



COORDENAÇÃO GERAL DE ACREDITAÇÃO – CGCRE

Divisão de Acreditação de Laboratórios – Dicla

Comissão Técnica de Vazão – CT13

Subcomissão Técnica do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria

RELATÓRIO FINAL DA 7^a EDIÇÃO DO PROGRAMA INTERLABORATORIAL

GRUPO 04

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	3
2. OBJETIVO	4
3. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA INTERLABORATORIAL	4
3.1 Laboratórios Participantes	4
3.2 Formação dos Grupos, Tipo de Circulação e Coordenação.	6
3.3 Artefatos.....	8
3.4 Acondicionamento e Transporte dos Artefatos.....	8
3.5 Laboratório de Referência.....	9
3.6 Métodos de Medição	9
4. DECLARAÇÃO DOS RESULTADOS DE CALIBRAÇÃO.....	11
5. RESULTADOS DO PROGRAMA INTERLABORATORIAL	12
5.1 Análise do Erro Normalizado Grupo nº04	13
6. CONCLUSÃO	20
7. CONSIDERAÇÕES DOS LABORATÓRIOS PARTICIPANTES	21
8. CONFIDENCIALIDADE	21
9. AGRADECIMENTOS.....	22
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23
ANEXO 1	24

1. INTRODUÇÃO

A 7^a Edição do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria (PIPH) estabelecida em 2016 é o resultado do interesse manifestado pelas empresas de saneamento, fabricantes de medidores de água, laboratórios acreditados ou postulantes a acreditação, visando aprimorar a garantia da confiabilidade metrológica nas atividades de calibração e de verificação de hidrômetros em nosso país.

Nesta 7^a Edição, foram estabelecidos 12 grupos em cinco diferentes faixas de operações e utilizando artefatos de três diferentes tecnologias: volumétrico, velocimétrico e ultrassônico.

Três destes grupos foram realizados em caráter piloto, com objetivo de analisar aspectos identificados na 5^a Edição deste Programa. O grupo 4 é uma reprodução fidedigna do mesmo grupo daquela edição, inclusive quanto aos artefatos utilizados e busca verificar a eficácia das ações implementadas a partir da investigação das causas dos resultados obtidos anteriormente. Os grupos 11 e 12 têm circulação combinada de artefatos velocimétricos e volumétricos e têm por objetivo identificar possíveis diferenças de comportamento destas tecnologias quando submetidas aos ensaios.

Uma das motivações para realizar a avaliação utilizando diferentes tecnologias foi avaliar se as bancadas de calibração utilizadas atualmente estão aptas para realizar a calibração e apresentar resultados homogêneos em diferentes laboratórios.

Os resultados apresentados referem-se exclusivamente ao grupo nº04.

A primeira atividade desta subcomissão foi elaborar o protocolo do programa de comparação interlaboratorial com objetivo de harmonizar as informações e estabelecer os requisitos e procedimentos a serem cumpridos pelos laboratórios participantes.

O protocolo e este relatório referem-se a 7^a Edição do Programa Interlaboratorial e foram elaborados com base nos seguintes documentos:

- NIE-CGCRC-045, Operação dos Comitês Técnicos de Assessoramento à Cgcre na Acreditação de Organismos de Avaliação da Conformidade.
- NIT-DICLA 026, Requisitos Gerais para Participação de Laboratórios de Ensaios e de Calibração em Atividades de Ensaios de Proficiência.
- NIT-DICLA-031, Regulamento da Acreditação de Laboratório, de Produtores de Materiais de Referência e de Provedores de Ensaios de Proficiência.
- ABNT NBR ISO IEC 17043 – Avaliação de Conformidade – Requisitos Gerais para Ensaios de Proficiência.

Um software desenvolvido por Sr. Nilson Taira – IPT foi utilizado para realizar o cálculo aplicando o método Cox para cálculo do erro normalizado e a inserção dos resultados de cada um dos laboratórios foi realizada pelos secretários dos grupos.

A fim de promover a transparência do processo e evitar eventuais erros de digitação, a partir da desidentificação dos resultados, o observador encaminhou os resultados para todos os participantes do grupo.

Um representante designado, do laboratório CEDAE participante da 7ª Edição PIH, mas não pertencente ao grupo nº04 realizou os cálculos de erro normalizado.

Após o cálculo do Erro Normalizado, os resultados e gráficos foram encaminhados ao coordenador do grupo para elaboração do relatório final e apresentação ao grupo. Após análise crítica o mesmo foi entregue a Comissão Técnica de Vazão – CT13.

O grupo nº04, integrante da 7ª Edição do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria, foi realizado no período de Março/2016 com início das atividades para elaboração do protocolo até Abril/2018 finalizando com este relatório.

2. OBJETIVO

O objetivo deste documento é a apresentação dos resultados da 7ª Edição do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria do grupo nº 04, integrado pelos laboratórios LAO, SANASA, SABESP, IPT, ITRON e VECTOR.

Nota: Informações detalhadas dos laboratórios encontram-se no Anexo 1.

3. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA INTERLABORATORIAL

A seguir estão descritos aspectos do protocolo desenvolvido pelos laboratórios participantes do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria (PIPH).

3.1 Laboratórios Participantes

Participaram da 7ª Edição do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria um total de 25 laboratórios, sendo 12 (doze) laboratórios acreditados pela Coordenação Geral de Acreditação (Cgcre), integrantes da Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio – RBLE, 01 (um) laboratório em processo de acreditação e 12 (doze) laboratórios em preparação para o processo de acreditação segundo requisitos da ABNT NBR ISO/IEC 17025.

Na tabela 1 estão relacionados os laboratórios participantes desta edição, respectivos números de acreditação, quando aplicável, e instituições ou empresas às quais pertencem.

Tabela 1 – Relação de Laboratórios Participantes

Nº de Acreditação	Nome do Laboratório	Instituição / Empresa
CAL 0162	Laboratório de Vazão - CTMetro	IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A.
CAL 0168	Laboratório de Vazão e Nível - Conaut	Conaut Controles Automáticos Ltda
CRL 0560	Laboratório de Medidores	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp

Nº de Acreditação	Nome do Laboratório	Instituição / Empresa
CRL 0563	Laboratório de Hidrometria da Divisão de Hidrometria	Companhia de Saneamento de Minas Gerais – Copasa
CRL 0618	Laboratório Itron de Calibrações e Ensaios	ITRON Soluções para Energia e Água Ltda.
CRL 0825	Laboratório de Hidrometria	Companhia de Água e Esgoto do Ceará – Cagece
CRL 0907	Laboratório de Verificação de Medidores de Água	Saga Medição Ltda.
CRL 1004	Laboratório de Inspeção Final	Elster Medição de Água Ltda. (Honeywell)
CRL 1041	Laboratório de Verificação de Medidores de Água	Liceu de Artes e Ofícios de São Paulo – LAO
CRL 1051	Laboratório de Qualidade Assegurada - FAE	Fae Sistemas de Medição S/A
CRL 1059	Laboratório de Verificação e Calibração Zenner do Brasil	Zenner do Brasil Instrumentos de Medição Ltda.
CRL 1083	Laboratório de Medidores	Cedae – Companhia Estadual de Águas e Esgotos
Em Processo de Acreditação	Laboratorio de Verificação Metrológica Vector	Vector Sistemas de Medição Ltda
Em preparação	Laboratório de Hidrometria	Companhia Pernambucana de Saneamento – Compesa
	Laboratório de Hidrometria	Igor Fernando Simidamore Viciana (Hidrometer)
	Laboratório de Hidrometria	Odebrecht Ambiental S/A ²
	Laboratório de Hidrometria	Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S/A – Sanasa Campinas
	Laboratório de Hidrometria – Saneago	Saneamento de Goiás SA – Saneago
	Laboratório de Hidrometria da Casan	Companhia Catarinense de Águas e Saneamento – Casan
	Laboratório de Hidrometria Saae Guarulhos	Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Guarulhos – SAAE
	Laboratório de Hidrômetros	Cesan – Companhia Espírito Santense de Saneamento
	Laboratório de Hidrômetros do DMAE ¹	Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE)
	Laboratório de Medição de Volumes	Superintendência do Inmetro no Rio Grande do Sul
	Laboratório de Vazão do CIMVE – DMCI ¹	Instituto de Pesos e Medidas do Estado de São Paulo - IPREM/SP
	Laboratorio de Verificação de Medidores de Água	Energurus Saneamento Ltda.

Nota 1: Os laboratórios Dmae Porto Alegre e Ipem/SP por questões técnicas, devidamente justificadas ao coordenador da 7ª Edição, não deram prosseguimento à

sua participação na 7ª Edição, não tendo realizado a calibração dos respectivos artefatos dos grupos em que faziam parte e, desta forma, não tiveram seus resultados declarados.

Nota 2: O Laboratório Odebrecht Ambiental teve sua razão social alterada para BRK Ambiental Participações S.A. e, por isso, a partir da 32ª Reunião da Subcomissão do PIPH, as menções ao referido laboratório passaram a ser BRK Ambiental.

O protocolo desenvolvido pelos laboratórios participantes define as principais etapas do PIPH, o observador, coordenadores e secretários dos grupos, bem como o coordenador geral do programa.

A Coordenação Geral de Acreditação - Cgcre, através da Divisão de Acreditação de Laboratórios – DICLA, na pessoa do Sr. Mauricio Araujo Soares, atuou como observador deste programa, na dissociação entre resultados de medição e laboratórios participantes, através da substituição do nome do laboratório por um código alfanumérico (desidentificação) estabelecido antes do início das medições, de conhecimento apenas do próprio laboratório e do observador.

3.2 Formação dos Grupos, Tipo de Circulação e Coordenação.

A manifestação de interesse dos laboratórios nas faixas e tecnologias disponibilizadas pela coordenação do Programa resultou na composição de doze grupos participantes, com no mínimo 4 (quatro) e no máximo 6 (seis) laboratórios, com tempo estipulado de 30 dias por laboratório para realização da calibração.

O limite inferior de 4 laboratórios por grupo, foi estabelecido para garantir uma massa crítica de dados mínima para avaliação dos laboratórios.

O limite superior de 6 laboratórios por grupo, equivalente a 6 meses de circulação, foi estabelecido com objetivo de reduzir riscos sobre a integridade dos artefatos quando submetidos a um longo período de circulação e adicionalmente manter este processo sob controle, sendo estimado um tempo para conclusão de 12 meses.

A ordem de circulação sequencial (“em roda”) foi adotada para este programa e definida por logística motivada pela localização geográfica dos laboratórios participantes.

Decidiu-se por não definir um laboratório de referência, sendo adotado o valor médio dos erros divulgados pelos laboratórios participantes como referência para o cálculo do erro normalizado.

A tabela 2 relaciona os laboratórios participantes, ordem de circulação, faixa de operação, tipo de tecnologia de cada artefato utilizado, coordenador, secretário, observador para cada grupo e coordenador geral do programa.

As equipes técnicas dos laboratórios participantes estão relacionadas no Anexo 1.

Tabela 2: Relação de laboratórios, faixas de operação, coordenadores, secretários, observador de cada grupo e coordenador da 7ª Edição.

Ordem de Circulação	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4 (piloto)	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9	Grupo 10	Grupo 11 (piloto)	Grupo 12 (piloto)
1º	Elster	Sabesp	Copasa	LAO	Saae Guarulhos	BRK Ambiental	Hidrometer	Cagece	Conaut	Conaut	BRK Ambiental	Zenner
2º	Cedae	Saae Guarulhos	Saga	Sanasa	Conaut	Cesan	LAO	Compesa	LAO	Sabesp	Vector	Inmetro RS
3º	Casan	BRK Ambiental	Caesb	Sabesp	Energryus	Saga	Saae Guarulhos	Casan	Zenner	LAO	Saae Guarulhos	Casan
4º	Zenner	Sanasa	Saneago	IPT	Sabesp	Fae	Cedae	Inmetro RS	Cedae	Cesan	Hidrometer	IPT
5º	Inmetro RS	Cagece	Vector	Itron			Caesb	IPT	Compesa	IPT	Cedae	Copasa
6º	Dmae Porto Alegre			Vector							Compesa	
Faixa de Operação	15 L/h A 3.000 L/h	15 L/h A 3.000 L/h	15 L/h A 3.000 L/h	6,5 L/h A 5.000 L/h	6,5 L/h A 5.000 L/h	6,5 L/h A 5.000 L/h	70 L/h A 7.800 L/h	70 L/h A 7.800 L/h	100 L/h A 20.000 L/h	150 L/h A 30.000 L/h	15 L/h A 3.000 L/h	15 L/h A 3.000 L/h
Tipo de Artefato	Volumétrico	Volumétrico	Volumétrico	Ultrassônico	Ultrassônico	Ultrassônico	Volumétrico	Volumétrico	Ultrassônico	Ultrassônico	Velocimétrico + Volumétrico	Velocimétrico + Volumétrico
Coordenador do Grupo	Maturino – Dmae	Luiz – Saae Guarulhos	Fernando - Copasa	Adriano - Itron	Jorge - Sabesp	Gustavo - Saga	Lucivaldo – LAO	Paulo Fonseca - Compesa	Luiz Claudio - Cedae	Paulo - Conaut	Bruno - BRK	Levi - Casan
Secretário do Grupo	Leonardo - Inmetro RS	Jorge - Sabesp	Francisco - Caesb	David - Sanasa	Luiz – Saae Guarulhos	Bruno - BRK	Felipe - Hidrometer	Cesar Augusto - Cagece	Paulo - Conaut	Lucivaldo - LAO	Luiz Claudio - Cedae	Fernando - Copasa
Coordenador 7ª Edição	Jorge Leandro Lunkes - Zenner											
Observador	Maurício Soares - Inmetro											

3.3 Artefatos

A subcomissão decidiu pela utilização de diferentes tipos de artefatos, em diferentes faixas de operação. As razões para isso foram:

- Avaliar se as bancadas de calibração utilizadas atualmente, estão aptas para realizar a calibração e apresentar resultados homogêneos em diferentes laboratórios.
- Conhecer ou identificar novas componentes de incerteza de medição associadas ao padrão utilizado, bem como avaliar a necessidade de algum tipo de adaptação ou melhoria da bancada de calibração para a tecnologia avaliada.

Para cada faixa de vazão, definiu-se pela utilização de um tipo de artefato, quantidade a ser fornecida para cada grupo e fabricante ou companhia de saneamento interessada em fornecer.

A Tabela 3 relaciona a faixa de operação do grupo nº04, características do artefato, quantidade e responsável pelo fornecimento dos mesmos.

Tabela 3 – Faixa de operação do padrão itinerante, quantidade e fornecedor

Faixa de Operação (L/h)	Grupos	Artefato	Quantidade	Fabricante
6,5 a 5.000	3	Medidor Ultrassônico Grupo 4 – DN20x190mm	3 unidades – G4	Itron – G4

Definiu-se quantidade de artefatos superior a uma unidade para reduzir o risco de que ao final do processo de intercomparação uma falha no padrão pudesse comprometer o resultado de todo o grupo.

3.4 Acondicionamento e Transporte dos Artefatos

Os artefatos foram entregues em maletas devidamente acondicionados com espumas protegendo os mesmos contra impactos ou danos não intencionais.

Em consenso pela subcomissão, foi permitido o despacho dos artefatos por transportadoras, considerando a proteção oferecida pelas respectivas embalagens.

A figura 1 ilustra o acondicionamento dos artefatos.



Figura 1: Acondicionamento em maleta com espuma ajustada no formato dos artefatos.

3.5 Laboratório de Referência

Por decisão da subcomissão, não foi definido o laboratório de referência, sendo assim, foi adotado como referência o valor médio dos erros apontados pelos laboratórios participantes ponderados pela incerteza de medição proveniente da calibração, para o cálculo do erro normalizado ou grau de equivalência (DoE – Degree of Equivalence). O valor de referência foi calculado segundo procedimento B proposto por Cox (2002).

3.6 Métodos de Medição

A calibração do artefato ocorreu somente em uma bancada de calibração, a qual compõe o laboratório que será submetido à avaliação e reavaliação da acreditação segundo a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025, buscando assim preservar o desempenho metrológico dos artefatos.

Os artefatos foram calibrados em 10 vazões decrescentes da faixa de operação, com três medições em cada vazão ($n=3$), conforme tabela 4.

Tabela 4: Volume mínimo de escoamento para cada vazão especificada Grupo nº04.

Faixas de Operação e Definição das Vazões para Calibração		
Ponto	6,5 a 5.000 (L/h)	Volume Mínimo (L)
1º	4 500	100
2º	4 000	100
3º	2 500	50
4º	1 700	50
5º	1 250	50
6º	600	50
7º	200	10
8º	30	5
9º	15	5
10º	6,5	5

As seguintes orientações foram descritas no protocolo do PIPH:

- Durante as calibrações a vazão média deve estar compreendida entre +/- 4,0% do 1º ao 8º ponto de calibração (ver tabela 4) e +/- 2,0% para o 9º e 10º pontos de calibração.
- Após o último artefato instalado na bancada de calibração, a pressão manométrica deve ser no mínimo de 0,3 bar a jusante.
- Durante a calibração a variação da temperatura da água não dever ser superior a 5°C.
- Devem ser registrados os valores médios da temperatura da água, para cada ponto.
- Devem ser apresentados os valores médios das condições ambientais, temperatura e umidade relativa do ar, durante as calibrações.
- Utilizar filtro a montante dos artefatos com capacidade de retenção de partículas sólidas iguais ou superiores a 50 µm (Mesh 270).
- Trecho reto para medidores Ultrassônicos, Volumétricos e Velocimétricos: mínimo de 5 x DN para entrada e 5 x DN para saída.
- Utilizar diâmetro interno dos mancais da seguinte forma:

Para medidores com DN 15, utilizar mancais com diâmetro interno de 14 a 15 mm.

Para medidores com DN 20, utilizar mancais com diâmetro interno de 19 a 20 mm.

Para medidores com DN 25, utilizar mancais com diâmetro interno de 24 a 25 mm.

Para medidores com DN 40, utilizar mancais com diâmetro interno de 38 a 40 mm.

Para medidores com DN 50, utilizar mancais com diâmetro interno de 50 a 52 mm.

Como medida de controle deste requisito, definiu-se que deveria ser realizada a medição efetiva da cota na entrada e na saída do mancal, a fim de identificar

eventuais conicidades ou variações de diâmetro. Ficou estabelecido, ainda, que o valor resultante desta medição deveria ser declarado no formulário próprio para a declaração de resultados.

- Definiu-se que a vedação utilizada pelo laboratório, deve ser selecionada com objetivo de evitar a obstrução do diâmetro interno, após posicionamento dos medidores em banca de calibração.
- O laboratório participante deve executar a realização de purga visando a eliminação do ar no sistema hidráulico antes das medições.
- O volume a ser escoado em um ensaio de verificação ou processo de calibração possui impacto na incerteza de medição expandida e visando a harmonização da contribuição desta componente, definiu-se na tabela 4 a utilização de volume mínimo para cada faixa de operação e vazão.

4. DECLARAÇÃO DOS RESULTADOS DE CALIBRAÇÃO

Os laboratórios participantes preencheram o FOR-PIPH-002 - Divulgação dos Resultados Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria 7ª Edição - com os resultados de medição dos respectivos artefatos, conforme exemplo da tabela 5. Após o preenchimento da planilha eletrônica, a mesma fora enviada ao observador da edição do PIPH.

Tabela 5 – Exemplo da forma de apresentação dos resultados de calibração

DIVULGAÇÃO DE RESULTADOS PROGRAMA INTERLABORATORIAL PERMANENTE EM HIDROMETRIA 7ª EDIÇÃO						FOR-PIPH-002 REV. 00			
DIVULGAÇÃO DOS RESULTADOS DE CALIBRAÇÃO									
Grupo									
Código Laboratório									
Coordenador									
Secretário									
Artefato nº1	Tipo	Velocimétrico	Nº Série			Diâmetro Int. Mancal (mm)			
Ponto	Faixa de Operação	Vazão (L/h)	Temperatura da Água (°C)	Erro (%)	Volume (L)	Desvio Padrão Experimental da Média (%)	Incerteza Expandida (%)		
1º									
2º									
3º									
4º									
5º									
6º									
7º									
8º									
9º									
10º									

O código do laboratório fora enviado pelo observador, para cada um dos laboratórios participantes, no início do programa. Este código dissocia os resultados de medição e laboratórios participantes, mantendo a confidencialidade do mesmo.

Posteriormente os resultados de medição foram enviados aos laboratórios participantes do Grupo nº 04 e o representante designado, Sr. Luiz Cláudio Drummond, do Laboratório CEDAE, executou o cálculo do erro normalizado utilizando software fornecido pelo IPT.

Este representante reportou as tabelas e gráficos relacionados ao erro normalizado ao coordenador do grupo para elaboração do relatório final. Os demais laboratórios igualmente tiveram acesso a estes resultados, como forma de garantir a transparência do processo.

Os laboratórios participantes poderiam relatar a qualquer momento, dificuldade ou anormalidade observada durante as calibrações. Qualquer alteração do procedimento estabelecido deveria ser justificada pelo laboratório.

5. RESULTADOS DO PROGRAMA INTERLABORATORIAL

A subcomissão decidiu utilizar o valor médio de referência calculado a partir dos erros declarados pelos laboratórios participantes nesta 7^a Edição do programa interlaboratorial.

A metodologia de cálculo para determinação do valor médio de referência, para cada vazão de operação descrita na tabela 3, foi executada segundo os procedimentos A ou B propostos por Cox, M.G. “The Evaluation of Key Comparison Data”, Metrologia, 2002, 39, pp589-595.

Sendo o valor do En calculado pela equação (1):

$$En = \left| \frac{E_{lab} - E_{ref}}{2u_{ref}} \right| \leq 1$$

Onde:

E_{lab} = Erro médio do laboratório

E_{ref} = Erro médio de referência

u_{ref} = Incerteza padrão do valor médio de referência.

Cox (2002) desenvolveu procedimentos para cálculo do valor de referência em comparações chave (KCRV – Key Comparison Reference Value) envolvendo laboratórios de Institutos Nacionais de Metrologia (NMI) onde não é possível definir um laboratório de referência. É importante ressaltar que o procedimento proposto por Cox foi aplicado em diversos programas laboratoriais, conforme Mikan (2009), Manosso (2011) bem como 2^a (2013), 5^a (2014) Edição do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria e 6^a Edição (2016) Edição do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria.

Em consenso pelos laboratórios participantes aplicou-se o procedimento B, que consiste no uso da mediana como estimador do valor de referência obtido a partir de uma grande quantidade de amostra de dados gerados por simulação de Monte Carlo dos possíveis valores de erro relativo de volume emitido pelo laboratório.

As amostras de dados gerados devem ser de 10^6 elementos para cada laboratório e para cada vazão de calibração do artefato. Detalhes do procedimento podem ser obtidos no documento original.

Desta forma, pode-se definir uma nova equação para o Erro Normalizado, conforme equação (2):

$$En = \left| \frac{d_i}{2u_{di}} \right| \leq 1$$

Onde:

$d_i = \bar{x}_i - x_{ref}$ Valor médio da diferença observada entre o valor declarado por laboratório participante e valor de referência estimado pelo procedimento B de Cox.

x_i Valor do Erro estimado calculado segundo procedimentos B de Cox, para cada vazão e padrão itinerante.

x_{ref} Valor do Erro calculado, segundo procedimento B de Cox.

u_{di} Incerteza padrão da diferença d_i , calculado segundo procedimento B de Cox.

A simulação foi realizada para 1.000.000 de dados para cada vazão e laboratório, utilizando software fornecido pelo IPT no ambiente de programação Excel.

5.1 Análise do Erro Normalizado Grupo nº04

Como definido pelo Protocolo da 7ª edição do PIPH, os resultados obtidos por cada um dos laboratórios participantes do Grupo nº04, incluindo erro relativo de indicação (E) e a incerteza de medição expandida (U), são apresentados na Tabela 6. Na tabela consta, ainda, o valor obtido a partir da medição do diâmetro interno (ϕ_i) do mancal utilizado na calibração.

Tabela 6 – Resultados Declarados pelos Laboratórios Participantes.

Vazão (L/h)	Resultados Declarados Artefato 01 – Nº Série I17VB000028											
	LAB 25		LAB 30		LAB 50		LAB 92		LAB 97		LAB 99	
	$\phi_i = 20,00\text{mm}$	$\phi_i = 19,00\text{mm}$	$\phi_i = 19,86\text{mm}$	$\phi_i = 19,00\text{mm}$	$\phi_i = 23,80\text{mm}$	$\phi_i = 19,50\text{mm}$	E (%)	U (%)	E (%)	U (%)	E (%)	U (%)
4500	0,86	0,56	0,61	0,26	-0,01	0,37	0,28	0,35	-0,28	0,40	0,20	0,33
4000	0,82	0,55	0,58	0,21	-0,10	0,32	0,22	0,35	-0,54	0,40	0,25	0,31
2500	0,91	0,50	0,42	0,22	-0,20	0,31	-0,28	0,69	-0,41	0,40	0,29	0,38
1700	0,68	0,51	0,03	0,20	-0,43	0,32	-0,16	0,39	-0,44	0,40	0,25	0,87
1250	0,12	0,51	-0,33	0,23	-0,72	0,32	-0,21	0,40	-0,84	0,40	-0,01	0,86
600	0,47	0,50	-0,20	0,22	-0,58	0,32	0,02	0,39	-0,60	0,40	-0,05	0,86
200	1,26	0,50	0,12	0,27	0,03	0,34	0,71	0,79	-0,46	0,40	0,42	0,94
30	0,37	0,52	0,30	0,26	-0,80	0,50	-0,66	0,60	-0,73	0,40	0,80	1,08
15	1,60	0,68	0,84	0,27	0,67	0,58	0,21	0,79	0,24	0,40	1,40	1,16
6,5	1,87	0,86	2,90	0,26	3,20	1,24	1,60	0,90	2,05	0,40	3,87	1,10

Continuação da Tabela 6 – Resultados Declarados pelos Laboratórios participantes

Vazão (L/h)	Resultados Declarados Artefato 02 – Nº Série I17VB000029											
	LAB 25		LAB 30		LAB 50		LAB 92		LAB 97		LAB 99	
	$\varnothing i = 20,00\text{mm}$		$\varnothing i = 19,00\text{mm}$		$\varnothing i = 19,72\text{mm}$		$\varnothing i = 19,00\text{mm}$		$\varnothing i = 23,80\text{mm}$		$\varnothing i = 19,50\text{mm}$	
4500	0,41	0,58	0,69	0,23	0,13	0,36	0,95	0,35	0,26	0,40	0,93	0,31
4000	0,39	0,51	0,95	0,27	-0,37	0,36	0,82	0,35	0,14	0,40	0,88	0,35
2500	0,39	0,51	0,17	0,21	-0,30	0,31	0,15	0,68	-0,20	0,40	0,51	0,37
1700	0,44	0,50	0,43	0,21	-0,27	0,32	0,07	0,39	0,42	0,40	0,36	0,86
1250	0,27	0,51	0,22	0,28	-0,29	0,34	-0,13	0,41	0,76	0,40	-0,01	0,87
600	0,39	0,50	0,64	0,21	0,34	0,32	0,44	0,41	0,63	0,40	0,43	0,85
200	1,70	0,57	0,54	0,25	0,60	0,33	0,84	0,79	0,14	0,40	0,68	0,92
30	1,77	0,69	0,69	0,26	0,66	0,58	-0,46	0,40	-1,93	0,40	0,93	1,11
15	1,87	0,57	0,67	0,21	0,80	0,50	-0,26	0,40	-0,03	0,40	0,93	1,11
6,5	1,87	0,57	2,44	0,40	3,20	1,24	1,86	1,00	1,78	0,40	2,27	1,10

Vazão (L/h)	Resultados Declarados Artefato 03 – Nº Série I17VB000030											
	LAB 25		LAB 30		LAB 50		LAB 92		LAB 97		LAB 99	
	$\varnothing i = 20,00\text{mm}$		$\varnothing i = 19,00\text{mm}$		$\varnothing i = 19,52\text{mm}$		$\varnothing i = 19,00\text{mm}$		$\varnothing i = 23,80\text{mm}$		$\varnothing i = 19,50\text{mm}$	
4500	0,98	0,51	-0,10	0,23	-0,29	0,32	0,11	0,35	0,05	0,40	0,37	0,30
4000	0,80	0,51	-0,11	0,22	-0,37	0,36	0,09	0,35	0,00	0,40	0,25	0,31
2500	0,55	0,54	0,04	0,21	-0,46	0,33	-0,37	0,69	-0,30	0,40	0,32	0,36
1700	0,36	0,50	0,10	0,23	-0,16	0,33	-0,22	0,43	-0,12	0,40	0,35	0,85
1250	0,15	0,52	-0,21	0,25	-0,35	0,32	-0,24	0,39	-0,51	0,40	0,11	0,85
600	0,77	0,50	0,00	0,21	-0,38	0,32	-0,15	0,39	-0,42	0,40	-0,07	0,85
200	1,43	0,52	0,27	0,23	0,20	0,33	0,43	0,79	-0,53	0,40	0,35	0,92
30	1,77	0,52	0,09	0,23	-0,13	0,58	-0,46	0,60	-0,60	0,40	0,40	1,08
15	1,87	0,57	0,74	0,27	0,13	0,58	-0,19	0,69	0,37	0,40	0,80	1,08
6,5	1,87	0,57	1,56	0,26	1,73	1,19	0,80	0,74	0,46	0,40	2,13	1,10

Os laboratórios participantes informaram os diâmetros internos dos mancais utilizados para cada artefato, sendo que a dimensão tolerada definida no protocolo para um artefato DN 20 foi de 19mm a 20mm.

A tabela 7, indica os valores dos diâmetros internos dos mancais utilizados durante a calibração. Os laboratórios nº L25, L30, L50, L92 e L99 estão em conformidade, os valores estão indicados na cor verde.

O laboratório nº L97 não está conforme em relação a este requisito, os valores estão indicados na cor vermelha.

Tabela 7 – Diâmetro interno dos mancais utilizados pelos laboratórios participantes.

Artefato nº	Diâmetro Interno do Mancal (mm)		
	I17VB000028	I17VB000029	I17VB000030
L25	20,00	20,00	20,00
L30	19,00	19,00	19,00
L50	19,86	19,72	19,52
L92	19,00	19,00	19,00
L97	23,80	23,80	23,80
L99	19,50	19,50	19,50

Nota: Protocolo define que o diâmetro interno do mancal deve estar entre 19mm a 20mm

Os valores de referência do erro relativo de volume (CRV %) e incerteza de medição expandida (KCRV %) para cada artefato podem ser observados na Tabela 8.

Nos itens subsequentes são apresentados os valores de referência e dos erros normalizados, calculados segundo a equação (2).

Tabela 8 – Valores de referência do erro relativo de volume (CRV %) e incerteza de medição padrão (KCRV %) e incerteza de medição expandida.

Vazão (L/h)	Nº Série dos Artefatos									
	I17VB000028			I17VB000029			I17VB000030			
	KCRV (%)	Incerteza Padrão KCRV (%)	Incerteza Expandida (%)	KCRV (%)	Incerteza Padrão KCRV (%)	Incerteza Expandida (%)	KCRV (%)	Incerteza Padrão KCRV (%)	Incerteza Expandida (%)	
4500	0,25264	0,104270	0,208540	0,57711	0,103049	0,206098	0,09098	0,091097	0,182194	
4000	0,23703	0,104051	0,208102	0,57836	0,122223	0,244446	0,04597	0,087183	0,174366	
2500	0,08653	0,119786	0,239572	0,12594	0,116500	0,233000	-0,07255	0,101514	0,203028	
1700	-0,09123	0,111204	0,222408	0,29407	0,112807	0,225614	0,00440	0,090356	0,180712	
1250	-0,32801	0,113925	0,227850	0,10976	0,128594	0,257188	-0,22443	0,093676	0,187352	
600	-0,19113	0,119337	0,238674	0,49214	0,099902	0,199804	-0,13508	0,111927	0,223854	
200	0,25622	0,159089	0,318178	0,63874	0,139613	0,279226	0,29083	0,137899	0,275798	
30	-0,18189	0,129328	0,258656	0,58997	0,183689	0,367378	-0,04578	0,147933	0,295866	
15	0,74370	0,143780	0,287560	0,64021	0,159945	0,319890	0,49596	0,138851	0,277702	
6,5	2,47795	0,184757	0,369514	2,13577	0,184824	0,369648	1,51689	0,192475	0,384950	

Na Tabela 9, estão destacados em amarelo e vermelho os resultados que estão fora dos limites recomendados por Cox (2002), por sua vez, a cor verde indica resultados satisfatórios.

Segundo Mikan (2009), pode-se aplicar o seguinte critério para avaliar o desempenho do laboratório em um programa interlaboratorial:

$En \leq 1$ o resultado do laboratório é aceitável (satisfatório);

$En > 1,2$ o resultado do laboratório não é aceitável (insatisfatório, falha);

$1 < En \leq 1,2$ o resultado do laboratório está em “nível de alerta”, sendo recomendado ao laboratório alguma ação.

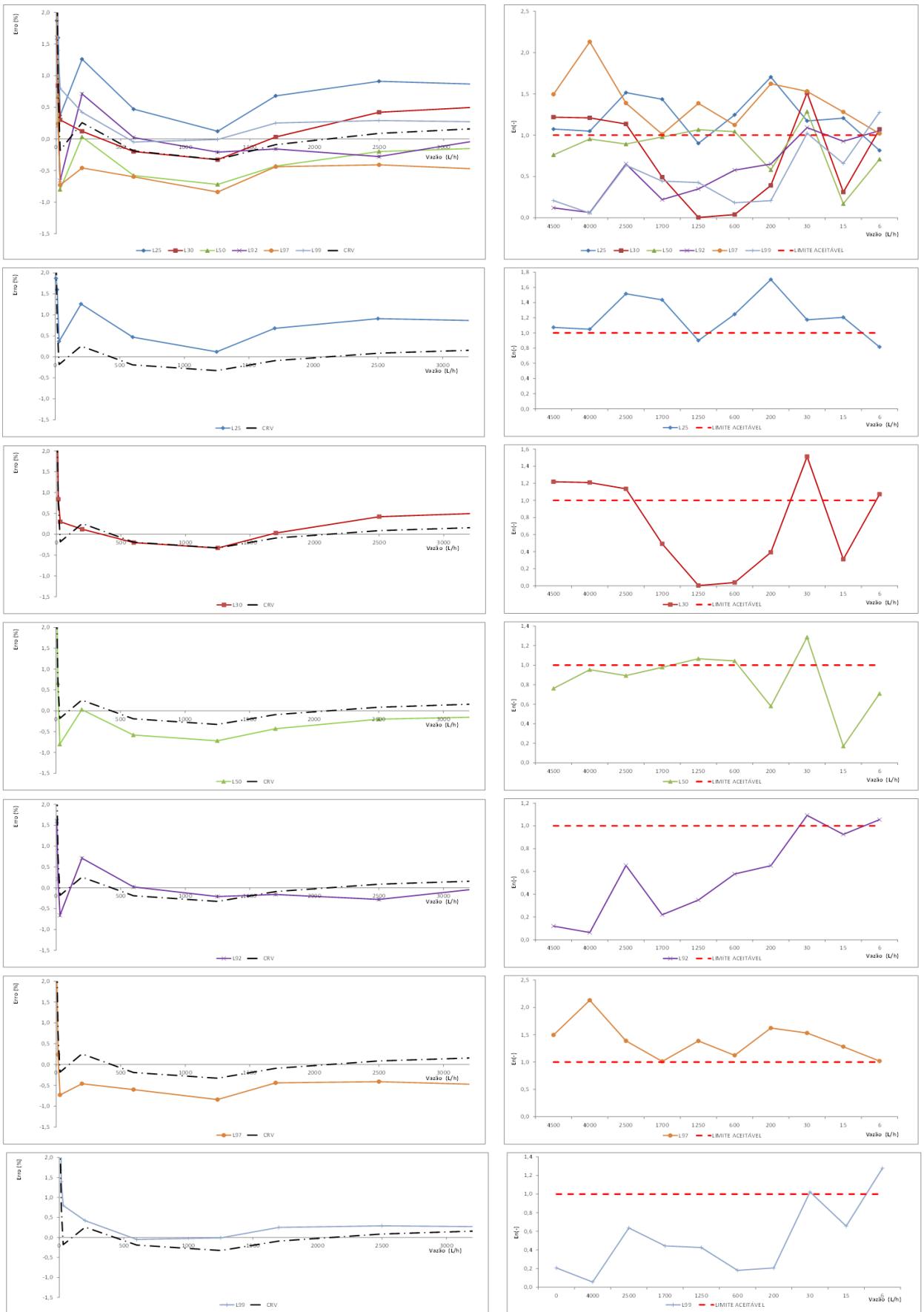
Tabela 9 – Erro normalizado (En) do Grupo nº04 por Laboratório e artefato.

LABORATÓRIO L25				LABORATÓRIO L30				LABORATÓRIO L50			
Artefato n°	I17VB000028	I17VB000029	I17VB000030	Artefato n°	I17VB000028	I17VB000029	I17VB000030	Artefato n°	I17VB000028	I17VB000029	I17VB000030
Vazão (L/h)	Grau de equivalência DoE ou En	Grau de equivalência DoE ou En	Grau de equivalência DoE ou En	Vazão (L/h)	Grau de equivalência DoE ou En	Grau de equivalência DoE ou En	Grau de equivalência DoE ou En	Vazão (L/h)	Grau de equivalência DoE ou En	Grau de equivalência DoE ou En	Grau de equivalência DoE ou En
4500	1,074	0,362	1,866	4500	1,218	0,487	0,766	4500	0,762	1,188	1,102
4000	1,049	0,530	1,435	4000	1,209	1,193	0,689	4000	0,954	2,261	1,128
2500	1,518	0,585	1,140	2500	1,136	0,174	0,501	2500	0,893	1,161	1,109
1700	1,435	0,327	0,758	1700	0,492	0,510	0,402	1700	0,978	1,466	0,534
1250	0,901	0,344	0,754	1250	0,004	0,380	0,065	1250	1,066	1,036	0,411
600	1,246	0,226	1,864	600	0,038	0,587	0,515	600	1,043	0,471	0,725
200	1,704	1,700	1,981	200	0,392	0,304	0,069	200	0,580	0,106	0,245
30	1,173	1,639	3,110	30	1,513	0,267	0,414	30	1,296	0,162	0,180
15	1,206	1,900	2,145	15	0,311	0,087	0,752	15	0,170	0,372	0,709
6,5	0,815	0,470	0,637	6,5	1,071	0,721	0,102	6,5	0,709	0,915	0,216
LABORATÓRIO L92				LABORATÓRIO L97				LABORATÓRIO L99			
Artefato n°	I17VB000028	I17VB000029	I17VB000030	Artefato n°	I17VB000028	I17VB000029	I17VB000030	Artefato n°	I17VB000028	I17VB000029	I17VB000030
Vazão (L/h)	Grau de equivalência DoE ou En	Grau de equivalência DoE ou En	Grau de equivalência DoE ou En	Vazão (L/h)	Grau de equivalência DoE ou En	Grau de equivalência DoE ou En	Grau de equivalência DoE ou En	Vazão (L/h)	Grau de equivalência DoE ou En	Grau de equivalência DoE ou En	Grau de equivalência DoE ou En
4500	0,120	0,989	0,070	4500	1,491	0,989	0,165	4500	0,208	1,032	0,901
4000	0,063	0,720	0,152	4000	2,131	1,267	0,193	4000	0,057	0,853	0,695
2500	0,652	0,024	0,529	2500	1,388	0,963	0,784	2500	0,637	0,974	1,049
1700	0,220	0,610	0,576	1700	1,012	0,405	0,443	1700	0,444	0,093	0,438
1250	0,349	0,620	0,049	1250	1,386	1,647	0,891	1250	0,427	0,159	0,417
600	0,577	0,128	0,038	600	1,123	0,454	0,852	600	0,182	0,086	0,087
200	0,651	0,282	0,200	200	1,622	1,229	2,045	200	0,207	0,058	0,076
30	1,092	1,987	0,815	30	1,531	5,375	1,264	30	1,023	0,393	0,483
15	0,926	1,800	1,168	15	1,291	1,599	0,390	15	0,657	0,325	0,321
6,5	1,055	0,342	0,966	6,5	1,019	0,808	2,188	6,5	1,277	0,135	0,625

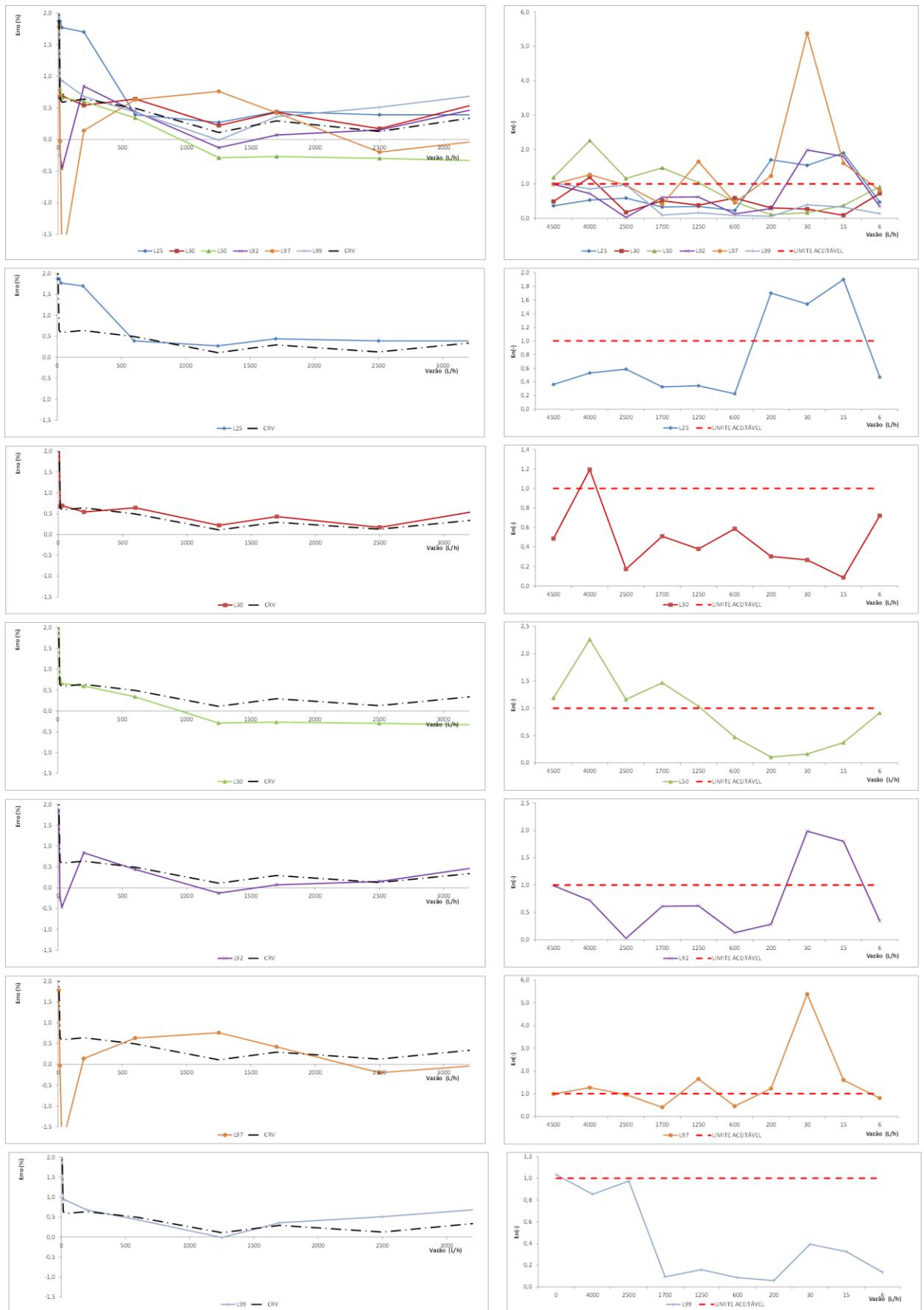
* E_n (erro Normalizado); d_i (desvio com relação ao CRV).

Os gráficos são gerados automaticamente pelo software que executa o cálculo Cox e foram inseridos por ordem de nº de série dos artefatos: I17VB000028, I17VB000029 e I17VB000030. Os gráficos localizados à direita, indicam comparações com erro normalizado enquanto os gráficos localizados à esquerda indicam comparações com os valores de referência nas vazões realizadas.

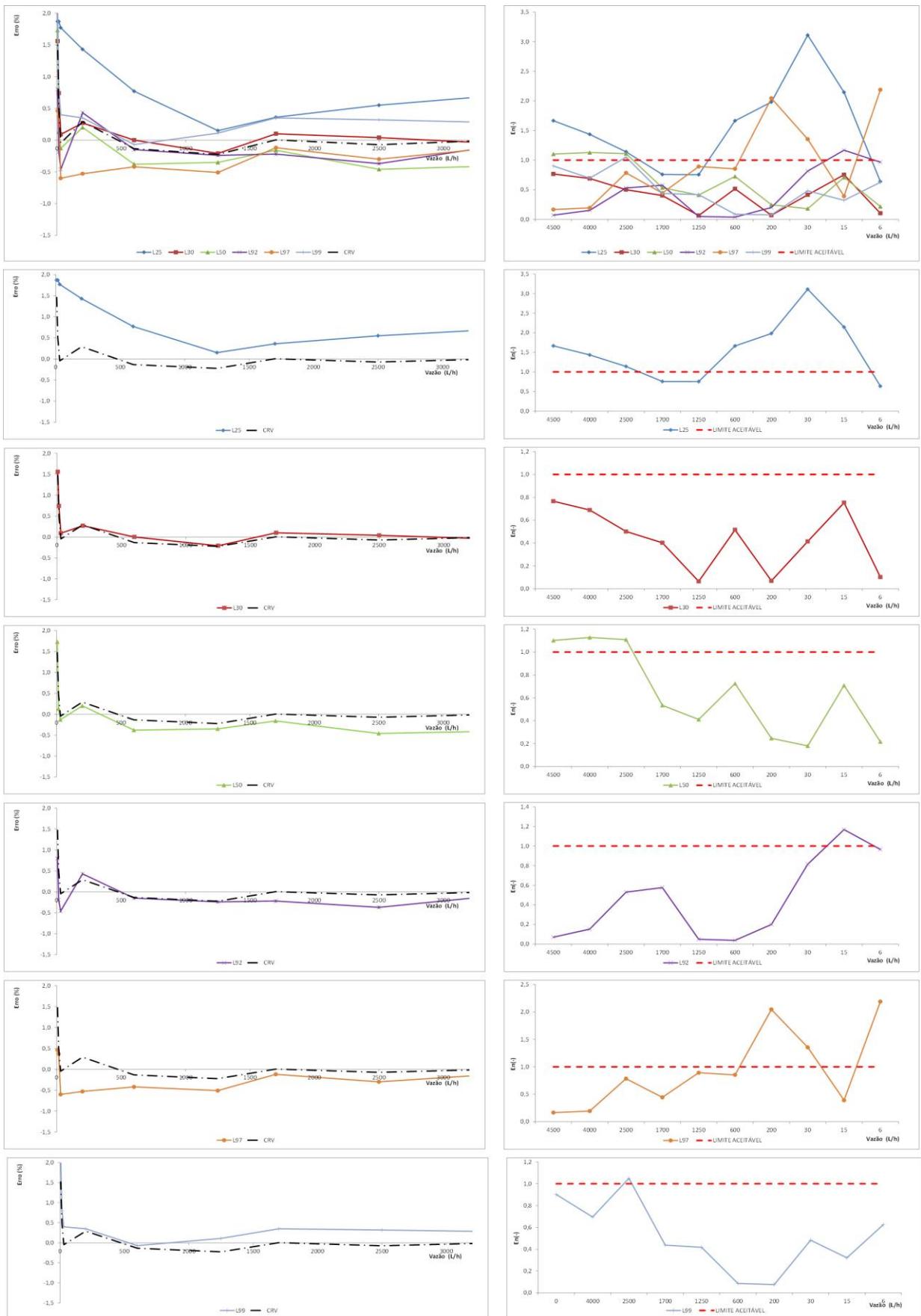
Gráficos relacionados aos resultados com o Artefato n° I17VB000028



Gráficos relacionados aos resultados com o Artefato n° I17VB000029



Gráficos relacionados aos resultados com o Artefato n° I17VB000030



6. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos pelo grupo nº 04 desta 7ª Edição do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria, indicam que o objetivo do programa interlaboratorial foi atingido uma vez que este programa permitiu a obtenção de dados que possibilitará uma análise visando melhoria do processo, fomentou discussões sobre temas relacionados à metrologia, estabeleceu ambiente adequado para intercâmbio de informações, permitindo a elaboração de futuras ações entre os laboratórios participantes quando eventualmente obtiveram resultados de erro normalizado “não satisfatórios” ou confirmando atendimento quanto à homogeneidade de resultados, quando obtiveram resultados de erro normalizado “satisfatório”.

Os laboratórios obtiveram o seguinte índice de resultados satisfatórios:

- O Laboratório 25 obteve 40,0 % de resultados com erro normalizado ≤ 1 .
- O Laboratório 30 obteve 80,0 % de resultados com erro normalizado ≤ 1 .
- O Laboratório 50 obteve 63,3 % de resultados com erro normalizado ≤ 1 .
- O Laboratório 92 obteve 83,3 % de resultados com erro normalizado ≤ 1 .
- O Laboratório 97 obteve 40,0 % de resultados com erro normalizado ≤ 1 .
- O Laboratório 99 obteve 86,7 % de resultados com erro normalizado ≤ 1 .

Ao comparar os resultados com a 5ª Edição PIH temos os seguintes resultados indicados na tabela 10.

Os números dos laboratórios indicados não possuem correlação, considerando que os mesmos continuam desidentificados.

Tabela 10- Comparação do índice de resultados de Erro Normalizado entre a 5ª Edição e a 7ª Edição do PIH.

Índice (%) de Resultados com Erro Normalizado ≤ 1			
5ª Edição PIH		7ª Edição PIH	
Laboratório	Índice (%)	Índice (%)	Laboratório
L41	53,3	40,0	L25
L42	56,7	80,0	L30
L43	43,3	63,3	L50
L44	56,7	83,3	L92
L45	46,6	40,0	L97
L46	76,6	86,7	L99
Média	55,5	65,6	

É possível observar que houve melhoria no índice de resultados com erro normalizados ≤ 1 entre a 5ª e 7ª Edição do PIH.

Segue abaixo, pontos de melhoria que poderão ser aplicados em uma próxima edição ou utilizar do recurso da simulação para identificar a existência de melhoria nos índices de resultados com erro normalizado ≤ 1 .

- a) Um laboratório declarou não ter sido possível a realização da calibração em série dos medidores.
- b) Um laboratório, L97, utilizou mancal com diâmetro interno fora do especificado em protocolo.
- c) Proposta de incluir a componente de incerteza de medição “estabilidade do artefato”, realizando a calibração dos mesmos ao final do processo de intercomparação.

O cronograma de circulação dos padrões foi atendido. Os medidores ultrassônicos utilizados atenderam aos propósitos do PIH. Não foram relatados danos ou problemas com os referidos artefatos.

Recomenda-se que os laboratórios analisem em conjunto os resultados obtidos para estabelecimento de plano de ação visando melhoria para a próxima edição do Programa Interlaboratorial.

Por se tratar de um grupo com caráter piloto, para aprendizagem, onde o objetivo é o estudo aspectos identificados em edições anteriores, não se faz necessário aos laboratórios que obtiveram resultados insatisfatórios evidenciar ao Gestor de Acreditação a implementação de ações corretivas.

7. CONSIDERAÇÕES DOS LABORATÓRIOS PARTICIPANTES

Sem considerações especiais.

8. CONFIDENCIALIDADE

Ao realizar a inscrição na 7^a edição do PIPH, o laboratório participante comprometeu-se a manter sigilo em relação às informações consideradas confidenciais. Por “informação confidencial” entende-se toda informação que possa levar à identificação de um ou mais laboratórios, incluindo o envio acidental ou não dos resultados do laboratório para outro que não o observador do programa.

Pelo termo de confidencialidade estipulado, os laboratórios participantes comprometeram-se a:

- a) Durante o processo de intercomparação laboratorial, não compartilhar informação confidencial entre os laboratórios participantes do mesmo grupo;
- b) Caso fosse selecionado como representante designado para realizar o cálculo de erro normalizado, os resultados destes cálculos deveria ser compartilhados apenas com os laboratórios participantes do grupo, visando à conferência dos dados para posterior elaboração do relatório final.
- c) Caso fosse selecionado como coordenador ou secretário do grupo, o relatório final deveria ser elaborado e sua conclusão compartilhada somente após a análise crítica dos laboratórios participantes.
- d) Não enviar informação confidencial de maneira equivocada para pessoas que não podem ter acesso ao seu conteúdo.

9. AGRADECIMENTOS

A subcomissão da CT-13 agradece as empresas CONAUT, ELSTER, ITRON, LAO e ZENNER por terem disponibilizado os artefatos para esta 7^a Edição do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria.

Ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, por oferecer toda infraestrutura para sediar as reuniões do PIPH e fornecer software para realização dos cálculos do erro normalizado.

Aos laboratórios participantes das atividades da 7^a edição do PIPH, por viabilizar a continuidade do Programa e, consequentemente, da Subcomissão.

São Paulo, 13 de Abril de 2018.

Nome: Adriano Fernandes de Oliveira
Coordenador do Grupo n° 04
Laboratório Itron de Calibrações e Ensaios

Jorge Leandro Lunkes
Coordenador do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria – 7^a Edição

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COX, M.G. "The evaluation of key comparison data", Metrologia, 2002, 39, pp.589-595.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT NBR ISO IEC 17043: Avaliação de conformidade – Requisitos gerais para ensaios de proficiência.

INMETRO, Documento NIT DICLA 026 – rev. 10, Requisitos para a Participação de Laboratórios em Ensaios de Proficiência.

INMETRO, Documento NIE CGCRE 045 – rev. 5, Operação dos Comitês Técnicos de Assessoramento à CGCRE na Acreditação de Organismos de Avaliação de Conformidade.

MANOSSO, H.C.; ALMEIDA, R.T.G. BLANCO, H.A.; KAWAKITA, K; GARCIA, L.E; TRUJILLO, A. South American Interlaboratory Program on Gas Flow Rate, In: International Congress on Mechanical Metrology, 2011, Natal. Anais, Rio de Janeiro INMETRO, 2011.

MIKAN, B; VALENTA T. [PTB, CMI], Final Report – Draft B, Interlaboratory calibration comparison of the turbine gas meter G6500 EURAMET Project n° 1006, March 2009.

TAIRA, N.M; 2º Programa de Comparação Interlaboratorial em Hidrometria, 2013, Comissão Técnica de Vazão CT-13, CGCRE.

OLIVEIRA, A.F; 6ª Edição do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria, 2016, Comissão Técnica de Vazão CT-13, CGCRE.

LUNKES, J.L; Protocolo da 7ª Edição do Programa Interlaboratorial, 2017, Subcomissão Técnica do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria, Comissão Técnica de Vazão CT-13, Dicla.

ANEXO 1

EQUIPE TÉCNICA DO GRUPO N°04

A1.1 – Nome da Empresa: Liceu de Artes e Ofícios de São Paulo - LAO

Nome do Laboratório: LABORATÓRIO DE VERIFICAÇÃO DE MEDIDORES DE ÁGUA – CRL1041

Nome de todas as pessoas envolvidas na atividade:

Lucivaldo Spagnolo – Engenheiro de Desenvolvimento – microhid@laosp.br

Rubens Gonçalves dos Santos – Responsável pelo Laboratório – rubenssantos@laosp.br

Bancada com princípio Volumétrico.

Medidores Ensaíados em série.



A1.2 – Nome da Empresa: Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S/A –

SANASA Campinas

Nome do Laboratório: Laboratório de Hidrometria

Nome de todas as pessoas envolvidas na atividade:

- Maurício André Garcia
- Rita de Cássia Junqueira
- David T. Mochiero
- Gabriela Silva Ramos dos Reis
- João de Freitas Cordeiro
- Rogério Alcântara Martins Zucchetti
- Márcio Marcelino Ferreira

Bancada com princípio Volumétrico.

Medidores Ensaíados em série.



A1.3 – Nome da Empresa: SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

Nome do Laboratório: Laboratório de Medidores

Nome de todas as pessoas envolvidas na atividade:

- Ricardo Batista dos Santos
- Anderson Torres Martins Carvalho
- Sérgio Nunes de Carvalho

Bancada com princípio Volumétrico.

Medidores Ensaiados em série.



A1.4 – Nome da Empresa: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A.

Nome do Laboratório: Laboratório de Vazão – Centro de Metrologia Mecânica, Elétrica e de Fluidos CTMetro (CAL 0162)

Nome de todas as pessoas envolvidas na atividade:

- Luciana Casciny Pacífico, Wellington de Oliveira Chaves
- Abrão Jorge Abrahão
- Rui Gomez Teixeira de Almeida

Bancada com princípio Gravimétrico.

Medidores Ensaíados individualmente.

A1.5 – Nome da Empresa: ITRON Soluções para Água e Energia Ltda.
Nome do Laboratório: Laboratório Itron de Calibrações e Ensaios CRL-0618

Nome de todas as pessoas envolvidas na atividade:

- Adriano Fernandes de Oliveira
- Luiz Careta
- Cristiano Silva

Bancada com princípio Volumétrico.
Medidores Ensaiados em série.



A1.6 – Nome da Empresa: Vector Sistemas de Medição Ltda

Nome do Laboratório: Laboratório de Verificações Metrológicas Vector.

Nome de todas as pessoas envolvidas na atividade:

- Marcos Kokol
- Lino Aquino de Oliveira

Bancada com princípio Volumétrico.

Medidores Ensaiados em série.

