procedimento B a análise de desempenho

LABORATÓRIO E				
Vazão (m³/h)	Diferença d (%)	Incerteza padrão da diferença <i>u</i>	Grau de equivalência <i>En</i>	Desempenho
42	0,168	0,16	0,53	Satisfatório
82	0,187	0,15	0,62	Satisfatório
123	0,240	0,15	0,79	Satisfatório
156	0,336	0,16	1,07	Não satisfatório
203	0,426	0,16	1,36	Não satisfatório
240	0,420	0,16	1,34	Não satisfatório
279	0,365	0,16	1,17	Não satisfatório
320	0,336	0,16	1,06	Não satisfatório
353	0,344	0,15	1,11	Não satisfatório
394	0,274	0,16	0,87	Satisfatório

Tabela 11 – Valores de referência para cada vazão

VALOR DE REFERÊNCIA			
Vazão (m³/h)	KCRV (%)	Incerteza padrão de CRV (%)	
41	0,80	0,10	
83	0,10	0,10	
121	-0,17	0,10	
159	-0,33	0,10	
198	-0,40	0,10	
239	-0,36	0,10	
278	-0,35	0,10	
320	-0,32	0,10	
360	-0,31	0,10	
401	-0,26	0,11	

A Fig. 4 apresenta o gráfico com a comparação dos resultados de  $E_n$  de todos os laboratórios.

# Relatório final do 2º Programa Interlaboratorial de Vazão de Gás - Média e Alta Vazão

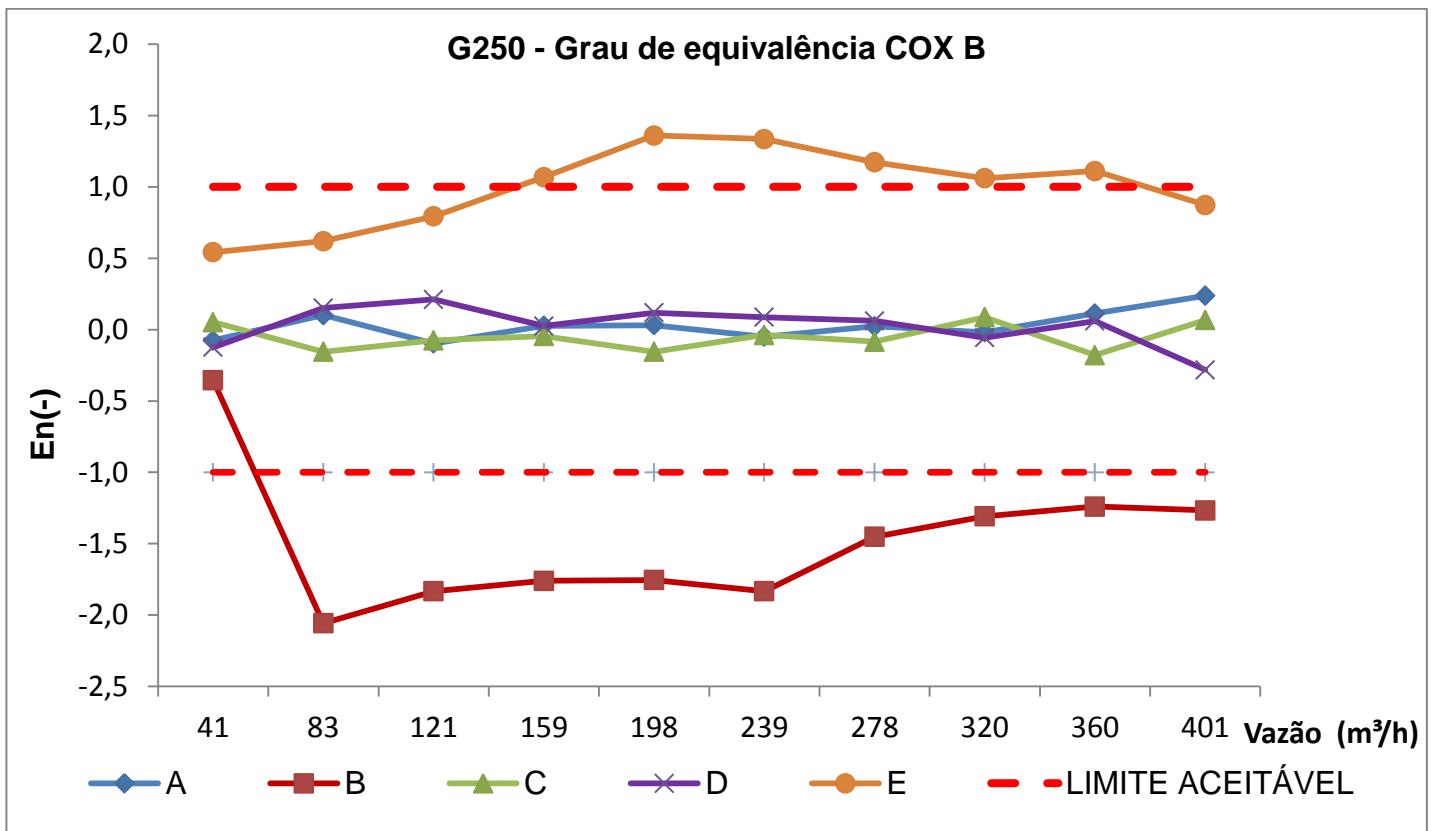


Fig. 4 - Gráfico com a comparação dos resultados de todos os laboratórios

## 10.2. ANÁLISE DOS RESULTADOS DO MEDIDOR G1000

### 10.2.1. AVALIAÇÃO PELO MÉTODO COX PROCEDIMENTO A

O teste de validação dos dados aplicado segundo o procedimento A do método apresentou muitos resultados inconsistentes e portanto a comparação não é válida utilizando este procedimento, tendo sido então aplicado o procedimento B do método.

No anexo A deste relatório são apresentados na Tabela 19 resultados dos cálculos do Grau de equivalência En e a validação para cada vazão, utilizando o procedimento A do método Cox.

# Relatório final do 2º Programa Interlaboratorial de Vazão de Gás - Média e Alta Vazão

## 10.2.2. AVALIAÇÃO PELO MÉTODO COX PROCEDIMENTO B

As Tabelas 12, 13, 14, 15 e 16 apresentam os resultados dos cálculos do grau de equivalência  $E_n$  e a avaliação de desempenho para cada vazão para cada laboratório. A Tabela 17 mostra os valores de referência (VR) para cada vazão.

Tabela 12 – Resultados de  $E_n$  pelo Procedimento B a análise de desempenho

LABORATÓRIO A				
Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Diferença d (%)	Incerteza padrão da diferença u	Grau de equivalência En	Desempenho
162	0,175	0,13	0,66	Satisfatório
321	0,050	0,11	0,24	Satisfatório
482	0,167	0,13	0,66	Satisfatório
642	0,150	0,13	0,56	Satisfatório
799	0,092	0,12	0,38	Satisfatório
960	0,055	0,11	0,26	Satisfatório
1120	0,074	0,13	0,28	Satisfatório
1272	-0,007	0,13	-0,03	Satisfatório
1437	0,043	0,12	0,18	Satisfatório
1599	0,052	0,12	0,21	Satisfatório

Tabela 13 – Resultados de  $E_n$  pelo Procedimento B a análise de desempenho

LABORATÓRIO B				
Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Diferença d (%)	Incerteza padrão da diferença u	Grau de equivalência En	Desempenho
158	-0,525	0,20	-1,33	Não satisfatório
320	-0,370	0,19	-0,95	Satisfatório
482	-0,153	0,17	-0,44	Satisfatório
644	-0,190	0,18	-0,53	Satisfatório
797	-0,209	0,19	-0,56	Satisfatório
957	-0,235	0,21	-0,57	Satisfatório
1123	-0,337	0,20	-0,86	Satisfatório
1280	-0,367	0,21	-0,87	Satisfatório
1445	-0,387	0,20	-0,95	Satisfatório
1602	-0,358	0,20	-0,89	Satisfatório

# Relatório final do 2º Programa Interlaboratorial de Vazão de Gás

## - Média e Alta Vazão

---

Tabela 14 – Resultados de  $E_n$  pelo Procedimento B a análise de desempenho

<b>LABORATÓRIO C</b>				
Vazão (m³/h)	Diferença d (%)	Incerteza padrão da diferença u	Grau de equivalência $E_n$	Desempenho
160	-0,154	0,27	-0,29	Satisfatório
320	-0,120	0,27	-0,22	Satisfatório
480	-0,363	0,29	-0,62	Satisfatório
640	-0,490	0,31	-0,80	Satisfatório
799	-0,238	0,28	-0,42	Satisfatório
960	-0,365	0,30	-0,62	Satisfatório
1120	-0,267	0,29	-0,47	Satisfatório
1280	-0,077	0,27	-0,15	Satisfatório
1439	-0,297	0,29	-0,51	Satisfatório
1598	-0,299	0,29	-0,52	Satisfatório

Tabela 15 – Resultados de  $E_n$  pelo Procedimento B a análise de desempenho

<b>LABORATÓRIO D</b>				
Vazão (m³/h)	Diferença d (%)	Incerteza padrão da diferença u	Grau de equivalência $E_n$	Desempenho
162	0,115	0,14	0,43	Satisfatório
321	0,000	0,11	0,00	Satisfatório
481	-0,003	0,10	-0,02	Satisfatório
642	0,010	0,11	0,05	Satisfatório
801	-0,018	0,12	-0,07	Satisfatório
961	0,035	0,12	0,15	Satisfatório
1122	0,033	0,12	0,14	Satisfatório
1280	0,043	0,14	0,16	Satisfatório
1441	0,073	0,13	0,27	Satisfatório
1600	0,061	0,13	0,24	Satisfatório

# Relatório final do 2º Programa Interlaboratorial de Vazão de Gás - Média e Alta Vazão

---

Tabela 16 – Resultados de  $E_n$  pelo Procedimento B a análise de desempenho

<b>LABORATÓRIO E</b>				
Vazão (m³/h)	Diferença d (%)	Incerteza padrão da diferença u	Grau de equivalência $E_n$	Desempenho
163	-0,015	0,10	-0,07	Satisfatório
321	0,240	0,16	0,77	Satisfatório
483	0,097	0,13	0,39	Satisfatório
640	0,160	0,14	0,56	Satisfatório
806	0,222	0,15	0,72	Satisfatório
966	0,255	0,15	0,84	Satisfatório
1123	0,303	0,16	0,96	Satisfatório
1298	0,293	0,16	0,91	Satisfatório
1445	0,344	0,16	1,05	Não satisfatório
1600	0,362	0,16	1,11	Não satisfatório

Tabela 17 – Valores de referência para cada vazão

<b>VALOR DE REFERÊNCIA</b>			
Vazão (m³/h)	KCRV (%)	Incerteza padrão de CRV (%)	<input type="checkbox"/>
162	1,45	0,10	
321	0,94	0,09	
482	0,70	0,09	
642	0,69	0,10	
799	0,75	0,10	
960	0,76	0,10	
1120	0,81	0,11	
1272	0,88	0,11	
1437	0,89	0,11	
1599	0,91	0,11	

A Fig. 5 apresenta o gráfico com a comparação dos resultados de  $E_n$  de todos os laboratórios.

# Relatório final do 2º Programa Interlaboratorial de Vazão de Gás - Média e Alta Vazão

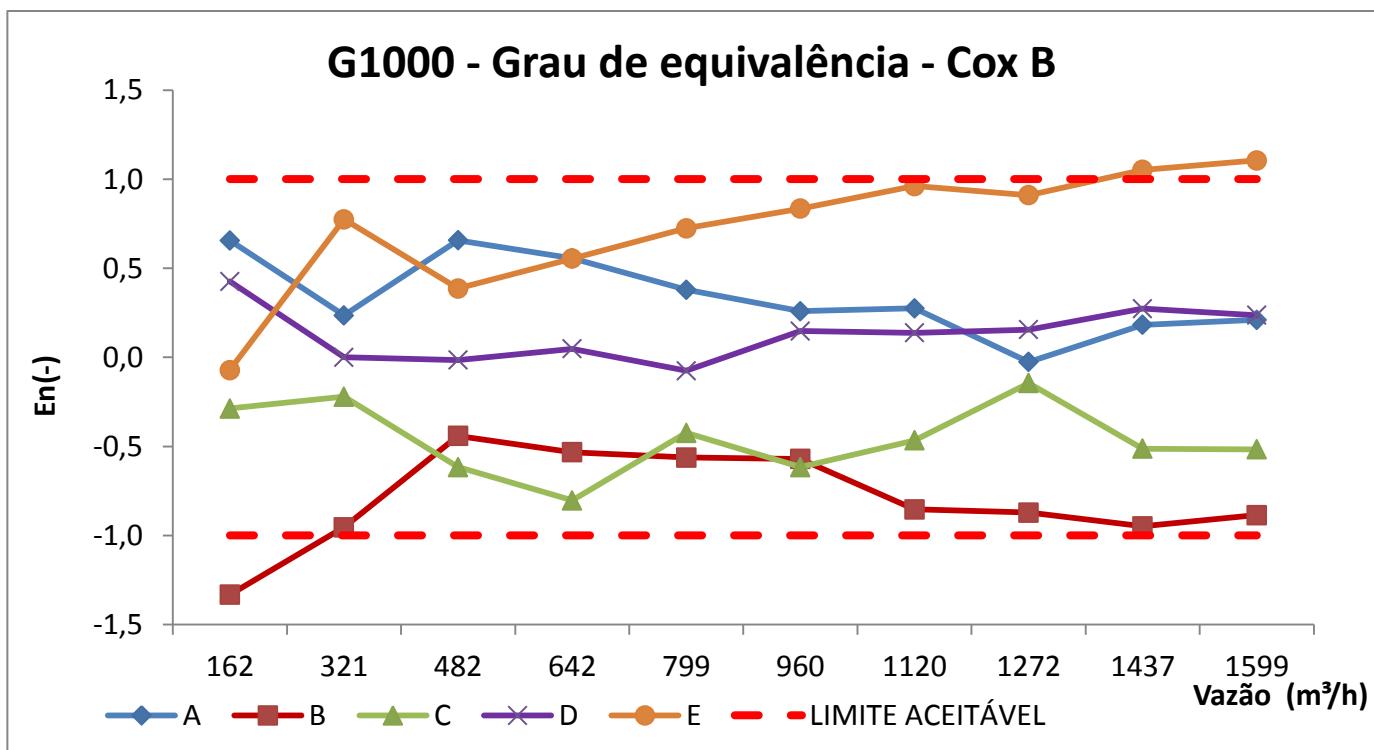


Fig. 5 - Gráfico com a comparação dos resultados de todos os laboratórios

## 11. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não houve relato de problemas na calibração dos padrões ou na interpretação do procedimento descrito no protocolo. Apesar do laboratório C não ter apresentado os desvios padrões, conforme sugerido, este fato não afetou a análise dos dados.

Os laboratórios B e E obtiveram resultados de grau de equivalencia > 1 em alguns pontos de operação. Estes laboratórios devem rever seus procedimentos de calibração e de avaliação de incerteza.

Embora não tenha ocorrido nenhum problema nos resultados por conta do tempo decorrido, o processo de execução operacional do PI não seguiu o cronograma inicial por problemas de :

- Emissão de nota fiscal;
- Logística operacional (estudar nova metodologia do tipo de circulação);
- Pequenos atrasos que ocorreram não previram o calendário de férias coletivas e recesso de fim de ano em alguns laboratórios.

Gostaríamos de ressaltar o alto nível de envolvimento e comprometimento dos laboratórios no programa e o alto nível das discussões técnicas nas reuniões da subcomissão.

# Relatório final do 2º Programa Interlaboratorial de Vazão de Gás - Média e Alta Vazão

---

## 12. INFORMAÇÕES ADICIONAIS

Solicitamos ao Sr. Aibe, responsável por definir os códigos dos laboratórios do programa, informar diretamente ao representante da Dicla na Comissão Técnica e ao Chefe do Secom, os códigos atribuídos a cada laboratório.

Conforme foi acordado na reunião do CT-13 de agosto de 2014 não é necessária a assinatura do documento, apenas a concordância dos participantes do PI.

***“Conforme requerido pela política de participação em atividades de ensaios de proficiência da Dicla, os laboratórios que obtiveram resultados insatisfatórios para as calibrações para as quais são acreditados devem evidenciar ao seu Gestor de Acreditação a implementação de ações corretivas em até 90 dias após o recebimento deste relatório, conforme estabelecido no Regulamento da Acreditação (NIT-DICLA-031).”***

**Anexo A – Resultados de consistência segundo o procedimento A do COX (2 páginas)**

## REFERÊNCIA

[1] Cox M.G. [NPL], “Evaluation of key comparison data.” Metrologia, 2002, 39, nº 6, 589-595

São Paulo, 06 de agosto de 2014

Participantes:

- Rui Gomez T de Almeida - IPT – CTMetro – Laboratório de vazão Coordenador
- Ricardo Risuenho - Laboratório do Centro de Tecnologias do Gás e Energias Renováveis – SENAI
- Vitor Luiz Damasceno- Laboratório de Vazão, Pressão, Temperatura e Analisadores Portáteis
- Henrique S. Mello - Itron Medidores de Gás
- Maria Luiza Moraes dos Santos - CETEC SENAI - Laboratório Vazão de Gás

# Anexo A do Relatório final do 2º Programa Interlaboratorial de Vazão de Gás - Média e Alta Vazão

## Anexo A do Relatório final do 2º Programa Interlaboratorial de Vazão de Gás - Média e Alta Vazão

As Tabelas 18 e 19 apresentam os resultados dos testes de consistência de dados aplicados segundo o procedimento A do COX para os medidores G 250 e G1000 respectivamente

Tabela 18 Resultados do teste de consistência de dados pelo procedimento Cox A para o medidor G250

LABORATÓRIO A				LABORATÓRIO B			
Vazão (m³/h)	Diferença d (%)	incerteza padrão da u	Grau de equivalência En	Vazão (m³/h)	Diferença d (%)	incerteza padrão da u	Grau de equivalência En
41	-0,040	0,14	-0,14	39	-0,180	0,23	-0,39
83	0,096	0,14	0,35	80	-0,734	0,15	-2,40
121	0,011	0,09	0,06	121	-0,699	0,17	-2,11
159	0,003	0,09	0,01	160	-0,757	0,18	-2,09
198	-0,011	0,08	-0,06	200	-0,701	0,16	-2,18
239	-0,013	0,08	-0,08	239	-0,703	0,16	-2,26
278	-0,019	0,08	-0,12	280	-0,609	0,17	-1,84
320	-0,014	0,08	-0,09	319	-0,524	0,16	-1,63
360	-0,008	0,08	-0,05	360	-0,518	0,16	-1,61
401	0,046	0,08	0,28	400	-0,504	0,16	-1,62

LABORATÓRIO C				LABORATÓRIO D			
Vazão (m³/h)	Diferença d (%)	incerteza padrão da u	Grau de equivalência En	Vazão (m³/h)	Diferença d (%)	incerteza padrão da u	Grau de equivalência En
40	0,010	0,29	0,02	40	-0,050	0,11	-0,23
80	-0,014	0,29	-0,02	80	0,106	0,11	0,49
120	-0,009	0,29	-0,02	120	0,081	0,11	0,36
160	-0,027	0,29	-0,05	160	0,003	0,11	0,01
200	-0,101	0,29	-0,17	200	0,009	0,11	0,04
240	-0,023	0,30	-0,04	240	0,017	0,11	0,07
281	-0,069	0,29	-0,12	281	-0,009	0,13	-0,04
321	0,036	0,29	0,06	320	-0,024	0,13	-0,09
360	-0,128	0,29	-0,22	361	-0,018	0,13	-0,07
400	0,026	0,29	0,04	400	-0,084	0,13	-0,32

LABORATÓRIO E				VALOR DE REFERÊNCIA			
Vazão (m³/h)	Diferença d (%)	incerteza padrão da diferença u	Grau de equivalência En	Vazão (m³/h)	KCRV (%)	incerteza padrão de CRV (%)	$\chi^2_{\text{obs}}$
42	0,150	0,12	0,62	41	0,82	0,08	ok
82	0,256	0,11	1,19	83	0,03	0,07	inconsistente
123	0,271	0,11	1,22	121	-0,20	0,06	inconsistente
156	0,333	0,11	1,51	159	-0,32	0,06	inconsistente
203	0,409	0,11	1,83	198	-0,38	0,06	inconsistente
240	0,417	0,11	1,86	239	-0,36	0,06	inconsistente
279	0,341	0,11	1,60	278	-0,33	0,06	inconsistente
320	0,326	0,11	1,46	320	-0,31	0,06	inconsistente
353	0,312	0,11	1,47	360	-0,28	0,06	inconsistente
394	0,266	0,11	1,25	401	-0,26	0,06	inconsistente

# Relatório final do 2º Programa Interlaboratorial de Vazão de Gás

## - Média e Alta Vazão

---

**Tabela 19 – Resultados do teste de consistência de dados pelo procedimento Cox A para o medidor G1000**

LABORATÓRIO A			
Vazão (m³/h)	Diferença d (%)	incerteza padrão da u	Grau de equivalência En
162	0,166	0,09	0,97
321	0,032	0,08	0,19
482	0,118	0,09	0,69
642	0,104	0,09	0,56
799	0,041	0,08	0,25
960	0,001	0,08	0,01
1120	0,015	0,13	0,06
1272	-0,054	0,13	-0,22
1437	-0,016	0,13	-0,07
1599	-0,018	0,13	-0,07

LABORATÓRIO B			
Vazão (m³/h)	Diferença d (%)	incerteza padrão da u	Grau de equivalência En
158	-0,534	0,16	-1,65
320	-0,388	0,17	-1,16
482	-0,202	0,17	-0,59
644	-0,236	0,17	-0,71
797	-0,259	0,17	-0,76
957	-0,289	0,20	-0,73
1123	-0,395	0,16	-1,24
1280	-0,414	0,17	-1,19
1445	-0,446	0,16	-1,36
1602	-0,428	0,16	-1,31

LABORATÓRIO C			
Vazão (m³/h)	Diferença d (%)	incerteza padrão da u	Grau de equivalência En
160	-0,164	0,30	-0,28
320	-0,138	0,30	-0,23
480	-0,412	0,30	-0,70
640	-0,536	0,29	-0,91
799	-0,289	0,29	-0,49
960	-0,419	0,29	-0,71
1120	-0,325	0,29	-0,55
1280	-0,124	0,29	-0,21
1439	-0,356	0,29	-0,61
1598	-0,368	0,29	-0,63

LABORATÓRIO D			
Vazão (m³/h)	Diferença d (%)	incerteza padrão da u	Grau de equivalência En
162	0,106	0,11	0,47
321	-0,018	0,11	-0,08
481	-0,052	0,11	-0,23
642	-0,036	0,14	-0,13
801	-0,069	0,14	-0,25
961	-0,019	0,14	-0,07
1122	-0,025	0,14	-0,09
1280	-0,004	0,14	-0,02
1441	0,014	0,14	0,05
1600	-0,008	0,14	-0,03

LABORATÓRIO E			
Vazão (m³/h)	Diferença d (%)	incerteza padrão da diferença u	Grau de equivalência En
163	-0,024	0,11	-0,11
321	0,222	0,12	0,92
483	0,048	0,11	0,22
640	0,114	0,11	0,52
806	0,171	0,11	0,76
966	0,201	0,11	0,90
1123	0,245	0,10	1,26
1298	0,246	0,10	1,21
1445	0,284	0,10	1,38
1600	0,292	0,10	1,42

VALOR DE REFERÊNCIA			
Vazão (m³/h)	KCRV (%)	incerteza padrão de CRV (%)	$\chi^2_{\text{obs}}$
162	1,46	0,06	inconsistente
321	0,96	0,06	ok
482	0,75	0,06	ok
642	0,74	0,07	ok
799	0,80	0,07	ok
960	0,82	0,07	ok
1120	0,86	0,07	inconsistente
1272	0,92	0,07	ok
1437	0,95	0,07	inconsistente
1599	0,98	0,07	inconsistente