



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 7ª EDIÇÃO DO PROGRAMA INTERLABORATORIAL**

**GRUPO 02**



**DEZEMBRO/2019**

## SUMÁRIO

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.....	9
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 02.....	13
6. CONCLUSÃO .....	16
7. CONSIDERAÇÕES DOS LABORATÓRIOS PARTICIPANTES.....	17
8. CONFIDENCIALIDADE .....	17
9. AGRADECIMENTOS.....	18
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	19
ANEXO 1 .....	20

## **1. INTRODUÇÃO**

A 7<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> 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 02.

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<sup>a</sup> 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.

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 02, integrante da 7ª Edição do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria, foi realizado no período de Janeiro/2017 a dezembro/2019.

## **2. OBJETIVO**

O objetivo deste documento é a apresentação dos resultados da 7ª Edição do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria do grupo nº 02, integrado pelos laboratórios Sabesp, Sae Guarulhos, Sanasa, Cagece.

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

<b>Nº de Acreditação</b>	<b>Nome do Laboratório</b>	<b>Instituição / Empresa</b>
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

<b>Nº de Acreditação</b>	<b>Nome do Laboratório</b>	<b>Instituição / Empresa</b>
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 <sup>2</sup>
	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 <sup>1</sup>	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 <sup>1</sup>	Instituto de Pesos e Medidas do Estado de São Paulo - IPREM/SP
	Laboratorio de Verificação de Medidores de Água	Energurus Saneamento Ltda.

**Nota:** <sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> 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.

<sup>3</sup> o Laboratório de Verificação Metrológica Vector teve sua Acreditação concedida em julho de 2019 (CRL 1441), após circulação dos artefatos desta 7ª edição.

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.  
Página 6 de 24

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	
<b>Faixa de Operação</b>	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
<b>Tipo de Artefato</b>	Volumétrico	Volumétrico	Volumétrico	Ultrassônico	Ultrassônico	Ultrassônico	Volumétrico	Volumétrico	Ultrassônico	Ultrassônico	Velocimétrico + Volumétrico	Velocimétrico + Volumétrico
<b>Coordenador do Grupo</b>	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
<b>Secretário do Grupo</b>	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
<b>Coordenador 7ª Edição</b>	Jorge Leandro Lunkes - Zenner											
<b>Observador</b>	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 nº 02, características do artefato, quantidade e responsável pelo fornecimento dos mesmos.

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

<b>Faixa de Operação (L/h)</b>	<b>Grupo</b>	<b>Artefato</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Fabricante</b>
<b>15 a 3.000</b>	2	Medidor Volumétrico	3 unidades por grupo	LAO

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.

### **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 02.

Faixas de Operação e Definição das Vazões para Calibração		
Ponto	15 a 3.000 (L/h)	Volume Mínimo (L)
1º	2 700	50
2º	2 000	50
3º	1 500	50
4º	1 000	50
5º	750	50
6º	350	50
7º	120	10
8º	60	10
9º	30	5
10º	15	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 02 e o representante designado, Sr. Jorge Luis Campos Bueno do Laboratório de Hidrometria da Sabesp, 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 7ª 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 2ª (2013) e 5ª (2014) 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 02

Como definido pelo Protocolo da 7ª edição do PIPH, os resultados obtidos por cada um dos laboratórios participantes do Grupo 02, incluindo erro de indicação declarado (EI) e a incerteza de medição expandida (IM), são apresentados na Tabela 6. Na tabela consta, ainda, o valor obtido a partir da medição do diâmetro interno ( $\bar{\phi}_i$ ) do mancal utilizado na calibração.

Tabela 6 – Resultados Declarados

Resultados Declarados Artefato 01 – Nº Série A17L133076								
	LAB 02_09		LAB 02_33		LAB 02_56		LAB 02_75	
Vazão	EI	IM	EI	IM	EI	IM	EI	IM
2700	-1,97	0,29	-2,02	0,30	-2,11	0,30	-2,32	0,05
2000	-1,65	0,28	-1,77	0,30	-1,78	0,30	-1,97	0,04
1500	-0,10	0,29	-1,43	0,31	-1,44	0,30	-1,67	0,05
1000	-0,87	0,57	-0,97	0,53	-1,01	0,30	-1,21	0,07
750	-0,50	0,56	-0,73	0,54	-0,62	0,30	-0,96	0,10
350	0,21	0,57	-0,03	0,54	-0,02	0,30	-0,19	0,10
120	0,81	0,60	0,33	0,64	0,07	0,30	0,30	0,35
60	0,78	0,61	0,40	0,67	-0,18	0,30	0,05	0,23
30	0,05	0,47	-0,13	0,89	-1,35	0,60	-0,75	0,66
15	-1,82	0,44	-2,13	1,11	-3,86	0,60	-3,02	0,04
Resultados Declarados Artefato 02 – Nº Série A17L133077								
	LAB 02_09		LAB 02_33		LAB 02_56		LAB 02_75	
Vazão	EI	IM	EI	IM	EI	IM	EI	IM
2700	-1,97	0,28	-2,02	0,30	-2,11	0,30	-2,23	0,19
2000	-1,58	0,28	-1,67	0,30	-1,75	0,30	-1,88	0,19
1500	-0,05	0,30	-1,31	0,31	-1,40	0,30	-1,50	0,05
1000	-1,06	0,59	-0,97	0,53	-0,98	0,30	-1,17	0,09
750	-1,32	0,64	-0,76	0,54	-0,66	0,30	-0,88	0,05
350	0,20	0,57	-0,16	0,54	-0,07	0,30	-0,13	0,05
120	1,01	0,62	0,40	0,67	0,21	0,30	0,50	0,35
60	1,24	0,61	0,67	0,64	0,42	0,30	0,31	0,46
30	0,58	0,47	0,27	0,89	-0,54	0,60	-0,35	0,58
15	-0,89	0,47	-1,33	1,11	-2,65	0,60	-2,09	0,58
Resultados Declarados Artefato 03 – Nº Série A17L133078								
	LAB 02_09		LAB 02_33		LAB 02_56		LAB 02_75	
Vazão	EI	IM	EI	IM	EI	IM	EI	IM
2700	-0,76	0,46	-2,29	0,30	-2,37	0,30	-2,54	0,03
2000	-2,41	0,29	-2,05	0,30	-2,15	0,30	-2,23	0,04
1500	-0,51	0,29	-1,75	0,31	-1,84	0,30	-1,91	0,04
1000	-1,27	0,57	-1,40	0,54	-1,38	0,30	-1,56	0,04
750	-1,01	0,56	-1,11	0,54	-1,00	0,30	-1,21	0,09
350	0,02	0,57	-0,36	0,54	-0,31	0,30	-0,35	0,10
120	1,07	0,61	0,60	0,67	0,34	0,30	0,63	0,06
60	1,31	0,61	0,80	0,67	0,76	0,30	0,58	0,28
30	0,71	0,45	0,40	0,84	-0,28	0,60	0,45	0,66
15	-0,76	0,46	-0,93	1,11	-2,25	0,60	-1,42	0,05

Os valores de referência do erro relativo de volume (CRV %) e incerteza de medição expandida (KCRV %) para cada artefato podem ser observados na Tabela 7.

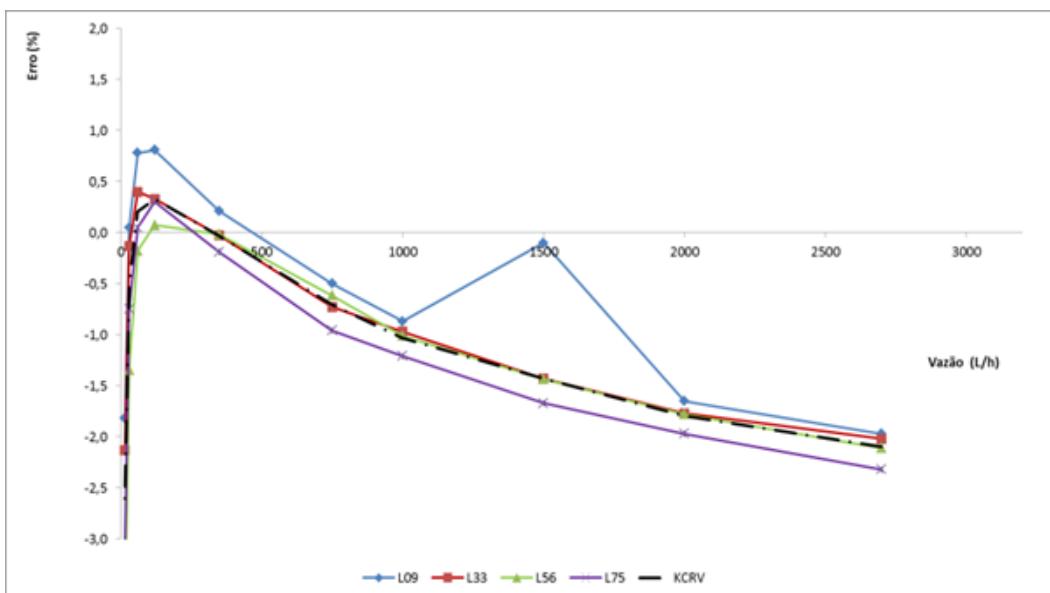
O Laboratório 02\_75 não declarou o diâmetro interno do mancal, estando não conforme com o item 5.2.2 Diâmetro Interno dos Mancais da 7<sup>a</sup> edição do Protocolo

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

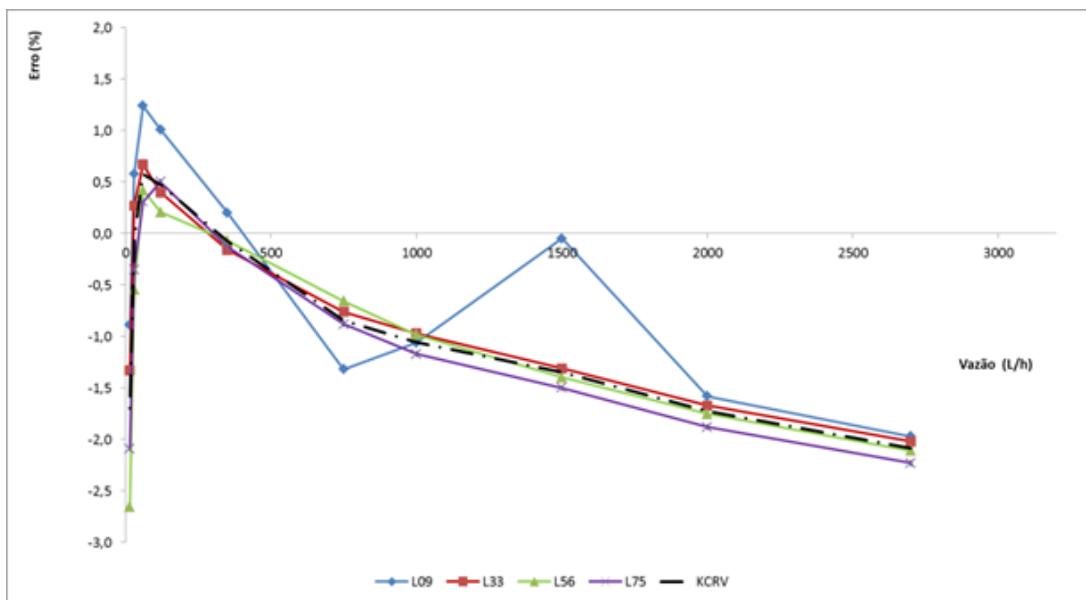
Tabela 7 – Valores de referência do erro relativo de volume (CRV %) e incerteza de medição expandida (KCRV %).

Vazão (L/h)	Nº Série dos Artefatos								
	Valor de Referência Artefato A17L133076			Valor de Referência Artefato A17L133077			Valor de Referência Artefato A17L133078		
	CRV(%)	Incerteza Padrão KCRV (%)	Incerteza Expandida U(KCRV ) (%)	CRV(%)	Incerteza Padrão KCRV (%)	Incerteza Expandida U(KCRV ) (%)	CRV(%)	Incerteza Padrão KCRV (%)	Incerteza Expandida U(KCRV ) (%)
2700	-2,09801	0,078785	0,15757	-2,0855	0,072754	0,145508	-2,3269	0,086518	0,173036
2000	-1,79483	0,075527	0,151054	-1,72385	0,074066	0,148132	-2,20237	0,052186	0,104372
1500	-1,43237	0,088923	0,177846	-1,34501	0,081949	0,163898	-1,78015	0,078267	0,156534
1000	-1,03424	0,103835	0,20767	-1,05337	0,101047	0,202094	-1,42106	0,099566	0,199132
750	-0,70806	0,115067	0,230134	-0,84595	0,092213	0,184426	-1,09056	0,101992	0,203984
350	-0,03591	0,100626	0,201252	-0,07038	0,083652	0,167304	-0,28895	0,086251	0,172502
120	0,32412	0,138875	0,27775	0,47188	0,139729	0,279458	0,61965	0,114014	0,228028
60	0,20585	0,143821	0,287642	0,57371	0,145287	0,290574	0,7986	0,126272	0,252544
30	-0,49582	0,221381	0,442762	-0,04242	0,203427	0,406854	0,37587	0,208071	0,416142
15	-2,63227	0,199372	0,398744	-1,74465	0,255097	0,510194	-1,25614	0,185475	0,37095

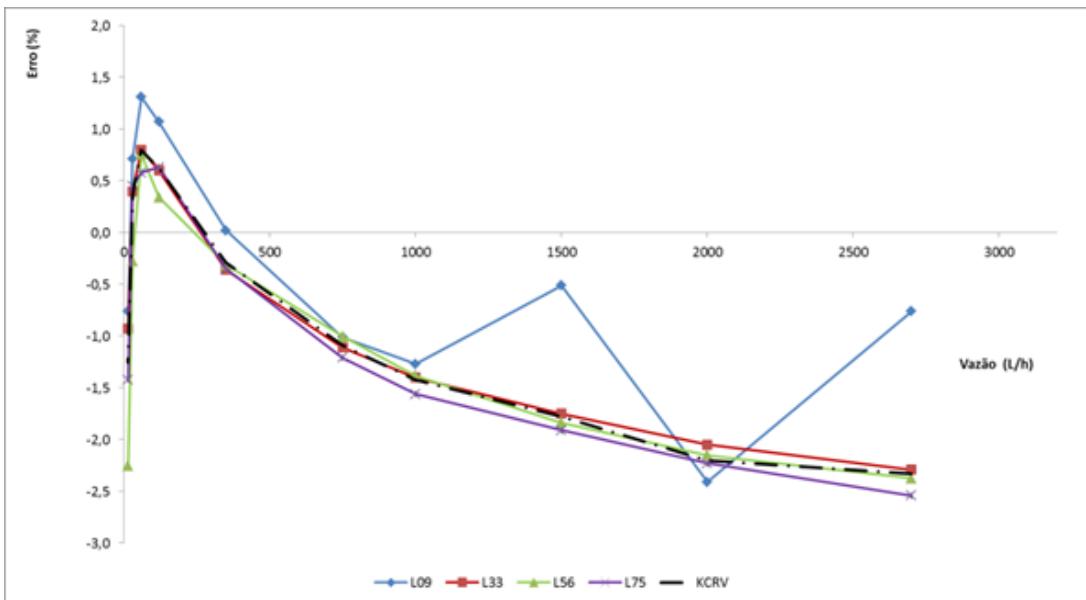
#### Erros de indicação do artefato A17L133076



### Erros de indicação do artefato A17L133077



### Erros de indicação do artefato A17L133078



Na Tabela 8, 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 8 – Erro normalizado para o Grupo 02

Erros Normalizados Artefato 01 – Nº Série A17L133076								
Vazão	LAB 02_09		LAB 02_33		LAB 02_56		LAB 02_75	
	E <sub>n</sub>	d <sub>i</sub>						
2700	0,502	0,128	0,322	0,078	0,066	-0,012	1,353	-0,222
2000	0,566	0,145	0,104	0,025	0,080	0,015	1,131	-0,175
1500	3,966	1,333	0,012	0,002	0,042	-0,008	1,294	-0,238
1000	0,328	0,164	0,141	0,064	0,100	0,024	0,826	-0,176
750	0,432	0,208	0,050	-0,022	0,335	0,088	1,037	-0,252
350	0,484	0,246	0,013	0,006	0,069	0,016	0,729	-0,154
120	0,847	0,486	0,011	0,005	0,791	-0,254	0,078	-0,024
60	0,994	0,574	0,424	0,194	1,101	-0,386	0,530	-0,156
30	0,968	0,546	0,532	0,366	1,399	-0,854	0,527	-0,254
15	1,597	0,812	0,681	0,502	2,022	-1,228	0,972	-0,388
Erros Normalizados Artefato 02 – Nº Série A17L133077								
Vazão	LAB 02_09		LAB 02_33		LAB 02_56		LAB 02_75	
	E <sub>n</sub>	d <sub>i</sub>						
2700	0,462	0,115	0,257	0,066	0,124	-0,024	0,706	-0,145
2000	0,562	0,144	0,216	0,054	0,135	-0,026	0,752	-0,156
1500	3,833	1,295	0,178	0,035	0,290	-0,055	0,926	-0,155
1000	0,012	-0,006	0,178	0,083	0,294	0,073	0,555	-0,117
750	0,810	-0,474	0,210	0,086	0,770	0,186	0,184	-0,034
350	0,525	0,270	0,192	-0,090	0,002	0,000	0,351	-0,060
120	0,893	0,538	0,142	-0,072	0,813	-0,262	0,092	0,028
60	1,084	0,667	0,216	0,096	0,495	-0,154	0,602	-0,263
30	1,131	0,623	0,481	0,312	0,923	-0,497	0,597	-0,307
15	1,351	0,855	0,542	0,414	1,355	-0,905	0,650	-0,345
Erros Normalizados Artefato 03 – Nº Série A17L133078								
Vazão	LAB 02_09		LAB 02_33		LAB 02_56		LAB 02_75	
	E <sub>n</sub>	d <sub>i</sub>						
2700	3,174	1,567	0,194	0,037	0,230	-0,043	1,176	-0,213
2000	0,718	-0,208	0,557	0,152	0,311	0,052	0,258	-0,028
1500	3,809	1,270	0,150	0,030	0,299	-0,060	0,775	-0,130
1000	0,301	0,151	0,048	0,021	0,176	0,041	0,669	-0,139
750	0,168	0,080	0,043	-0,019	0,369	0,090	0,564	-0,120
350	0,567	0,309	0,158	-0,071	0,099	-0,021	0,333	-0,061
120	0,741	0,450	0,042	-0,020	0,890	-0,280	0,042	0,010
60	0,820	0,510	0,002	0,001	0,142	-0,039	0,635	-0,219
30	0,609	0,334	0,038	0,024	1,084	-0,656	0,140	0,075
15	0,942	0,496	0,406	0,325	1,679	-0,994	0,426	-0,164

\* E<sub>n</sub> (erro Normalizado); d<sub>i</sub> (desvio com relação ao CRV).

## 6. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos pelo grupo nº02 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:  
Porcentagem de erro normalizado.

O Laboratório **02\_09** obteve 73,3 % de resultados com erro normalizado  $\leq 1$ .

O Laboratório **02\_33** obteve 100,0 % de resultados com erro normalizado  $\leq 1$ .

O Laboratório **02\_56** obteve 80,0 % de resultados com erro normalizado  $\leq 1$ .

O Laboratório **02\_75** obteve 83,3 % de resultados com erro normalizado  $\leq 1$ .

O Laboratório **02\_33** obteve resultados de erro normalizado satisfatório em 100% das medições, não sendo necessária elaboração de um plano de ação.

O Laboratório **02\_09** apresentou resultados de erro normalizado não satisfatório, na faixa de vazão de 15 L/h até 2700 L/h.

O Laboratório **02\_56** apresentou resultados de erro normalizado não satisfatório, na faixa de vazão de 15 L/h até 30 L/h.

O Laboratório **02\_75** apresentou resultados de erro normalizado não satisfatório, na faixa de vazão de 1500 L/h até 2700 L/h.

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.

Conforme requerido pela política de participação em atividades de ensaios de proficiência da Dicla, os laboratórios que obtiveram resultados insatisfatórios para os ensaios para os quais (ou 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.

## **7. CONSIDERAÇÕES DOS LABORATÓRIOS PARTICIPANTES**

Em função de problemas extra PI, enfrentados pela empresa BRK Ambiental, foi solicitado e aceito junto à coordenação do PI que ela não estaria participando dessa edição do PI.

## **8. CONFIDENCIALIDADE**

Ao realizar a inscrição na 7ª 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<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> edição do PIPH, por viabilizar a continuidade do Programa e, consequentemente, da Subcomissão.

São Paulo, 05 de dezembro de 2019.

---

Nome: Jorge Luis Campos Bueno  
Coordenador do Grupo n° 02  
Laboratório de Hidrometria da Sabesp

---

Jorge Leandro Lunkes  
Coordenador do Programa Interlaboratorial Permanente em Hidrometria

## **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. 12, Requisitos para a Participação de Laboratórios em Ensaios de Proficiência.

INMETRO, Documento NIE CGCRE 045 – rev. 6, 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 nº 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 02

**A1.1 – Nome da Empresa:** SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

**Nome do Laboratório:** Laboratório de Hidrometria

**Nome de todas as pessoas envolvidas na atividade:**

- ✓ Eng. Ricardo Batista (Gerente);
- ✓ Jorge Luis de Campos Bueno (Engenheiro);
- ✓ Anderson Torres Martins Carvalho (Encarregado);
- ✓ Sergio Nunes de Carvalho (Técnico Sistema de Saneamento).

#### Bancada de Calibração



Bancada com princípio Volumétrico.  
Medidores Ensaíados em série.

**A1.2 – Nome da Empresa:** Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Guarulhos – SAAE.  
**Nome do Laboratório:** Laboratório de Hidrometria

**Nome de todas as pessoas envolvidas na atividade:**

- ✓ Thiago Garcia da Silva Santim ( Gerente de Controle de Perdas );
- ✓ Matheus dos Santos Costa ( Coordenador de Micro medição );
- ✓ Luiz Eduardo Mendes ( Engenheiro );
- ✓ Fernando Lemes da Silva ( Técnico Laboratório ).

**Bancada de Calibração**



Bancada com princípio Volumétrico.  
Medidores Ensaíados em série.

**A1.3– Nome da Empresa:** Companhia de Água e Esgoto do Ceará - Cagece  
**Nome do Laboratório:** Laboratório de Hidrometria

**Nome de todas as pessoas envolvidas na atividade:**

- ✓ José Hélio Aires Nunes (Gerente Técnico do Laboratório de Hidrometria)
- ✓ Saulo Teles Peixoto (Supervisor do Laboratório de Hidrometria)
- ✓ Elói Bento de Paulo (Técnico Operacional e Manutenção)

**Bancada de Calibração**



Bancada com princípio Volumétrico.  
Medidores Ensaíados em série.

**A1.4 – 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:

- ✓ Mauricio André Garcia (Coordenador Micromedicação)
- ✓ David T. Monchiero (técnico saneamento)
- ✓ Gabriela S. R. Reis (técnico saneamento)
- ✓ João de F. Cordeiro (técnico saneamento)
- ✓ Rogério A. M. Zucchetti (técnico hidromecânico)
- ✓ Márcio Marcelino (técnico saneamento)

#### **Bancada de Calibração**



Bancada com princípio Volumétrico.  
Medidores Ensaiados em série.

**A1.5 – Nome da Empresa:** BRK Ambiental.

Em função de problemas extra PI, enfrentados por essa empresa, foi solicitado e aceito junto à coordenação do PI que ela não estaria participando dessa edição do PI.