

COMISSÃO TÉCNICA DE VAZÃO CT-13
Coordenação Geral de Acreditação - Cgcre



**3º PROGRAMA DE COMPARAÇÃO INTERLABORATORIAL EM
VAZÃO DE GÁS**

RELATÓRIO FINAL

Confidencialidade

Todas as informações aqui contidas são proprietárias e confidenciais. Este documento não pode ser parcialmente reproduzido, publicado, transmitido e/ou armazenado em formato eletrônico ou traduzida para qualquer idioma e de qualquer forma, sem a permissão por escrito da **Coordenação Geral de Acreditação - Cgcre**.

Marca Registrada

Todos os nomes e/ou logos de produtos descritos nesta documentação são utilizados com exclusivo propósito de identificação e podem ser marcas registradas ou não de seus respectivos proprietários.

COMISSÃO TÉCNICA DE VAZÃO CT-13
Coordenação Geral de Acreditação - Cgcre

RELATÓRIO FINAL DO PROGRAMA INTERLABORATORIAL

Coordenador do Ensaio de Proficiência: Henrique da Silva Mello (ITRON)

Relatório Final aprovado por:

Helena Manosso / Rui Gomez - Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT (SP)

Ricardo Risuenho – SENAI / CTGAS-ER (RN)

Vitor Damasceno - CEG (RJ)

Henrique Mello / Marcelo Orsi - Laboratório Itron de Calibrações e Ensaios (SP)

Maurício Soares – Cgcre (RJ)

Índice

1.	INTRODUÇÃO.....	4
2	OBJETIVO.....	4
3	CONFIDENCIALIDADE.....	4
3.	LABORATÓRIOS PARTICIPANTES.....	4
4.	INSTRUMENTO DE MEDIÇÃO.....	5
5.1	Padrão Itinerante.....	5
6	PREPARAÇÃO DO PADRÃO ITINERANTE.....	5
6.1	Da Embalagem.....	5
6.2	Substituição das Engrenagens de Correção (INDEX) e Lacreção.....	5
6.3	Condições da Calibração.....	5
6.3.1	Procedimento de calibração.....	5
6.3.2	Condicionamento.....	6
6.3.3	Fluido de calibração.....	6
6.3.4	Vazões de Calibração.....	6
6.4	Avaliação da Homogeneidade e Estabilidade do padrão itinerante.....	6
6.5	Mensurando.....	6
6.6	Valor de Referência (VR).....	6
6.7	Parâmetro de Análise.....	7
7	Circulação do Padrão.....	8
8	RESULTADOS.....	8
8.1	Forma de apresentação dos resultados (planilhas padronizadas).....	8
8.2	Resultados apresentadas pelos participantes (planilhas padronizadas).....	9
8.2.1	Planilhas com os resultados na faixa de vazão de (1200 a 2500) m ³ /h.....	9
8.2.2	Planilhas com os resultados na faixa de vazão de (2800 a 4000) m ³ /h.....	10
8.3	Estabilidade do padrão.....	11
8.4	Resultados finais.....	12
8.4.1	Resultados de E _n na faixa de vazão de (1200 a 2500) m ³ /h.....	12
8.4.2	Resultados de E _n na faixa de vazão de (2800 a 4000) m ³ /h.....	13
9	CONCLUSÃO.....	14
10	REFERÊNCIAS.....	15

1. INTRODUÇÃO

O 3º programa de comparação interlaboratorial em vazão de gás é o manifesto de laboratórios acreditados que visa através deste garantir e aprimorar a confiabilidade metrológica das calibrações realizadas em medidores totalizadores de volume de gás do tipo rotativo e turbina.

Este programa se iniciou na 18ª reunião da Comissão Técnica de Vazão CT-13, realizada em São Paulo. A subcomissão do 3º Programa de Comparação Interlaboratorial em vazão de gás foi composta por 04 (quatro) laboratórios Acreditados pela Cgcre na área de vazão de gás.

2 OBJETIVO

Este documento apresenta etapas e resultados metrológicos obtidos pelos laboratórios participantes deste 3º Programa de Comparação Interlaboratorial em vazão de gás para medidores totalizadores de volume de gás.

3 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.

3. LABORATÓRIOS PARTICIPANTES

Os laboratórios participantes do 3º programa interlaboratorial de vazão de gás estão relacionados na tabela 1, sendo todos Acreditados.

Neste programa, o INMETRO, por meio da Comissão Técnica CT-13, atuou como observador.

Tabela 1 – Laboratórios Participantes.

Nome do Laboratório	Instituição / Empresa	Nº de Acreditação
Laboratório de Vazão do Centro de Metrologia Mecânica, Elétrica e de Fluidos (Referência)	Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT (SP)	CAL0162
Laboratório ITRON de Calibrações e Ensaios (Coordenador)	ITRON Soluções para Energia e Água Ltda. (SP)	CAL0532
Laboratório de Calibração - CEG	CEG (RJ)	CAL0336
Laboratório do Centro de Tecnologias do Gás e Energias Renováveis - SENAI	SENAI / CTGAS-ER (RN)	CAL0248

4. INSTRUMENTO DE MEDIÇÃO

5.1 Padrão Itinerante

A subcomissão decidiu pela utilização de 01 medidor totalizador de volume de gás TIPO TURBINA, cujas especificações estão descritas pela tabela 2:

Tabela 2 – Padrão Itinerante (Nº série: **3400383593**)

Medidor tipo	Fabricante	Modelo	Designação	Q _{máx} (m ³ /h)	Q _{mín} (m ³ /h)	Diâmetro (mm/ pol)	Conexão	Classe de pressão
Turbina	Itron	Fluxi 2000/TZ	G2500	4000	200	250/ 10"	Flangeada	#150

6 PREPARAÇÃO DO PADRÃO ITINERANTE

6.1 Da Embalagem

O padrão itinerante foi acondicionado em caixa de madeira, travado com cinta tipo catraca e protegido por espumas para mitigar possíveis danos durante o transporte.

6.2 Substituição das Engrenagens de Correção (INDEX) e Lacração

Antes do início do processo, o padrão itinerante teve o par de engrenagens de correção do index substituído aleatoriamente por um técnico imparcial.

Foram disponibilizados ao técnico imparcial 06 pares de engrenagens. Na ausência dos participantes do PI (e de qualquer outra pessoa, mesmo que imparcial) a substituição do par de engrenagens foi realizada.

Após a substituição, o padrão itinerante teve o index fechado pelo técnico e na sequência, o medidor foi lacrado na presença de alguns representantes dos laboratórios participantes deste processo. Os pares de engrenagens restantes não foram divulgados e permanecerão em poder do técnico que realizou a substituição até o final do processo.

6.3 Condições da Calibração

6.3.1 Procedimento de calibração

Os parâmetros não foram especificamente definidos, sendo que cada laboratório utilizou seu próprio procedimento de calibração.

Cada laboratório revisou o documento “Protocolo 3º Programa de Comparação Interlaboratorial em vazão de gás GT CT-13 - REV 01” antes de aceitá-lo, de forma a evitar que algum parâmetro definido pudesse interferir ou não estar em conformidade com seu procedimento interno de calibração.

6.3.2 Condicionamento

Cada laboratório utilizou os trechos retos com os quais normalmente executa a calibração deste tipo de medidor.

6.3.3 Fluido de calibração

Foi utilizado ar como fluido de calibração.

6.3.4 Vazões de Calibração

O medidor foi calibrado em 08 (oito) pontos da faixa de vazão e igualmente distribuídos.

Assim sendo, o medidor foi calibrado nas vazões de: $0,3Q_{\text{máx}}$; $0,4Q_{\text{máx}}$; $0,5Q_{\text{máx}}$; $0,625Q_{\text{máx}}$; $0,7Q_{\text{máx}}$; $0,8Q_{\text{máx}}$; $0,9Q_{\text{máx}}$ e $Q_{\text{máx}}$. (1.200 a $4.000\text{m}^3/\text{h}$).

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

O medidor foi calibrado utilizando-se como sinal de saída pulsos de **Baixa Frequência (BF)**. Os resultados da calibração de Baixa Frequência foram comparados com o sinal óptico nos mesmos percentuais de vazão.

Não foi relatado por nenhum dos laboratórios participantes diferença significativa entre os resultados do emissor de pulsos de Baixa Frequência e o Óptico.

OBS.: Os resultados do sinal óptico foram apenas comparativos e não foram encaminhados à Cgcre.

6.4 Avaliação da Homogeneidade e Estabilidade do padrão itinerante

O laboratório de referência (IPT) foi o responsável pela execução dos ensaios iniciais para avaliação da homogeneidade e estabilidade do padrão itinerante.

6.5 Mensurando

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

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

E = Erro (%);

V_{medidor} = Volume indicado pelo medidor de comparação;

V_{Lab} = Volume verdadeiro medido pelo laboratório.

6.6 Valor de Referência (VR)

Para o valor de referência (VR) foi aplicada a média dos resultados obtidos pelo laboratório de referência nas oito leituras do padrão itinerante.

A incerteza de referência utilizada foi formada pela incerteza obtida por este laboratório, composta por um parâmetro relativo a reprodutibilidade e estabilidade do padrão avaliado e com base na diferença entre os resultados da primeira e última calibração do padrão.

A incerteza relativa ao valor de referência VR (U_{VR}) foi calculada como:

$$U_{VR} = 2 * u_{VR} = \sqrt{u_c^2 + u_{rep}^2}$$

Sendo:

u_c – É a incerteza padronizada determinada na calibração do laboratório de referência;

u_{rep} – É uma incerteza associada a reprodutibilidade e estabilidade do padrão itinerante.

6.7 Parâmetro de Análise

O principal parâmetro de análise foi o grau de equivalência Erro Normalizado (E_n) para cada laboratório e em cada vazão. Calculado pela equação 2:

$$E_{ni} = \frac{(E_i - VR)}{\sqrt{U^2 E_i + U^2 VR}} \quad (2)$$

Sendo:

E_i - É o erro determinado pelo Laboratório i na calibração;

VR - É o erro determinado pelo laboratório de referência;

UE_i - É a incerteza expandida declarada pelo laboratório i;

UVR - É a incerteza expandida declarada pelo laboratório de referência e que já considera os parâmetros de reprodutibilidade e estabilidade do padrão.

Para esta comparação, foram considerados os seguintes critérios de avaliação para o Erro Normalizado:

$|E_n| \leq 1$ serão considerados satisfatórios;

$|E_n| > 1$ serão considerados insatisfatórios.

7 Circulação do Padrão

A ordem de circulação adotada para calibração do padrão itinerante e que foi seguida para este programa está representada na Figura 2.

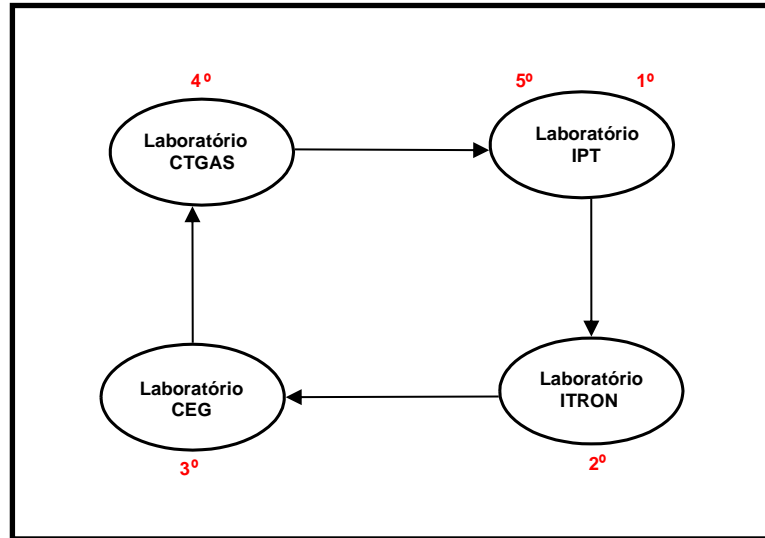


Figura 2 – Ordem de circulação do padrão itinerante

8 RESULTADOS

8.1 Forma de apresentação dos resultados (planilhas padronizadas)

Cada participante apresentou os seus resultados, obtidos na calibração do padrão itinerante em planilhas padronizadas conforme Tabela 3.1 e Tabela 3.2.

Tabela 3.1 – Apresentação dos resultados da calibração na faixa de (1200 a 2500) m³/h

3º Programa de Comparação Interlaboratorial em vazão de gás							
Código do laboratório							
Marque o padrão calibrado	Padrão Itinerante						
	Fabricante	Modelo	Faixa de vazão	Diâmetro nominal	k-factor	Número de série	
Vazão	Erro	s(x)	Número de leituras de calibração	Incerteza expandida	Fator de abrangência	Temperatura	Pressão
(m ³ /h)	(%)	(%)		(%)	(P, 95,45%)	(°C)	(kPa)
1200							
1600							
2000							
2500							
s(x) Desvio padrão experimental da média.							
Nota : O erro (mensurando) deve ser declarado considerando o k-factor definido para cada medidor deste PI.							
Dificuldades ou anomalias observada durante a calibração:							
Desvios do procedimentos estabelecido para a comparação e justificativas do laboratório:							

Nesta faixa de vazão participaram quatro laboratórios, sendo eles IPT, ITRON, CTGÁS e CEG.

Tabela 3.2 – Apresentação dos resultados da calibração na faixa de (2800 a 4000) m³/h

3º Programa de Comparação Interlaboratorial em vazão de gás							
Código do laboratório							
		Padrão Itinerante					
Marque o padrão calibrado	Fabricante	Modelo	Faixa de vazão	Diâmetro nominal	k-factor	Número de série	
	Itron	FLUXI 2000/ TZ	200 à 4000m ³ /h	10" (250mm)	X pulsos/L	3400383593	
Vazão	Erro	s(x)	Número de leituras de calibração	Incerteza expandida	Fator de abrangência	Temperatura	Pressão
(m ³ /h)	(%)	(%)		(%)	(P, 95,45%)	(°C)	(kPa)
2800							
3200							
3600							
4000							
s(x) Desvio padrão experimental da média.							
Nota : O erro (mensurando) deve ser declarado considerando o k-factor definido para cada medidor deste PI.							
Dificuldades ou anomalias observada durante a calibração:							
Desvios do procedimentos estabelecido para a comparação e justificativas do laboratório:							

Nesta faixa de vazão participaram três laboratórios, sendo eles IPT, ITRON e CTGÁS.

8.2 Resultados apresentadas pelos participantes (planilhas padronizadas)

A seguir é apresentado o conjunto de planilhas com os resultados das medições de três dos laboratórios participantes, identificadas apenas por códigos, para que não sejam identificados. Os resultados do laboratório de referência não foram mostrados, pelo mesmo motivo.

8.2.1 Planilhas com os resultados na faixa de vazão de (1200 a 2500) m³/h

Código do laboratório		LAB G1A					
		Padrão Itinerante					
Marque o padrão calibrado	Fabricante	Modelo	Faixa de vazão	Diâmetro nominal	k-factor	Número de série	
Turbina	Itron	G2500	200 à 4000	250	0,1	3400383593	
Vazão	Erro	s(x)	Número de leituras de calibração	Incerteza expandida	Fator de abrangência	Temperatura	Pressão
(m ³ /h)	(%)	(%)		(%)	(P, 95,45%)	(°C)	(kPa)
1200	-0,24	0,01	3,00	0,60	2,00	22,30	101,57
1600	-0,38	0,01	3,00	0,60	2,00	22,30	101,57
2000	-0,62	0,00	3,00	0,60	2,00	22,30	101,57
2500	-0,88	0,03	3,00	0,60	2,00	22,30	101,57

Código do laboratório LAB G1C

Padrão Itinerante							
Marque o padrão calibrado	Fabricante	Modelo	Faixa de vazão	Diâmetro nominal	k-factor	Número de série	
	Itron	Turbina - Fluxi	4000 à 200m ³ /h	250mm	0,1 pulso/m ³	3400383593	
Vazão	Erro	s(x)	Número de leituras de calibração	Incerteza expandida	Fator de abrangência	Temperatura	Pressão
(m ³ /h)	(%)	(%)		(%)	(P, 95,45%)	(°C)	(kPa)
1200	-0,38	0,02	3	0,62	2,00	22,10	944,90
1600	-0,27	0,01	3	0,62	2,00	22,10	944,90
2000	-0,24	0,00	3	0,62	2,00	22,10	944,90
2500	-0,16	0,01	3	0,62	2,00	22,10	944,90

Código do laboratório G1D

Padrão Itinerante							
Marque o padrão calibrado	Fabricante	Modelo	Faixa de vazão	Diâmetro nominal	k-factor	Número de série	
	Itron	FLUXI 2000/ TZ	200 à 4000m ³ /h	10" (250mm)	0,1 pulsos/m ³	3400383593	
Vazão	Erro	s(x)	Número de leituras de calibração	Incerteza expandida	Fator de abrangência	Temperatura	Pressão
(m ³ /h)	(%)	(%)		(%)	(P, 95,45%)	(°C)	(kPa)
1200	0,41	0,12	3,00	0,45	2,01	18,73	1006,14
1600	0,47	0,16	3,00	0,47	2,03	18,52	1004,80
2000	0,27	0,06	3,00	0,43	2,00	17,89	1003,33
2500	0,34	0,18	3,00	0,48	2,04	17,48	1000,65

8.2.2 Planilhas com os resultados na faixa de vazão de (2800 a 4000) m³/h

Código do laboratório LAB G2A

Padrão Itinerante							
Marque o padrão calibrado	Fabricante	Modelo	Faixa de vazão	Diâmetro nominal	k-factor	Número de série	
	Itron	Turbina - Fluxi	4000 à 200m ³ /h	250mm	0,1 pulsos/m ³	3400383593	
Vazão	Erro	s(x)	Número de leituras de calibração	Incerteza expandida	Fator de abrangência	Temperatura	Pressão
(m ³ /h)	(%)	(%)		(%)	(P, 95,45%)	(°C)	(kPa)
2800	-0,11	0,02	3	0,62	2,00	22,10	944,90
3200	-0,03	0,02	3	0,62	2,00	22,10	944,90
3600	-0,05	0,02	3	0,62	2,00	22,10	944,90
4000	0,05	0,01	3	0,62	2,00	22,10	944,90

Código do laboratório **G2B**

Padrão Itinerante							
Marque o padrão calibrado	Fabricante	Modelo	Faixa de vazão	Diâmetro nominal	k-factor	Número de série	
	Itron	FLUXI 2000/ TZ	200 à 4000m ³ /h	10" (250mm)	0,1 pulsos/m ³	3400383593	

Vazão	Erro	s(x)	Número de leituras de calibração	Incerteza expandida	Fator de abrangência	Temperatura	Pressão
(m ³ /h)	(%)	(%)		(%)	(P, 95,45%)	(°C)	(kPa)
2800	0,57	0,12	3,00	0,45	2,01	17,94	997,69
3200	0,26	0,11	3,00	0,45	2,01	18,00	994,32
3600	0,13	0,14	3,00	0,46	2,02	17,81	987,80
4000	0,35	0,13	3,00	0,46	2,01	18,28	986,19

Com exceção do laboratório CEG que solicitou uma nova calibração, pois detectou um problema em sua bancada e pediu a volta do padrão itinerante para confirmar os resultados anteriores, nenhum laboratório detectou problemas durante a calibração.

8.3 Estabilidade do padrão

O padrão itinerante foi calibrado pelo IPT no início e no final da roda de circulação para avaliar a sua estabilidade. Os resultados das diferenças dos erros entre as calibrações inicial e final realizadas são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Diferença entre os erros iniciais e finais

Vazão (m ³ /h)	Diferença dos erros (%)
1200	0,11
1600	0,17
2000	0,10
2500	0,00
2800	0,09
3200	0,07
3600	0,04
4000	0,09

A incerteza da reprodutibilidade é calculada para cada ponto.

$$u_{rep} = \frac{\text{diferença entre os erros}}{\sqrt{12}} \quad (3)$$

8.4 Resultados finais

Com as incertezas finais calculadas dos valores de referências de cada vazão foram determinados os erros normalizados para cada laboratório.

8.4.1 Resultados de E_n na faixa de vazão de (1200 a 2500) m^3/h

Os resultados obtidos do erro normalizado por cada laboratório em cada ponto da faixa de vazão de (1200 a 2500) m^3/h são apresentados na Tabela 5 e na Figura 3.

Tabela 5 – Resultados de E_n para cada laboratório

Vazão (m^3/h)	G1A	G1C	G1D
1200	0,50	0,69	-0,58
1600	0,72	0,55	-0,64
2000	1,13	0,55	-0,26
2500	1,52	0,43	-0,38

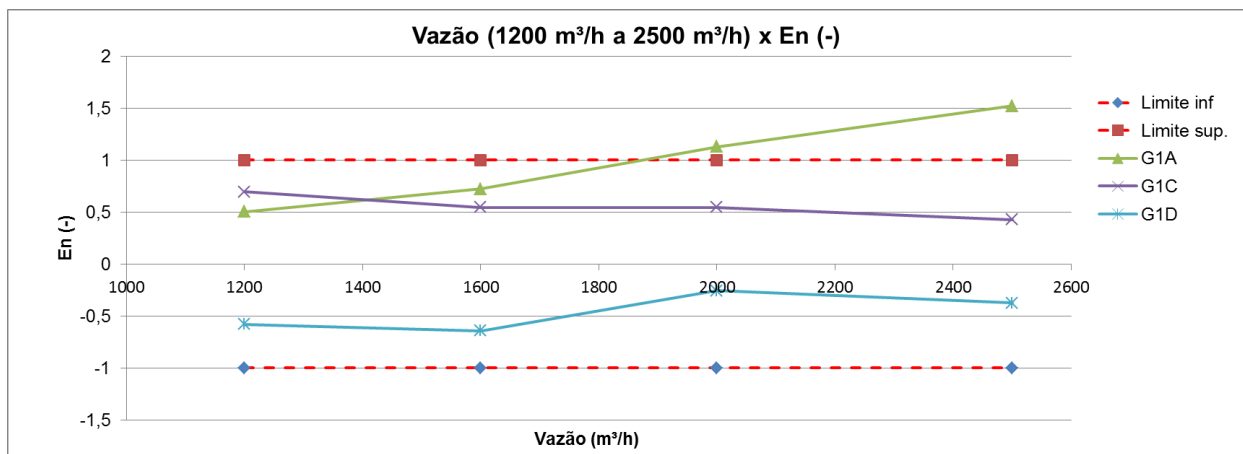


Figura 3 – Representação gráfica do erro normalizado X vazão para cada laboratório

8.4.2 Resultados de E_n na faixa de vazão de (2800 a 4000) m^3/h

Os resultados obtidos do erro normalizado por cada laboratório em cada ponto da faixa de vazão de (2800 a 4000) m^3/h são apresentados na Tabela 6 e na Figura 4.

Tabela 6 – Resultados de E_n para cada laboratório

Vazão (m^3/h)	G2A	G2B
2800	0,39	-0,77
3200	0,26	-0,22
3600	0,30	0,04
4000	0,18	-0,33

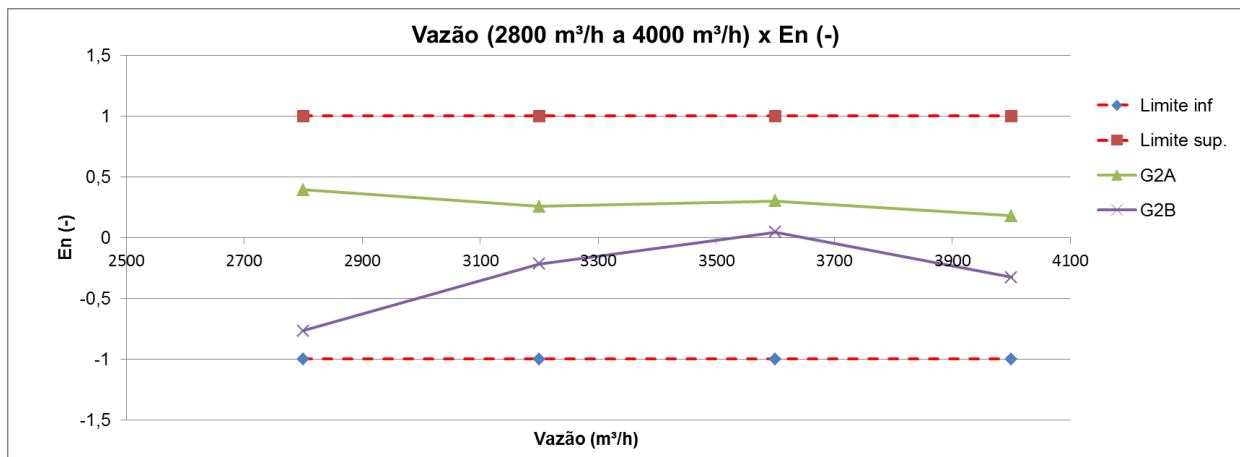


Figura 4 – Representação gráfica do erro normalizado X vazão para cada laboratório

9 CONCLUSÃO

Diante das informações relatadas acima, o laboratório G1A que obteve resultados de $|En| > 1$ (insatisfatórios) em alguns pontos da faixa de vazão, deve avaliar e rever seus procedimentos de calibração e de avaliação de incerteza de medição. Os demais laboratórios obtiveram bons resultados.

Quero ressaltar o bom nível de envolvimento e comprometimento dos laboratórios.

Diante dos resultados apresentados é possível comprovar que os laboratórios demonstraram ter resultados homogêneos entre si, garantindo a confiabilidade metrológica.

“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 de acordo com o estabelecido no Regulamento de Acreditação da Dicla”.

10 REFERÊNCIAS

- [1] “EAL-P7” Interlaboratory Comparisons - *European Cooperation for Accreditation of Laboratories Committee*, 2,1th Edition, March 1996.
- [2] Mikan, B., Valenmnta, T. [PTB, CMI], *Final Report – Draft B, Inter-laboratory calibration comparison of the turbine gas meter G6500 EURAMET Project No. 1006*, March 2009.
- [3] COOMET Project 219 level.
- [4] “Operação dos Comitês Técnicos de Assessoramento à Cgcre na Acreditação de Organismos de Avaliação da Conformidade da NIE-CGCRE-045 – revisão 00 de novembro de 2013”.
- [5] “ABNT NBR ISO/IEC 17043:2011”.

Fim do Relatório
Revisão 00