

Relatório Final do Ensaio de Proficiência em Condutividade Eletrolítica 7ª Rodada



PEP-Inmetro

PROGRAMA DE ENSAIOS DE PROFICIÊNCIA DO INMETRO



ENSAIO DE PROFICIÊNCIA EM CONDUTIVIDADE ELETROLÍTICA

7ª RODADA

Período de realização: 25/01/2021 a 15/06/2021

RELATÓRIO FINAL Nº 001/2021 – Revisão 01

ORGANIZAÇÃO E COORDENAÇÃO PROMOTORA DO ENSAIO DE PROFICIÊNCIA



Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - Inmetro
Diretoria de Metrologia, Científica e Tecnologia - Dimci
Endereço: Av. Nossa Senhora das Graças, 50 – Xerém – Duque de Caxias
RJ – Brasil – CEP: 25250-020
E-mail para contato: pep-inmetro@inmetro.gov.br

COMITÊ DE ORGANIZAÇÃO E COORDENAÇÃO

Adelcio Rena Lemos (Inmetro/Dimci/Colab/GT-PEP)

Diego Soares Siqueira (Inmetro/Dimci/Colab/GT-PEP)

Fabiano Barbieri Gonzaga (Inmetro/Dimci/Dimqt)

Janaína Marques Rodrigues Caixeiro (Inmetro/Dimci/Dimqt)

José Ricardo Bardellini da Silva (Inmetro/Dimci/Colab/GT-PEP) - Coordenador PEP-Inmetro

Lucas Dias Barros (Inmetro/Dimci/Colab/GT-PEP)

COMITÊ TÉCNICO

Fabiano Barbieri Gonzaga (Inmetro/Dimci/Dimqt)

Kleitton da Cruz Cunha (Inmetro/Dimci/Dimqt)

Leonardo da Silva Pardellas (Inmetro/Dimci/Dimqt)

SUMÁRIO

1. Introdução.....	3
2. Materiais e Métodos	3
2.1. Preparação do Item de Ensaio.....	3
2.2. Caracterização, Homogeneidade e Estabilidade do Item de Ensaio	4
2.3. Análise Estatística dos Resultados dos Participantes	4
3. Resultados e Discussão	5
3.1. Caracterização, Homogeneidade e Estabilidade do Item de Ensaio	5
3.2. Resultados dos Participantes.....	5
4. Confidencialidade.....	9
5. Conclusões	9
6. Participantes	10
7. Referências Bibliográficas	14

1. Introdução

Embora seja um parâmetro não específico, a condutividade eletrolítica fornece uma estimativa da concentração total de espécies ionizadas em uma amostra líquida. Sob determinadas condições, a condutividade é uma medida útil e facilmente acessível de pureza de líquidos, como a água, substituindo análises químicas mais complexas e de custo mais elevado. Outras aplicações envolvem áreas importantes como farmácia, alimentos, saúde e ambiental [1]. O chamado método primário de medição de condutividade eletrolítica, estabelecido e aceito mundialmente, é baseado em medições de resistência, a diferentes frequências, utilizando uma célula eletroquímica cilíndrica contendo dois eletrodos de platina, cuja distância entre os eletrodos pode ser alterada de forma bem definida [2,3].

Para promover o aumento da confiabilidade e qualidade dos resultados das medições dos laboratórios, o Inmetro realiza Ensaios de Proficiência (EP). A participação em EP é uma das ferramentas necessárias aos laboratórios de ensaios e calibração para a manutenção da acreditação segundo a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 [4]. A obtenção de resultados satisfatórios em ensaios de proficiência é, para o laboratório, uma evidência de sua competência analítica numa determinada medição.

Um EP, portanto, tem por finalidade analisar os resultados de medição de diferentes laboratórios, realizados sob condições similares, e, assim, obter uma avaliação do desempenho dos laboratórios, fornecendo-lhes um mecanismo adequado para avaliar e demonstrar a confiabilidade de suas medições [5]. Os laboratórios, por sua vez, têm a oportunidade de rever seus procedimentos de medição, bem como implantar melhorias nas diferentes atividades em que atuem, caso seja necessário.

Este EP teve como objetivo:

- Avaliar o desempenho de laboratórios para o ensaio proposto;
- Identificar eventuais problemas de medição na referida grandeza;
- Contribuir para o aumento da confiança nos resultados das medições dos laboratórios;
- Contribuir para a melhoria contínua das técnicas de medição de cada laboratório.

2. Materiais e Métodos

2.1. Preparação do Item de Ensaio

O item de ensaio foi produzido através da dissolução de aproximadamente 3,1 g de cloreto de potássio em aproximadamente 26,2 kg de água desionizada, seguido de agitação magnética por 24 horas e envase em frascos de vidro borossilicato com capacidade de 250 mL.

2.2. Caracterização, Homogeneidade e Estabilidade do Item de Ensaio

Os estudos do item de ensaio foram realizados de acordo com a norma ABNT NBR ISO 17034 [6]. Todas as medições foram realizadas a 25 °C.

Os estudos de homogeneidade e estabilidade de curta duração não foram realizados. Neste caso, considerou-se o histórico de resultados destes estudos realizados para lotes anteriores de materiais com composição química similar. Para a caracterização e o estudo de estabilidade de longa duração, foi utilizado o método primário de medição de condutividade eletrolítica [3]. Para o estudo de estabilidade de longa duração, considerou-se um período de estudo que abrangeu todo o período de medição deste EP.

Mais informações sobre os estudos de caracterização, homogeneidade e estabilidade podem ser encontradas em relatórios de EP de condutividade eletrolítica realizados anteriormente pelo Inmetro [7].

2.3. Análise Estatística dos Resultados dos Participantes

Conforme definido do protocolo, foi selecionado o índice zeta [8,9] para a avaliação de desempenho dos laboratórios participantes deste EP. O índice zeta avalia a consistência entre o resultado de medição reportado por um laboratório e o valor de referência do item de ensaio, levando-se em conta a incerteza do resultado reportado e o desvio-padrão do EP. O índice zeta é calculado conforme a Equação 1.

$$\zeta_i = \frac{(x_i - X)}{\sqrt{u_{x_i}^2 + u_X^2}} \quad (1)$$

Onde,

x_i : é o resultado médio das medições do i-ésimo participante;

X : é o valor designado pelo Laboratório de Referência (Inmetro/Dimci/Dimqt/Label);

u_{x_i} : é o valor de incerteza-padrão combinada relatada pelo i-ésimo participante;

u_X : é o desvio-padrão para o ensaio de proficiência, que neste EP será considerado o valor da incerteza-padrão combinada do item de ensaio.

A interpretação do índice zeta é a seguinte:

$|\zeta| \leq 2,0$ - indica desempenho “satisfatório” e não gera sinal;

$2,0 < |\zeta| < 3,0$ - indica desempenho “questionável” e gera um sinal de alerta;

$|\zeta| \geq 3,0$ - indica desempenho “insatisfatório” e gera um sinal de ação.

3. Resultados e Discussão

3.1. Caracterização, Homogeneidade e Estabilidade do Item de Ensaio

A Tabela 1 apresenta o resultado da caracterização e as incertezas resultantes da caracterização e dos estudos de homogeneidade e estabilidade do item de ensaio deste EP.

Tabela 1 - Resultados dos estudos de certificação para o item de ensaio (a 25 °C).

Estudo	Condutividade Eletrolítica ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	Incerteza-padrão ($\mu\text{S cm}^{-1}$, $k = 1$)
Caracterização	232,158	0,069
Homogeneidade	-	0,075
Estabilidade de curta duração	-	0
Estabilidade de longa duração	-	0,17

Fonte: Dimci/Dimqt/Label

A Tabela 2 apresenta o valor de condutividade eletrolítica designado para este EP, proveniente da caracterização, e sua incerteza, que constitui a incerteza-padrão combinada do item de ensaio, obtida através das incertezas provenientes da caracterização e dos estudos de homogeneidade e estabilidade [6,10].

Tabela 2 - Valor designado e incerteza para o item de ensaio (a 25 °C).

Condutividade Eletrolítica ($\mu\text{S cm}^{-1}$) (X)	Incerteza-padrão Combinada ($\mu\text{S cm}^{-1}$, $k = 1$) (ux)
232,16	0,20

Fonte: Dimci/Dimqt/Label

3.1. Resultados dos Participantes

Os laboratórios de código 082, 083, 128 e 134 abriram mão de sua participação, seja por duplicidade de inscrição, com informações diferenciadas que o comitê de organização não detectou, seja por problemas próprios. O laboratório de código 085 não informou o fator de abrangência referente à incerteza expandida do medidor/sensor de temperatura e o laboratório de código 160 não informou a incerteza expandida (e seu respectivo fator de abrangência) referente ao medidor/sensor de temperatura, os quais eram obrigatórios. Portanto, todos os laboratórios citados acima foram excluídos deste EP.

Os resultados das medições de condutividade eletrolítica reportados pelos laboratórios participantes desse EP são mostrados na Tabela 3. A Tabela 4 e as Figuras 1 e 2 apresentam os resultados do índice zeta.

Os participantes são identificados nas figuras, tabelas e textos deste relatório pelos três últimos caracteres do seu código de identificação.

Tabela 3 - Resultados das medições de condutividade eletrolítica reportados pelos participantes (em $\mu\text{S cm}^{-1}$).

Código do Participante	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Medição 4	Medição 5	Incerteza Exp. (U)	Fator de Abrang. (k)
003	234,1	234,2	234,3	234,1	234,1	10,36	2
005	220	221	220	220	220	4,8	2
014	143,8	142,6	142,4	-	-	2,6	2
015	234,1	234,2	235,4	235,5	235	3,8	2
017	180	165	165	170	169	8	2
022	229,2	228,4	228,9	230,1	229,6	6,0	2
026	234,3	234,1	234	234	234	9,5	2
028	233,8	233,1	233,0	233,8	233,1	0,15	1
033	234,4	234,5	234,4	234,4	-	2,6	2
035	235	234	235	234	235	12,1	2
036	240,362	239,889	239,824	239,724	239,922	2,07	2
046	232,5	232,1	232,8	232,1	231,9	6,8	2
048	233,7	233,6	233,6	233,6	233,7	6,1933	2
051	233,5	232,9	233,4	233,2	233,3	5,2	2
053	235,2	236	235	235,9	236,3	0,817	2
056	217,0	217,0	217,0	217,0	217,0	4,0	2,00
057	232,4	232,7	231,7	231,7	231,8	0,001	2
064	237	234	236	-	-	11	1,96
070	243,6	242,8	245,7	241,1	246,4	8,2	2,13
075	206,6	205,9	205,8	-	-	1,44	2
076	220,6	220,8	220,8	-	-	4,2	2
079	238,3	234,8	237,2	237,2	234,2	4,824	2
081	267	266,5	266	266	265	0,3	2
084	204	204	203	204	204	7	2
095	231,1	231,8	229,4	233,7	230,6	3,66	2
098	198,0	197,8	198,1	198,0	199,0	5,6	2
102	227	228	228	229	229	2,08	2,12
103	231,6	234,5	235	230	233,9	3,2	2,03
104	232,6	232,4	234,8	233,9	233,7	7	2
107	218,6	218,6	218,5	218,4	218,9	13	2
120	234	232	228	227	226	0,0333	2
130	222,0	219,0	222,0	220,0	220,0	5,8	2
131	233,1	233,0	233,1	233,2	233,0	0,06	2
135	234,9	234,8	234,6	235	235,6	1,0	1,996
136	233,9	234,6	234,2	234,5	234,8	29,5	2,0
137	243,4	247,6	244,8	-	-	0,9099	2,52
138	229,9	229,9	230,2	230,2	230,3	1	2
140	229,9	229,8	229,6	229,3	229	5	2
143	231	229	228	230	227	13,4	2
145	221,3	221,4	221,2	221,4	221,4	0,26	2,01
146	210	209	213	216	214	15,3	2
150	237,6	237,7	237,8	237,8	237,5	1,5	2
154	225,1	225,4	225,2	224,9	225,4	4,97	2

Código do Participante	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Medição 4	Medição 5	Incerteza Exp. (U)	Fator de Abrang. (k)
156	236	236	236	236	236	6	2
157	232,27	232,47	232,03	-	-	0,05	2
169	231	231	232	231	232	2	2
171	231	232	233	232	231	8	2,00
173	224,3	224,9	225	225,6		0,67	2
174	223,5	223,2	223	226,5	224,1	1,6	2
175	233	233	233	232	233	2,5	2,01
178	246,8	244,3	246,8	245,6	242,9	3,49	2
179	153,30	164,53	153,73	-	-	1,79	2,0
182	234,3	234,8	234,8	234,8	235,0	2,02	2
186	261,0	260,2	256,8	262,1	261,0	2,3	2
187	250	252	250	251	248	25,10	2
188	299	296	295	-	-	60	2,01
189	231,8	232,2	232,1	231,6	232,1	0,16	2
195	230,8	230,8	230,9	-	-	2,8	2

Fonte: Dimci/Dimqt/Label

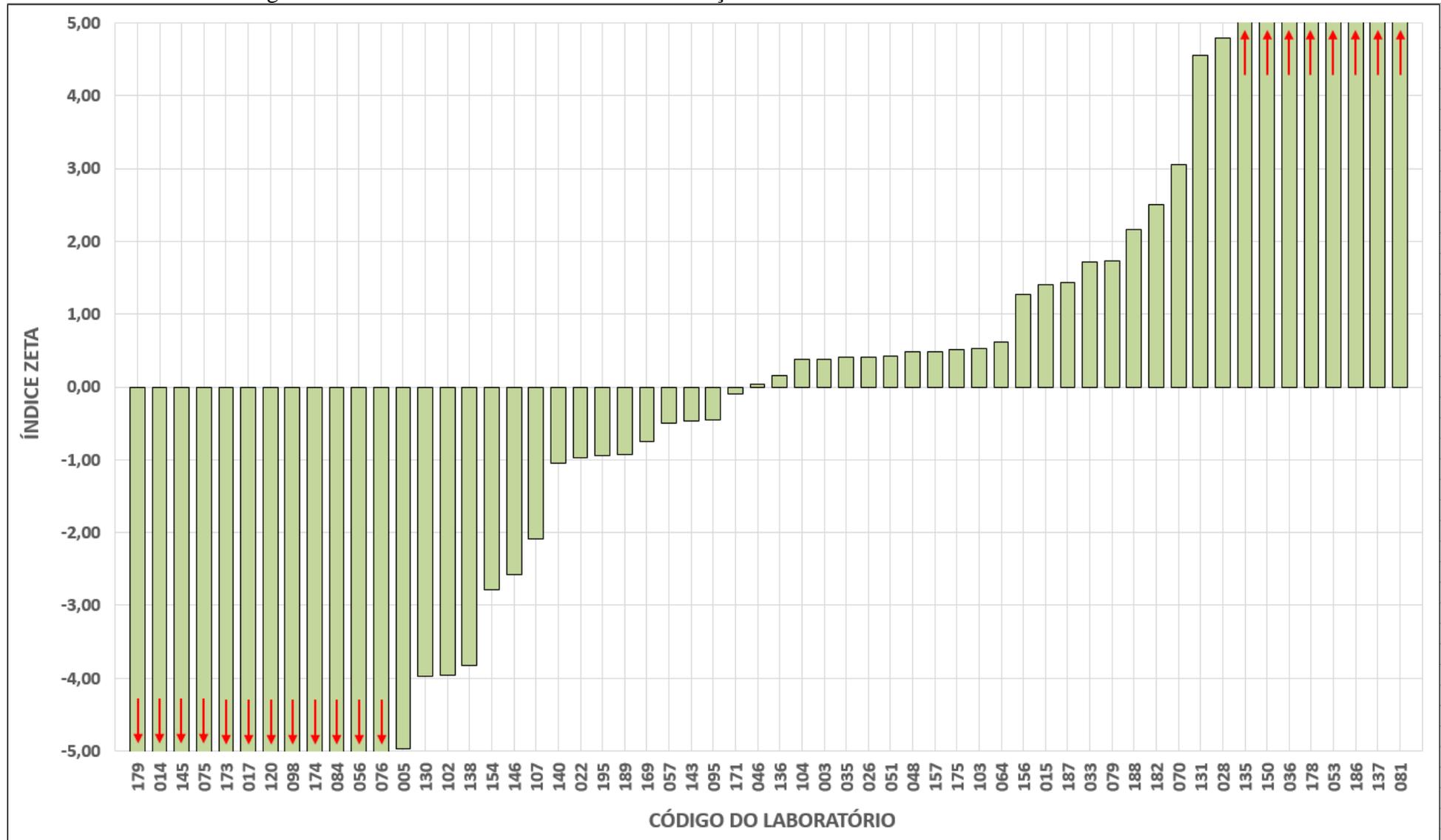
Tabela 4 - Resultados do índice zeta referente à medição de condutividade eletrolítica do item de ensaio.

Código de identificação	Índice zeta	Código de identificação	Índice zeta	Código de identificação	Índice zeta
003	0,39	076	-5,42	146	-2,58
005	-4,97	079	1,73	150	7,11
014	-67,84	081	135,76	154	-2,79
015	1,40	084	-8,09	156	1,28
017	-15,57	095	-0,46	157	0,48
022	-0,97	098	-12,10	169	-0,75
026	0,40	102	-3,95	171	-0,09
028	4,80	103	0,53	173	-18,48
033	1,72	104	0,38	174	-9,82
035	0,40	107	-2,09	175	0,51
036	7,38	120	-13,75	178	7,47
046	0,04	130	-3,98	179	-81,75
048	0,48	131	4,55	182	2,51
051	0,42	135	5,23	186	24,04
053	7,74	136	0,15	187	1,44
056	-7,54	137	31,75	188	2,16
057	-0,50	138	-3,83	189	-0,93
064	0,62	140	-1,05	195	-0,94
070	3,05	143	-0,47		
075	-34,87	145	-45,43		

Fonte: Dimci/Dimqt/Label

- * Resultado satisfatório
- * Resultado questionável
- * Resultado insatisfatório

Figura 2 - Gráfico do índice zeta referente à medição de condutividade eletrolítica do item de ensaio.



Fonte: Dimci/Dimqt/Label

Os laboratórios de código 107, 136, 143 e 187 possivelmente forneceram valores de incerteza expandida de medição considerados superestimados, com base nos resultados de medição e nas demais informações de seus formulários de registros de resultados. Esse fator pode ter contribuído para uma falsa avaliação satisfatória de seus desempenhos (exceto o laboratório de código 107, que teve desempenho questionável).

Os laboratórios de código 014, 017, 048, 053, 057, 081, 120, 135, 137, 157 e 179 possivelmente forneceram valores de incerteza expandida de medição considerados subestimados, com base nos resultados de medição e nas demais informações de seus formulários de registros de resultados. Esse fator pode ter contribuído para uma falsa avaliação insatisfatória de seus desempenhos (exceto os laboratórios de código 048, 057 e 157, que tiveram desempenhos satisfatórios).

Através da análise dos resultados do índice zeta, pode-se observar que:

- 26 participantes (aproximadamente 44,8%) apresentaram resultado satisfatório, ou seja, $|\zeta| \leq 2,0$;
- 5 participantes (aproximadamente 8,6%) apresentaram resultado questionável, ou seja, $2,0 < |\zeta| < 3,0$; e
- 27 participantes (aproximadamente 46,6%) apresentaram resultado insatisfatório, ou seja, $|\zeta| \geq 3$.

4. Confidencialidade

Cada participante foi identificado por código individual que é conhecido somente pelo próprio participante e pela coordenação do EP. O participante recebeu, via e-mail, o seu código de identificação correspondente à sua participação no EP. Este código foi utilizado como identificação do participante no preenchimento do formulário de registro de resultados. Os resultados poderão ser utilizados em trabalhos e publicações pelo Inmetro respeitando-se a confidencialidade de cada participante.

Conforme estabelecido na norma ISO 17043 [8], em circunstâncias excepcionais, uma autoridade reguladora pode requerer os resultados do EP ao provedor.

5. Conclusões

Ao longo dos últimos anos, o Inmetro vem organizando Ensaio de Proficiência para a medição de condutividade eletrolítica. Neste EP, que contou com a participação de 58 (cinquenta e oito) laboratórios

com resultados considerados válidos, a medição foi realizada em uma solução aquosa com valor de condutividade eletrolítica de aproximadamente $232 \mu\text{S cm}^{-1}$.

Os laboratórios participantes deste EP cujos resultados foram considerados válidos, tiveram seu desempenho avaliado por meio do teste estatístico índice zeta. Desses, 44,8% apresentaram desempenho satisfatório, 8,6% apresentaram desempenho questionável e 46,6% apresentaram desempenho insatisfatório.

Recomenda-se que os participantes que não apresentaram desempenho satisfatório analisem criticamente sua metodologia de medição e/ou revejam o seu cálculo para a estimativa da incerteza de medição. Os principais problemas analíticos observados através dos resultados reportados foram:

- Falta de uso de banho termostático para o controle e estabilização da temperatura de medição em 25°C , uma vez que a condutividade eletrolítica é dependente da temperatura;
- Falta de uso de Material de Referência Certificado (MRC) na calibração do sistema de medição, fornecido por um fabricante acreditado para a produção de MRC;
- Uso de MRC com valor de condutividade eletrolítica muito diferente do valor de condutividade do item de ensaio, levando a um erro sistemático no resultado da medição; o ideal seria a utilização de um MRC com valor de condutividade eletrolítica com a mesma ordem de grandeza do valor de condutividade do item de ensaio;
- Cálculo incorreto da estimativa de incerteza de medição, levando a valores de incerteza de medição superestimados (risco de falsa avaliação satisfatória de desempenho) ou subestimados (risco de falsa avaliação insatisfatória de desempenho).

Observações adicionais sobre problemas de medição e de registro de informações (formulário de registro de resultados) podem ser encontradas nos relatórios de EP de condutividade eletrolítica realizados anteriormente pelo Inmetro [7].

6. Participantes

Sessenta e quatro laboratórios se inscreveram na 7ª Rodada do Ensaio de Proficiência de Condutividade Eletrolítica. Porém, como seis laboratórios foram excluídos desse EP, por motivos apresentados na seção 3.2, cinquenta e oito laboratórios tiveram seu desempenho avaliado.

A lista dos laboratórios que tiveram resultados válidos neste EP é apresentada na Tabela 5. É importante ressaltar que a numeração da tabela é apenas indicativa do número de laboratórios participantes no EP,

não estando, em hipótese alguma, associada à identificação dos laboratórios na apresentação dos resultados.

NOTA: Como se pode observar na tabela abaixo, existem Instituições que possuem mais de um laboratório com número de acreditação diferentes e por este motivo atenderam aos critérios pré-estabelecidos para seleção de inscrição recebida.

Tabela 5 - Participantes.

Instituição	
1.	Acqua Consulting Soluções Ambientais EIRELI
2.	Aferitec Comprovações Metrológicas e Comércio Limitada Aferitec
3.	Água e Solo Soluções em Saneamento LTDA Laboratório Unicatú
4.	Bioágua Laboratorio de Análises Ltda ME
5.	BioElementos Análises e Consultorias Ambientais Ltda. BioElementos Ambiental
6.	CEIMIC NTO Serviços Analíticos Ltda.
7.	CEIMIC REGIONAL SUL ANÁLISES QUÍMICAS E TOXICOLÓGICAS LTDA CEIMIC REGIONAL SUL
8.	Centro de Qualidade Analítica Ltda. CQA Laboratórios
9.	CETESB LABORATÓRIO DE SOROCABA
10.	CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO DIVISÃO DE LABORATÓRIO DE MARÍLIA -EDM
11.	Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração
12.	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais LAMIN-MA
13.	Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA Laboratório Regional Vale do Aço - LRVA
14.	Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA Laboratório Regional Oeste - LROE
15.	Consultoria, Planejamento e Estudos Ambientais Ltda. CPEA

Instituição	
16.	Controllab - Controle de Qualidade para Laboratórios Ltda. Laboratório Físico Químico
17.	Controllab Controle de Qualidade para Laboratórios Ltda. Laboratorio de Calibração
18.	COPASA LABORATÓRIO ARRUDAS
19.	CPRM Serviço Geológico do Brasil LAMIN - Caeté
20.	DIGICROM ANALITICA LTDA. LABORATÓRIO MRC PMR 0003
21.	DIGICROM ANALITICA LTDA. LABORATÓRIO MRC E RBC
22.	Econsult Estudos Ambientais Ltda EPP Econsult Estudos Ambientais
23.	Elus Serviços de Instrumentação Eireli Elus Instrumentação
24.	ESCALA PRODUTOS E SERVIÇOS DE CALIBRAÇÃO LTDA. ESCALA
25.	Exata Serviços Metrológicos Ltda. Exata Metrologia
26.	Finkler Engenharia Ltda. Finkler Ambiental
27.	Freitag Laboratórios Ltda. Freitag Laboratórios
28.	Fundação Ezequiel Dias - FUNED Divisão de Vigilância Sanitária - DIVISA
29.	Fundação Vale do Taquari de Educação Desenvolvimento Social Unianálises
30.	Genética Tecnologias Ambientais Ltda.
31.	Gero Comércio e Serviços Ltda.
32.	Hexis Cientifica Ltda. Laboratorio Hexis
33.	IND E COM ELETRO ELETRONICA GEHAKA LTDA.
34.	Instituto Adolfo Lutz Núcleo de Águas e Embalagens
35.	Instituto Adolfo Lutz Centro de Laboratório Regional de Santos

Instituição	
36.	Instituto de Tecnologia em Imunobiológicos Seção de Calibração do Laboratório de Metrologia e Validação (SECAL)
37.	Laboratório Analítico Farmacêutico LTDA. Lafarm
38.	Laboratório Central de Saúde Pública do Distrito Federal Laboratório de Bebidas e Água
39.	Laboratório de Metrologia Lenzi Ltda. K&L Laboratórios de Metrologia
40.	Lamesp Manutenção e Comércio de Equipamentos de Precisão Ltda. LAMESP
41.	MG MEIO AMBIENTE, ENGENHARIA E TOPOGRAFIA LTDA. ME Laboratório MG Ambiental
42.	NOVUS PRODUTOS ELETRÔNICOS LTDA. LABORATÓRIO DE METROLOGIA NOVUS
43.	Password Tratamento de Água e Efluentes Ltda. Laboratório Password
44.	PROÁGUA Ambiental Ltda. EPP PROÁGUA Ambiental
45.	PROQUIMO LICRPQFB LTDA. PROQUIMO
46.	QMC Saneamento Físico Químico
47.	RSL CIENTIFICA COMÉRCIO DE EQUIPAMENTOS E SERVIÇOS LTDA. Laboratório de Metrologia RSL
48.	SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM Laboratório de Análises Minerais
49.	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial Centro de Inovação e Tecnologia (CIT)
50.	SERVICO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL SENAI INSTITUTO SENAI DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS E BEBIDAS - IST
51.	SJS Serviços Ltda. SJS SERVIÇOS
52.	Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento SA - SANASA Laboratório de Análise e Controle de Efluentes - TTE
53.	SOLUÇÃO ANALÍSES PETROQUÍMICAS LTDA.
54.	Souza Neto & Souza Ltda. Agroanalise Laboratórios Integrados
55.	TÜV SÜD SFDK Laboratório de Análise de Produtos Eireli

Instituição	
56.	Universidade Estadual de Maringá Laboratório de Qualidade da Água e Controle de Poluição - Saneamento Ambiental
57.	Unniroyal Química Ltda EPP Unniroyal Química
58.	VISOMES COMERCIAL METROLÓGICA LTDA EPP VISOMES METROLOGIA

Fonte: Dimci/Dimqt/Label

Total de participantes: 58.

7. Referências Bibliográficas

- [1] M. Máriássy, K.W. Pratt, P. Spitzer, Major applications of electrochemical techniques at national metrology institutes, *Metrologia* 46 (2009) 199-213.
- [2] S. Seitz, A. Manzin, H.D. Jensen, P.T. Jakobsen, P. Spitzer, Traceability of electrolytic conductivity measurements to the International System of Units in the sub mS m^{-1} region and review of models of electrolytic conductivity cells, *Electrochim. Acta* 55 (2010) 6323-6331.
- [3] K.C. Cunha, L.S. Pardellas, F.B. Gonzaga, Stability monitoring of electrolytic conductivity reference materials under repeated use conditions by the primary measurement method, *J. Solution Chem.* 49 (2020) 306-315.
- [4] ABNT NBR ISO/IEC 17025, Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração, ABNT, Rio de Janeiro, 2017.
- [5] M. Thompson, S.L. Ellison, R. Wood, The International Harmonized Protocol for the Proficiency Testing of Analytical Chemistry Laboratories, *Pure Appl. Chem.* 78 (2006) 145-196.
- [6] ABNT NBR ISO 17034, Requisitos gerais para a competência de produtores de material de referência, 2017.
- [7] <http://www.inmetro.gov.br/metcientifica/ensaio-proficiencia/profiCondutividade.asp>
- [8] ABNT NBR ISO/IEC 17043, Avaliação de conformidade — Requisitos gerais para ensaios de proficiência, ABNT, Rio de Janeiro, 2011.
- [9] ISO 13528, Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparison, ISO, Geneva, 2015.
- [10] Avaliação de dados de medição - Guia para a expressão de incerteza de medição – GUM 2008. Tradução da 1ª edição de 2008 da publicação *Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement – GUM 2008, do BIPM*. Duque de Caxias - RJ, 2012. Publicado pelo Inmetro.

