

Relatório Final do Ensaio de  
Proficiência na Calibração de  
Nanovoltímetro - 1ª Rodada



Inmetro  
Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

**PEP-Inmetro**

Programa de Ensaios de Proficiência do Inmetro

# ENSAIO DE PROFICIÊNCIA NA CALIBRAÇÃO DE NANOVOLTÍMETRO

## 1ª RODADA

Período de inscrição: 07/04/15 a 09/04/15

### RELATÓRIO FINAL N° 002/16

#### ORGANIZAÇÃO PROMOTORA DO ENSAIO DE PROFICIÊNCIA



Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – Inmetro  
Divisão de Comparações Interlaboratoriais e Ensaio de Proficiência– Dicep  
Endereço: Av. Nossa Senhora das Graças, 50 – Xerém – Duquede Caxias  
RJ – Brasil – CEP: 25250-020  
E-mail para contato: pep-inmetro@inmetro.gov.br

#### COMITÊ DE ORGANIZAÇÃO

Adelcio Rena Lemos (Inmetro/Dimci/Dicep)

Edson Afonso (Inmetro/Dimci/Diele)

Paulo Roberto da Fonseca Santos (Inmetro/Dimci/Dicep) – Coordenador PEP-Inmetro

Rodrigo Vargas Freitas Ventura (Inmetro/Dimci/Diele/Lacel)

Viviane Silva de Oliveira Correa (Inmetro/Dimci/Dicep)

#### COMITÊ TÉCNICO

Edson Afonso (Inmetro/Dimci/Diele)

Joyce Costa Andrade (Inmetro/Dimci/Dicep)

Rodrigo Vargas Freitas Ventura (Inmetro/Dimci/Diele/Lacel)

Vanderson Morgado Teixeira (Inmetro/Dimci/Diele/Lacel)

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| 1. Introdução.....   | 3  |
| 2. Itens de Ensaio de Proficiência .....                                 | 3  |
| 2.1. Transporte dos Itens de Ensaio de Proficiência .....                | 4  |
| 2.2. Avaliação da Estabilidade dos Itens de Ensaio de Proficiência ..... | 4  |
| 3. Metodologia de Medição .....  | 8  |
| 4. Valores Designados .....  | 9  |
| 5. Avaliação de Desempenho do Participante.....                          | 10 |
| 6. Resultados.....   | 11 |
| 7. Confidencialidade .....   | 14 |
| 8. Conclusões .....  | 14 |
| 9. Participante.....   | 15 |
| 10. Referências.....   | 15 |

## **1. Introdução**

O ensaio de proficiência (EP) é uma ferramenta para a determinação do desempenho de laboratórios através de comparações interlaboratoriais na execução de ensaios ou calibrações nos mesmos itens ou em itens de ensaio similares, por dois ou mais laboratórios de acordo com condições predeterminadas. A realização de ensaios de proficiência por comparações interlaboratoriais no País é fundamental para o aumento da credibilidade dos resultados das medições e, conseqüentemente, contribui para facilitar o comércio internacional e prevenir barreiras técnicas.

Em um contexto geral, o ensaio de proficiência propicia aos laboratórios participantes: avaliar seu desempenho; evidenciar a obtenção de resultados confiáveis; identificar problemas relacionados com a sistemática de ensaios e tomar ações corretivas e/ou preventivas; avaliar a eficiência de controles internos; determinar as características de desempenho e padronizar as atividades frente ao mercado e obter o reconhecimento dos resultados de ensaios, nacional e internacionalmente.

Para a calibração de medidores de tensão contínua há laboratórios acreditados pela Cgcre, porém com um nível de incerteza que não atendem as especificações dos itens de ensaio empregados neste EP, recaindo toda demanda de serviços no Laboratório de Calibração em Metrologia Elétrica – Lacel, do Inmetro. Assim, a realização deste EP com vista à futura acreditação do laboratório que ajude a desafogar a demanda de serviços no Inmetro, poderá contribuir para aumentar a agilidade no atendimento aos laboratórios de institutos de pesquisa, universidades e indústrias nacionais.

Este EP foi organizado pelo Inmetro através da Divisão de Comparações Interlaboratoriais e ensaios de Proficiência (Dicep) e da Divisão de Metrologia Elétrica (Diele). Embora vários laboratórios tenham sido convidados, apenas o Laboratório da Metracal se inscreveu para participar.

Os objetivos desse EP são:

- Determinar o desempenho do laboratório na calibração de nanovoltímetros;
- Contribuir para o aumento da confiança nos resultados das medições de tensão DC nas faixas de 1  $\mu$ V a 100 mV e de -1  $\mu$ V a -100 mV realizadas por laboratórios nacionais;
- Contribuir para a melhoria contínua das técnicas de medição do laboratório.

## **2. Itens de Ensaio de Proficiência**

Os itens de ensaio desta rodada do EP foram:

- Nanovoltímetro1: Modelo 34420A, fabricado pela Agilent, número de série MY42002968;
- Nanovoltímetro2: Modelo 2182A, fabricado pela Keithley, número de série 1081354.

As faixas de medição para o nanovoltímetro Agilent foram de 1 mV, 10 mV e 100 mV. Para o nanovoltímetro Keithley foram de 10 mV e 100mV. As medições nos dois instrumentos foram realizadas nas faixas positiva e negativa.

Os itens de ensaio foram caracterizados individualmente pelo Laboratório de Calibração em Metrologia Elétrica (Lacel) do Inmetro através de calibrações realizadas antes do EP e após as medições do participante, as quais geraram certificados de calibrações, citados na tabela 1.

**2.1. Transporte dos Itens de Ensaio de Proficiência**

O participante foi previamente informado, pela coordenação do ensaio de proficiência, sobre o período que teria para coletar os itens de ensaio. Devido à sensibilidade, os nanovoltímetros acondicionados em case de proteção, foram transportados em mãos, por técnico responsável designado pelo participante.

Na chegada ao laboratório, o participante fez a inspeção nos itens de ensaio para verificar se havia algum dano que poderia invalidar ou inviabilizar as medições. O resultado da inspeção foi registrado no formulário de recebimento do item de ensaio. O mesmo procedimento foi adotado na devolução do item de ensaio, para saber se os equipamentos não sofreram danos enquanto permaneceram no laboratório do participante. Nenhum dano foi registrado nos formulários de recebimento e de devolução dos itens de ensaio.

**2.2. Avaliação da Estabilidade dos Itens de Ensaio de Proficiência**

Os resultados das calibrações dos itens de ensaio deste EP são apresentados nas tabelas 1 e 2. A consistência dos resultados das medições foi avaliada através das diferenças entre os valores dos certificados para cada ponto de calibração, que são apresentadas através de gráficos. Para o nanovoltímetro Agilent pode ser vista nos gráficos da figura 1 (escala de -1 mV a 1 mV), figura 2 (escala de -10 mV a 10mV) e figura 3 (escala de -100 mV a 100 mV). Para o nanovoltímetro Keithley nos gráficos da figura 4 (escala de -10 mV a 10 mV) e figura 5 (escala de -100 mV e 100 mV).

Tabela 1–Resultados das calibrações do nanovoltímetro (Agilent) no Inmetro.

| Certificado Inmetro 0490/2015<br>Data da calibração: 27/03/2015 |             |                |                          |      | Certificado Inmetro 1076/2015<br>Data da calibração: 11/06/2015 |             |                |                          |      |
|---|-------------|----------------|--------------------------|------|---|-------------|----------------|--------------------------|------|
| Faixa (mV)  | Pontos (mV) | Resultado (mV) | Incerteza Expandida (mV) | k    | Faixa (mV)  | Pontos (mV) | Resultado (mV) | Incerteza Expandida (mV) | k    |
| 1   | 0,001       | 0,001 007 3    | 0,000 007 7              | 2,05 | 1   | 0,001       | 0,001 008 5    | 0,000 009 7              | 2,00 |
|   | 0,01        | 0,010 006 7    | 0,000 006 7              | 2,06 |   | 0,01        | 0,010 006 5    | 0,000 009 0              | 2,03 |
|   | 0,05        | 0,050 001 9    | 0,000 006 0              | 2,04 |   | 0,05        | 0,050 001 5    | 0,000 008 4              | 2,00 |
|   | 0,1         | 0,100 006 2    | 0,000 008 3              | 2,06 |   | 0,1         | 0,100 005 7    | 0,000 006 6              | 2,00 |
|   | 0,5         | 0,499 989 3    | 0,000 008 2              | 2,00 |   | 0,5         | 0,499 992 1    | 0,000 007 5              | 2,00 |
|   | 1           | 0,999 972 6    | 0,000 007 6              | 2,00 |   | 1           | 0,999 973 0    | 0,000 010                | 2,00 |
| 10  | 1           | 0,999 989      | 0,000 009                | 2,00 | 10  | 1           | 0,999 987      | 0,000 009                | 2,00 |
|   | 5           | 4,999 955      | 0,000 036                | 2,00 |   | 5           | 4,999 958      | 0,000 037                | 2,00 |
|   | 10          | 9,999 884      | 0,000 053                | 2,00 |   | 10          | 9,999 890      | 0,000 054                | 2,00 |
| 100   | 10          | não realizado  | não realizado            |      | 100   | 10          | 10,000 03      | 0,000 21                 | 2,00 |
|   | 50          | 50,000 07      | 0,000 37                 | 2,00 |   | 50          | 49,999 96      | 0,000 28                 | 2,00 |
|   | 100         | 99,99 975      | 0,000 46                 | 2,00 |   | 100         | 99,999 86      | 0,000 38                 | 2,00 |

| Certificado Inmetro 0490/2015<br>Data da calibração: 27/03/2015 |             |                |                          |      | Certificado Inmetro 1076/2015<br>Data da calibração: 11/06/2015 |             |                |                          |      |
|---|-------------|----------------|--------------------------|------|---|-------------|----------------|--------------------------|------|
| Faixa (mV)  | Pontos (mV) | Resultado (mV) | Incerteza Expandida (mV) | k    | Faixa (mV)  | Pontos (mV) | Resultado (mV) | Incerteza Expandida (mV) | k    |
| -1  | -0,001      | -0,001 000 5   | 0,000 005 7              | 2,04 | -1  | -0,001      | -0,000 998 6   | 0,000 008 2              | 2,00 |
|   | -0,01       | -0,010 000 6   | 0,000 008 2              | 2,07 |   | -0,01       | -0,009 998 2   | 0,000 008 4              | 2,00 |
|   | -0,05       | -0,049 997 3   | 0,000 006 8              | 2,04 |   | -0,05       | -0,049 995 9   | 0,000 009 5              | 2,03 |
|   | -0,1        | -0,099 997 1   | 0,000 008 9              | 2,05 |   | -0,1        | -0,099 996     | 0,000 011                | 2,03 |
|   | -0,5        | -0,499 989 4   | 0,000 009 1              | 2,03 |   | -0,5        | -0,499 988 0   | 0,000 009 9              | 2,00 |
|   | -1          | -0,999 968 1   | 0,000 009 7              | 2,00 |   | -1          | -0,999 963     | 0,000 013                | 2,00 |
| -10   | -1          | -0,999 973     | 0,000 010                | 2,00 | -10   | -1          | -0,999 978     | 0,000 012                | 2,00 |
|   | -5          | -4,999 975     | 0,000 032                | 2,00 |   | -5          | -4,999 984     | 0,000 034                | 2,00 |
|   | -10         | -9,999 899     | 0,000 062                | 2,00 |   | -10         | -9,999 937     | 0,000 063                | 2,00 |
| -100  | -10         | não realizado  | não realizado            |      | -100  | -10         | -9,999 96      | 0,000 22                 | 2,00 |
|   | -50         | não realizado  | não realizado            |      |   | -50         | -49,999 93     | 0,000 32                 | 2,00 |
|   | -100        | não realizado  | não realizado            |      |   | -100        | -99,999 78     | 0,000 55                 | 2,00 |

Tabela 2– Resultados das calibrações do nanovoltímetro (Keithley) no Inmetro.

| Certificado Inmetro 0493/2015<br>Data da calibração: 27/03/2015 |             |                |                          |      | Certificado Inmetro 1082/2015<br>Data da calibração: 12/06/2015 |             |                |                          |      |
|---|-------------|----------------|--------------------------|------|---|-------------|----------------|--------------------------|------|
| Faixa (mV)  | Pontos (mV) | Resultado (mV) | Incerteza Expandida (mV) | k    | Faixa (mV)  | Pontos (mV) | Resultado (mV) | Incerteza Expandida (mV) | k    |
| 10  | 0,01        | 0,010 001      | 0,000 003                | 2,03 | 10  | 0,01        | 0,009 999      | 0,000 003                | 2,00 |
|   | 0,05        | 0,050 000      | 0,000 002                | 2,00 |   | 0,05        | 0,050 001      | 0,000 003                | 2,04 |
|   | 0,1         | 0,100 003      | 0,000 003                | 2,00 |   | 0,1         | 0,100 003      | 0,000 003                | 2,00 |
|   | 0,5         | 0,500 011      | 0,000 004                | 2,00 |   | 0,5         | 0,500 013      | 0,000 005                | 2,00 |
|   | 1           | 1,000 018      | 0,000 006                | 2,00 |   | 1           | 1,000 020      | 0,000 006                | 2,00 |
|   | 5           | 5,000 163      | 0,000 028                | 2,00 |   | 5           | 5,000 148      | 0,000 036                | 2,00 |
|   | 10          | 10,000 195     | 0,000 071                | 2,00 |   | 10          | 10,000 114     | 0,000 071                | 2,00 |
| 100   | 10          | não realizado  | não realizado            |      | 100   | 10          | 10,000 17      | 0,000 07                 | 2,00 |
|   | 50          | 50,000 84      | 0,000 37                 | 2,00 |   | 50          | 50,001 27      | 0,000 33                 | 2,00 |
|   | 100         | 100,001 50     | 0,000 46                 | 2,00 |   | 100         | 100,002 29     | 0,000 47                 | 2,00 |
| -10   | -0,01       | -0,009 999     | 0,000 002                | 2,00 | -10   | -0,01       | -0,010 001     | 0,000 003                | 2,00 |
|   | -0,05       | -0,050 001     | 0,000 003                | 2,00 |   | -0,05       | -0,050 002     | 0,000 003                | 2,00 |
|   | -0,1        | -0,100 000     | 0,000 002                | 2,00 |   | -0,1        | -0,100 003     | 0,000 003                | 2,03 |
|   | -0,5        | -0,500 013     | 0,000 004                | 2,00 |   | -0,5        | -0,500 015     | 0,000 004                | 2,00 |
|   | -1          | -1,000 016     | 0,000 007                | 2,00 |   | -1          | -1,000 017     | 0,000 007                | 2,00 |
|   | -5          | -5,000 133     | 0,000 031                | 2,00 |   | -5          | -5,000 100     | 0,000 031                | 2,00 |
|   | -10         | -10,000 234    | 0,000 061                | 2,00 |   | -10         | -10,000 162    | 0,000 062                | 2,00 |
| -100  | -10         | não realizado  | não realizado            |      | -100  | -10         | -10,000 16     | 0,000 07                 | 2,00 |
|   | -50         | -50,001 33     | 0,000 37                 | 2,00 |   | -50         | -50,001 24     | 0,000 42                 | 2,00 |
|   | -100        | -100,001 68    | 0,000 48                 | 2,00 |   | -100        | -100,001 59    | 0,000 55                 | 2,00 |

Nos gráficos das figuras de 1 a 6, o eixo “x”, correspondente aos pontos medidos, foi estabelecido em escala logarítmica de modo que os pontos coubessem no eixo, enquanto no eixo “y” são mostradas as diferenças (em cada ponto) entre os resultados das calibrações final e inicial (VR\_final – VR\_inicial) declarados nos certificados de calibração de cada instrumento e apresentados nas

tabelas 1 e 2. Para a elaboração dos gráficos, as sequências correspondentes aos pontos de medição negativos foram plotadas com base nos valores das sequências positivas, e, as séries diferenciadas pela cor. Por exemplo: cor azul para valores positivos (1, 5 e 10 mV) e cor vermelha para valores negativos (-1, -5 e -10 mV).

Para possibilitar a avaliação da concordância dos valores entre as calibrações inicial e final, em ambas as faixas de medição, positiva e negativa, a cada valor, foi adicionada a barra de erros correspondente ao valor da incerteza do valor designado para cada ponto de calibração.

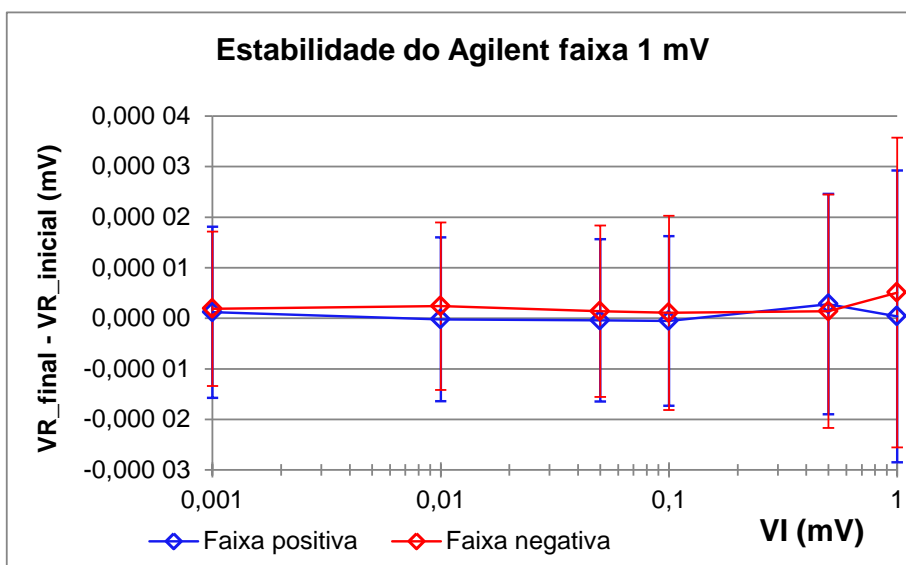


Figura 1: Estabilidade do nanovoltímetro Agilent nos pontos de calibração: -1;-0,5;-0,1, -0,05;-0,01; -0,001; 0,001;0,01; 0,05; 0,1; 0,5 e 1 mV

Os valores do gráfico acima evidenciam que o nanovoltímetro Agilent apresenta uma ótima estabilidade no intervalo de tempo da realização do EP. A diferença máxima entre as duas calibrações é da ordem de 0,005  $\mu$ V na faixa negativa em -1 mV.

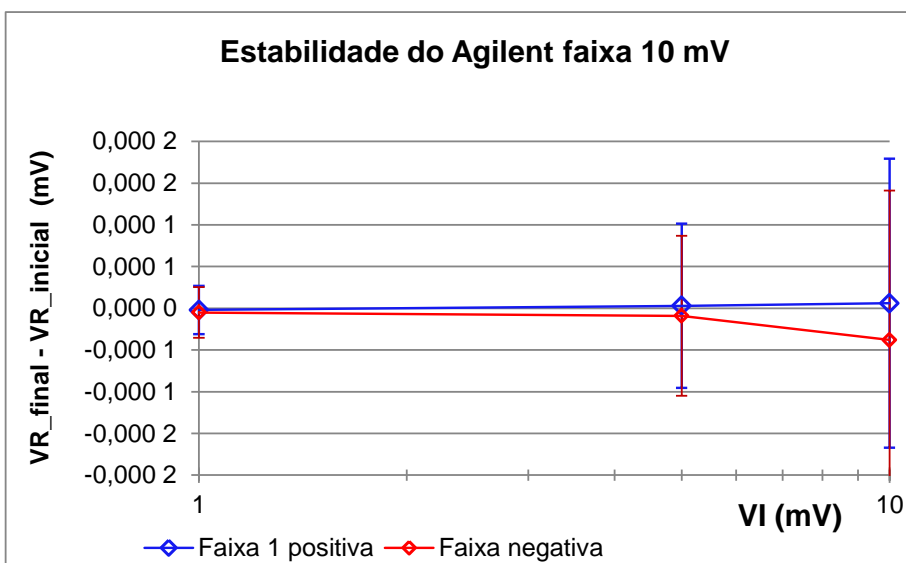


Figura 2: Estabilidade do nanovoltímetro Agilent nos pontos de calibração: -10; -5;-1; 1; 5; e 10 mV

Os valores do gráfico acima evidenciam que o nanovoltímetro Agilent apresenta uma ótima estabilidade no intervalo de tempo da realização do EP. A diferença máxima entre as duas calibrações é inferior a 0,05  $\mu\text{V}$  na faixa negativa em -10 mV.

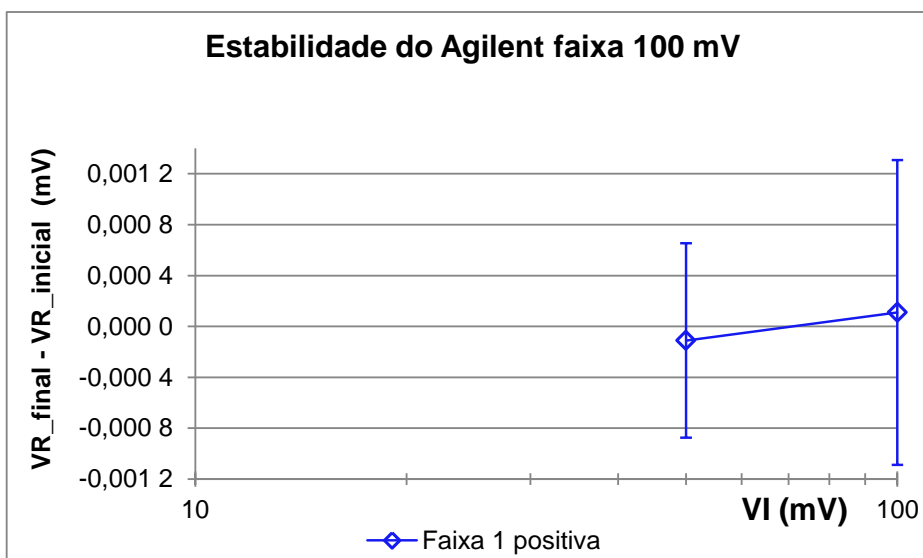


Figura 3: Estabilidade do nanovoltímetro Agilent nos pontos de calibração: 50; e 100 mV

Em 27/03/2015, infelizmente a calibração do nanovoltímetro Agilent, não foi realizada no ponto 10 mV da faixa de 100 mV. Também não foram realizados todos os pontos (-10, -50 e -100 mV) da faixa negativa, como pode ser visto na tabela 1. Assim, na faixa de 100 mV, a estabilidade só pôde ser inferida nos pontos 50 e 100 mV. Os valores do gráfico acima evidenciam que o nanovoltímetro Agilent apresenta uma ótima estabilidade no intervalo de tempo da realização do EP. Em módulo, a diferença máxima entre as duas calibrações na faixa positiva em 50 mV e em 100 mV é da ordem de 0,001  $\mu\text{V}$ .

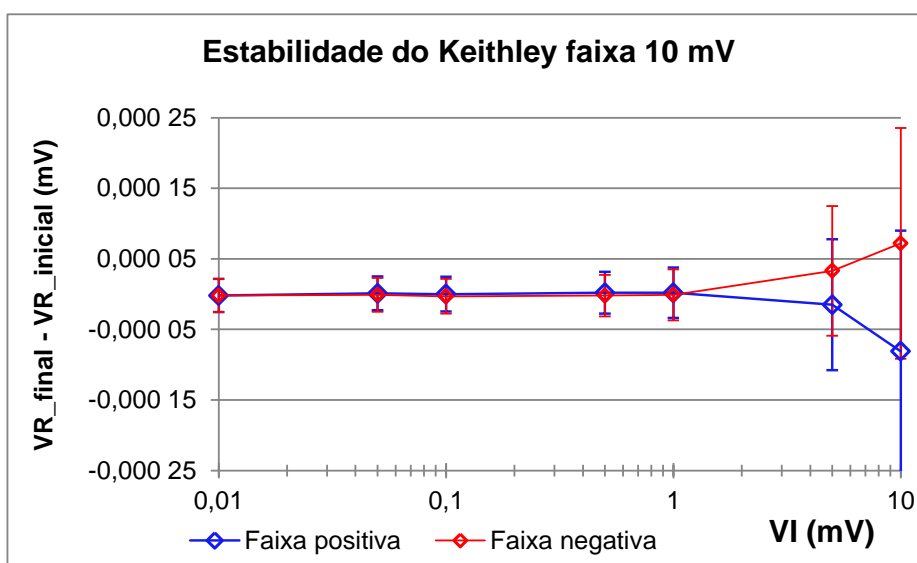


Figura 4: Estabilidade do nanovoltímetro Keithley nos pontos de calibração: -10; -5; -1; -0,5; -0,1, -0,05; -0,01; 0,01; 0,05; 0,1; 0,5; 1; 5 e 10 mV



No gráfico acima é visível, no intervalo de tempo da realização do EP, que o nanovoltímetro Keithley apresenta uma ótima estabilidade. Na faixa entre -1 e 1 mV variou entre 0,001 e 0,003  $\mu\text{V}$ . No ponto 5 mV a estabilidade ficou em 0,015  $\mu\text{V}$  e no ponto -5 mV ficou em 0,033  $\mu\text{V}$ . No ponto 10 mV a estabilidade foi 0,081  $\mu\text{V}$  e no ponto -10 mV foi 0,072  $\mu\text{V}$ .

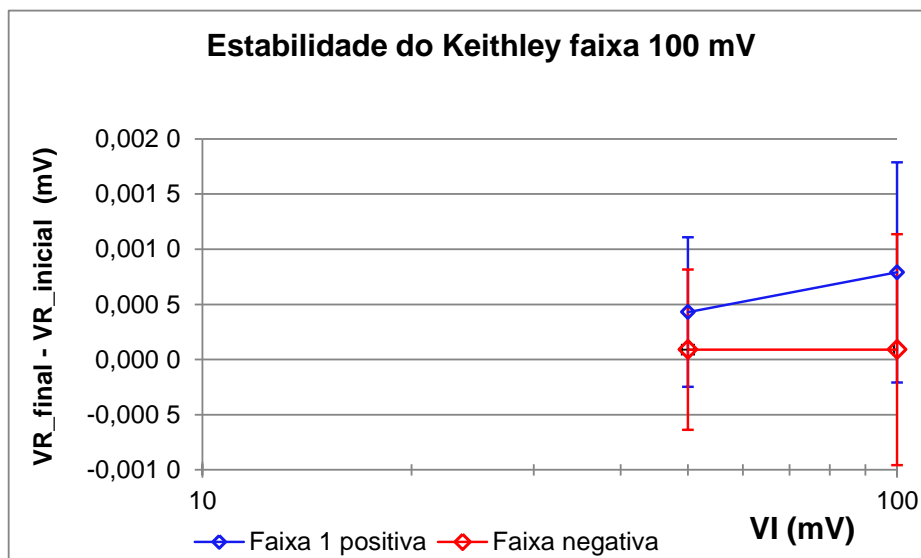


Figura 5: Estabilidade do nanovoltímetro Keithley nos pontos de calibração: -100; -50; -1; 50 e 100 mV

Em 27/03/2015, infelizmente a calibração do nanovoltímetro Keithley não foi realizada nos pontos -10 e 10 mV das faixas de -100 e 100 mV. Assim, nestas faixas, a estabilidade só pôde ser inferida nos pontos 50 e 100 mV. Os valores do gráfico acima evidenciam que o nanovoltímetro Keithley apresenta uma boa estabilidade na faixa negativa no intervalo de tempo da realização do EP em -50 mV, da ordem de 0,001 mV. Contudo, na faixa positiva ocorreu o contrário, em 50 mV houve uma mudança da ordem de 0,004 mV crescendo para 0,008 mV em 100 mV. Esta instabilidade em 100 mV fez com que neste ponto os valores produzissem um valor absoluto de  $E_n = 1,2$ , para as calibrações do Inmetro, mas não para o laboratório participante que foi avaliado pelo valor designado correspondente a média das calibrações do Inmetro, como será visto adiante.

### 3. Metodologia de Medição

Os participantes deste Ensaio de Proficiência utilizaram métodos de medição rotineiros, observando as instruções contidas no protocolo e no formulário de registro dos resultados desta rodada. As condições ambientais do participante deveriam ser mantidas sob controle para umidade relativa ( $50 \pm 10$ ) % e temperatura ( $23 \pm 2$ ) °C por 24 h. A tensão de alimentação no laboratório deveria ser estabilizada em ( $127 \pm 13$ ) V ou ( $220 \pm 22$ ) V.

O participante deveria manter os itens sob calibração com as seguintes configurações de medição:

| Nanovoltímetro1  | Nanovoltímetro2  |
|--|--|
| Canal 1, Range manual, Resolução Máxima,<br>Filtro digital ativado (FAST: 10 RDG) e<br>NPLC: 100 | Canal 1, Range manual, Resolução Máxima, Filtro<br>digital ativado, Filtro passa baixa (LowPassFilter)<br>desativado e NPLC: 100 |

O participante deveria reportar 10 leituras (faixa positiva e faixa negativa) para cada ponto solicitado no formulário de registro de resultados, tanto para o nanovoltímetro 34420A, da Agilent, quanto para o nanovoltímetro 2182A, da Keithley. O participante também precisava informar o resultado final, a incerteza expandida, o fator de abrangência, graus de liberdade efetivo para cada ponto das faixas solicitadas. Além dos resultados das medições era requerida a descrição do sistema de medição, do modelo matemático para avaliação da incerteza de medição (incluindo todas as componentes de incerteza) e o detalhamento das grandezas de influência (descrição da fonte de incerteza, informando o tipo A ou B com o tipo de distribuição de probabilidade, etc).

#### **4. Valores Designados**

Os resultados de medições declarados nos certificados de calibrações emitidos pelo Lacel possuem rastreabilidade metrológica ao Sistema Internacional de Unidades (SI).

Os valores designados para este EP foram determinados pelo Inmetro através do Laboratório de Calibração em Metrologia Elétrica (Lacel), por meio de calibrações dos itens de ensaio. De acordo com o protocolo do EP, o valor designado nesta rodada é o valor médio dos resultados obtidos nas calibrações dos nanovoltímetros realizadas pelo Inmetro antes e depois das medições do participante. Para os pontos em que a calibração inicial não foi realizada, o valor designado não foi definido, constando a sigla “ND” na tabela. A incerteza do valor designado para o ensaio de proficiência correspondente à combinação quadrática das incertezas-padrão dos resultados das calibrações (antes e depois das medições do participante) combinada com a componente da estabilidade dos nanovoltímetros em cada ponto de calibração. Para este EP, esta estabilidade foi definida como o valor da deriva do instrumento especificada no manual do instrumento para 24 horas.

Os valores designados deste EP são apresentados na tabela 3, referentes aos certificados Dimci 0490/2015, Dimci 0493/2015, Dimci 1076/2015 e Dimci 1082/2015. As condições da calibração foram: temperatura ambiente:  $(22,5 \pm 1,0)$  °C, umidade:  $(55 \pm 10)$  %.

Tabela 3- Valores designados e incertezas para os nanovoltímetros.

| Nanovoltímetro Agilent (faixa positiva)  |             |                |                          |      | Nanovoltímetro Agilent (faixa negativa)  |             |                |                          |      |
|--|-------------|----------------|--------------------------|------|--|-------------|----------------|--------------------------|------|
| Faixa (mV)                               | Pontos (mV) | Resultado (mV) | Incerteza Expandida (mV) | k    | Faixa (mV)                               | Pontos (mV) | Resultado (mV) | Incerteza Expandida (mV) | k    |
| 1  | 0,001       | 0,001 008      | 0,000 017                | 2,00 | -1                                       | -0,001      | -0,001 000     | 0,000 015                | 2,00 |
|  | 0,01        | 0,010 007      | 0,000 016                | 2,00 |  | -0,01       | -0,009 999     | 0,000 017                | 2,00 |
|  | 0,05        | 0,050 002      | 0,000 016                | 2,00 |  | -0,05       | -0,049 997     | 0,000 017                | 2,00 |
|  | 0,1         | 0,100 006      | 0,000 017                | 2,00 |  | -0,1        | -0,099 997     | 0,000 019                | 2,00 |
|  | 0,5         | 0,499 991      | 0,000 022                | 2,00 |  | -0,5        | -0,499 989     | 0,000 023                | 2,00 |
|  | 1           | 0,999 973      | 0,000 029                | 2,00 |  | -1          | -0,999 966     | 0,000 031                | 2,00 |
| 10                                       | 1           | 0,999 988      | 0,000 029                | 2,00 | -10                                      | -1          | -0,999 976     | 0,000 030                | 2,00 |
|  | 5           | 4,999 957      | 0,000 098                | 2,00 |  | -5          | -4,999 980     | 0,000 096                | 2,00 |
|  | 10          | 9,999 89       | 0,000 17                 | 2,00 |  | -10         | -9,999 92      | 0,000 18                 | 2,00 |
| 100                                      | 10          | ND             | ND                       |      | -100                                     | -10         | ND             | ND                       |      |
|  | 50          | 50,000 02      | 0,000 76                 | 2,00 |  | -50         | ND             | ND                       |      |
|  | 100         | 99,999 8       | 0,001 2                  | 2,00 |  | -100        | ND             | ND                       |      |
| Nanovoltímetro Keithley (faixa positiva) |             |                |                          |      | Nanovoltímetro Keithley (faixa negativa) |             |                |                          |      |
| Faixa (mV)                               | Pontos (mV) | Resultado (mV) | Incerteza Expandida (mV) | k    | Faixa (mV)                               | Pontos (mV) | Resultado (mV) | Incerteza Expandida (mV) | k    |
| 10                                       | 0,01        | 0,010 000      | 0,000 024                | 2,00 | -10                                      | -0,01       | -0,010 000     | 0,000 023                | 2,00 |
|  | 0,05        | 0,050 001      | 0,000 024                | 2,00 |  | -0,05       | -0,050 002     | 0,000 024                | 2,00 |
|  | 0,1         | 0,100 003      | 0,000 025                | 2,00 |  | -0,1        | -0,100 002     | 0,000 025                | 2,00 |
|  | 0,5         | 0,500 012      | 0,000 030                | 2,00 |  | -0,5        | -0,500 014     | 0,000 029                | 2,00 |
|  | 1           | 1,000 019      | 0,000 036                | 2,00 |  | -1          | -1,000 017     | 0,000 036                | 2,00 |
|  | 5           | 5,000 156      | 0,000 093                | 2,00 |  | -5          | -5,000 117     | 0,000 092                | 2,00 |
|  | 10          | 10,000 15      | 0,000 17                 | 2,00 |  | -10         | -10,000 20     | 0,000 16                 | 2,00 |
| 100                                      | 10          | ND             | ND                       |      | -100                                     | -10         | ND             | ND                       |      |
|  | 50          | ND             | ND                       |      |  | -50         | -50,001 29     | 0,000 73                 | 2,00 |
|  | 100         | ND             | ND                       |      |  | -100        | -100,001 6     | 0,001 0                  | 2,00 |

### 5. Avaliação de Desempenho do Participante

Para avaliação de desempenho dos participantes foi utilizado o cálculo do erro normalizado ( $E_n$ ), descrito no Anexo B da ABNT NBR ISO/IEC 17043:2011, calculado conforme a equação 1.

$$E_n = \frac{y_i - y_{ref}}{\sqrt{U_i^2 + U_{ref}^2}} \quad (1)$$

Onde:

$y_i$  = média das 10 medições, obtido pelo participante em cada ponto da calibração;

$y_{ref}$  = valor designado, em cada ponto da calibração, pelo Inmetro;

$U_{ref}$  = incerteza expandida do valor designado, em cada ponto da calibração, da calibração do Inmetro;

$U_i$  = valor da incerteza expandida de  $y_i$ , obtida pelo participante em cada ponto da calibração.

A interpretação do valor do ( $E_n$ ) para avaliação do desempenho do participante está descrita abaixo:

$|E_n| \leq 1,0$  indica desempenho “satisfatório” e não gera sinal;

$|E_n| > 1,0$  indica desempenho “insatisfatório” e gera um sinal de ação.

Esta estatística de desempenho serve para verificar se o resultado da medição de cada participante está em conformidade com o valor designado, levando em consideração não apenas os resultados das medições, mas também suas respectivas incertezas.

## 6. Resultados

As tabelas 4 e 5 apresentam os resultados finais do participante e os valores calculados do erro normalizado para as faixas e pontos especificados para esta rodada. Os valores da incerteza dos valores designados e de  $E_n$  são apresentados com dois algarismos significativos. Todos os resultados foram satisfatórios.

Tabela 4– Valores de  $E_m$  da Metracal para o nanovoltímetro Agilent 34420A.

| Faixa (mV) | Laboratório  |                |             | Valor designado (mV) |           |       |
|------------|--------------|----------------|-------------|----------------------|-----------|-------|
|            | Valores (mV) | Resultado (mV) | U (mV)      | Valor designado (mV) | U (mV)    | $E_n$ |
| 1          | 0,001        | 0,001 004 0    | 0,000 001 2 | 0,001 008            | 0,000 017 | -0,23 |
|            | 0,01         | 0,010 000 9    | 0,000 002 6 | 0,010 007            | 0,000 016 | -0,35 |
|            | 0,05         | 0,050 002 1    | 0,000 002 1 | 0,050 002            | 0,000 016 | 0,02  |
|            | 0,1          | 0,100 002 5    | 0,000 002 8 | 0,100 006            | 0,000 017 | -0,21 |
|            | 0,5          | 0,499 996 8    | 0,000 007 6 | 0,499 991            | 0,000 022 | 0,26  |
|            | 1            | 0,999 989      | 0,000 014   | 0,999 973            | 0,000 029 | 0,51  |
| 10         | 1            | 0,999 985      | 0,000 014   | 0,999 988            | 0,000 029 | -0,10 |
|            | 5            | 4,999 967      | 0,000 066   | 4,999 957            | 0,000 098 | 0,09  |
|            | 10           | 9,999 94       | 0,000 13    | 9,999 89             | 0,000 17  | 0,26  |
| 100        | 10           | 9,999 94       | 0,000 13    | ND                   | ND        | ND    |
|            | 50           | 49,999 89      | 0,000 31    | 50,000 02            | 0,000 76  | -0,16 |
|            | 100          | 99,999 84      | 0,000 39    | 99,999 8             | 0,001 2   | 0,03  |
| -1         | -0,001       | -0,001 002 1   | 0,000 001 8 | -0,001 000           | 0,000 015 | -0,16 |
|            | -0,01        | -0,010 003 5   | 0,000 002 9 | -0,009 999           | 0,000 017 | -0,24 |
|            | -0,05        | -0,050 001 1   | 0,000 002 5 | -0,049 997           | 0,000 017 | -0,26 |
|            | -0,1         | -0,100 001 8   | 0,000 002 7 | -0,099 997           | 0,000 019 | -0,27 |
|            | -0,5         | -0,500 000 8   | 0,000 007 6 | -0,499 989           | 0,000 023 | -0,50 |
|            | -1           | -0,999 995     | 0,000 014   | -0,999 966           | 0,000 031 | -0,88 |
| -10        | -1           | -0,999 983     | 0,000 014   | -0,999 976           | 0,000 030 | -0,24 |
|            | -5           | -4,999 962     | 0,000 066   | -4,999 980           | 0,000 096 | 0,15  |
|            | -10          | -9,99995       | 0,000 13    | -9,999 92            | 0,000 18  | -0,16 |
| -100       | -10          | -9,999 95      | 0,000 13    | ND                   | ND        | ND    |
|            | -50          | -50,000 05     | 0,000 31    | ND                   | ND        | ND    |
|            | -100         | -99,999 98     | 0,000 39    | ND                   | ND        | ND    |

Tabela 5 – Valores de  $E_n$  da Metracal para o nanovoltímetros Keithley 2182A.

| Faixa (mV) | Laboratório  |                |           | Valor designado      |           |       |
|------------|--------------|----------------|-----------|----------------------|-----------|-------|
|            | Valores (mV) | Resultado (mV) | U (mV)    | Valor designado (mV) | U (mV)    | $E_n$ |
| 10         | 0,01         | 0,009 998      | 0,000 003 | 0,010 000            | 0,000 024 | -0,07 |
|            | 0,05         | 0,049 999      | 0,000 004 | 0,050 001            | 0,000 024 | -0,07 |
|            | 0,1          | 0,100 001      | 0,000 004 | 0,100 003            | 0,000 025 | -0,09 |
|            | 0,5          | 0,500 010      | 0,000 009 | 0,500 012            | 0,000 029 | -0,07 |
|            | 1            | 1,000 016      | 0,000 015 | 1,000 019            | 0,000 036 | -0,07 |
|            | 5            | 5,000 100      | 0,000 066 | 5,000 156            | 0,000 093 | -0,49 |
|            | 10           | 10,000 22      | 0,000 13  | 10,000 15            | 0,000 17  | 0,30  |
| 100        | 10           | 10,000 07      | 0,000 13  | ND                   |           | ND    |
|            | 50           | 50,000 74      | 0,000 30  | 50,001 06            | 0,000 68  | -0,42 |
|            | 100          | 100,001 84     | 0,000 39  | 100,001 9            | 0,001 0   | -0,05 |
| -10        | -0,01        | -0,010 003     | 0,000 003 | -0,010 000           | 0,000 023 | -0,13 |
|            | -0,05        | -0,049 999     | 0,000 005 | -0,050 002           | 0,000 024 | 0,11  |
|            | -0,1         | -0,100 004     | 0,000 006 | -0,100 002           | 0,000 025 | -0,09 |
|            | -0,5         | -0,500 003     | 0,000 008 | -0,500 014           | 0,000 029 | 0,35  |
|            | -1           | -1,000 014     | 0,000 015 | -1,000 017           | 0,000 036 | 0,07  |
|            | -5           | -5,000 107     | 0,000 066 | -5,000 117           | 0,000 092 | 0,09  |
|            | -10          | -10,000 21     | 0,000 13  | -10,000 20           | 0,000 16  | -0,07 |
| -100       | -10          | -10,000 07     | 0,000 13  | ND                   |           | ND    |
|            | -50          | -50,000 65     | 0,000 30  | -50,001 29           | 0,000 73  | 0,80  |
|            | -100         | -100,001 49    | 0,000 39  | -100,001 6           | 0,001 0   | 0,13  |

As figuras de 6 a 10 apresentam os gráficos de valores de  $E_n$  obtidos pelo laboratório da Metracal nas faixas de -100 a 100 mV com os nanovoltímetros Agilent e Keithley.

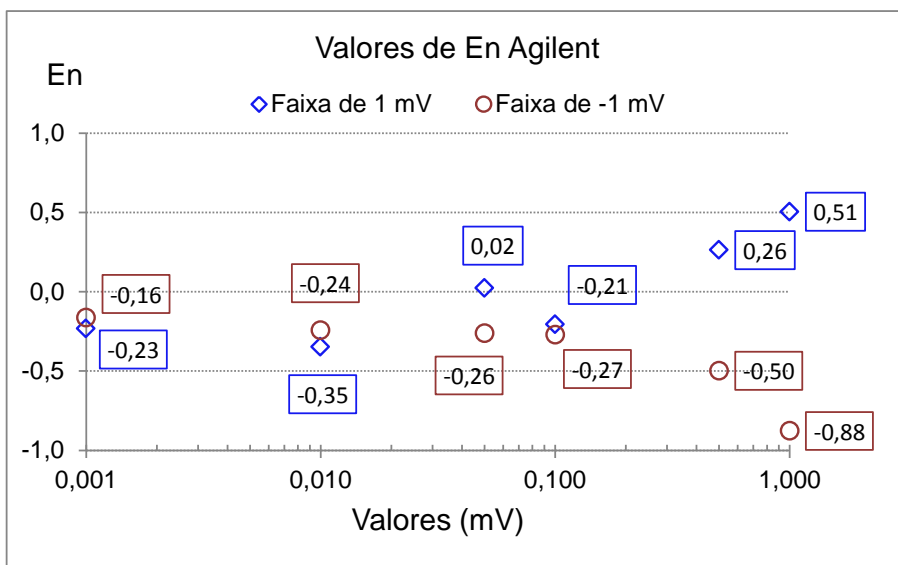


Figura 6: Valores de  $E_n$  da Metracal nas faixas de -1 mV e 1mV com o nanovoltímetro Agilent.

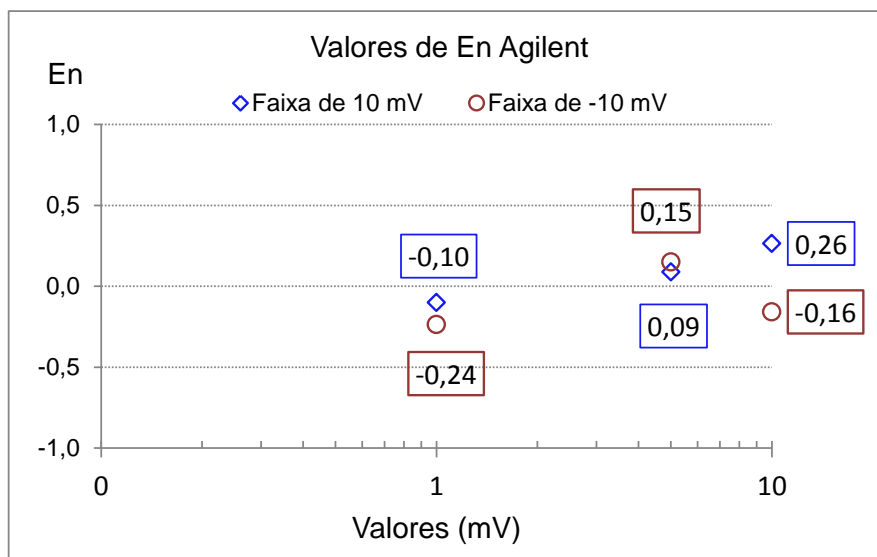


Figura 7: Valores de  $E_n$  da Metracal nas faixas de -10 mV e 10 mV com o nanovoltímetro Agilent.

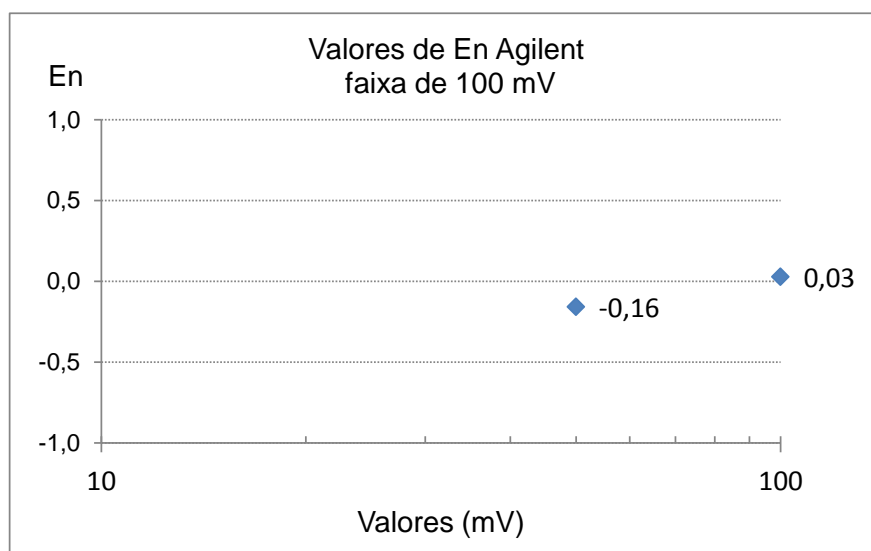


Figura 8: Valores de  $E_n$  da Metracal nas faixas de 100 mV com o nanovoltímetro Agilent.

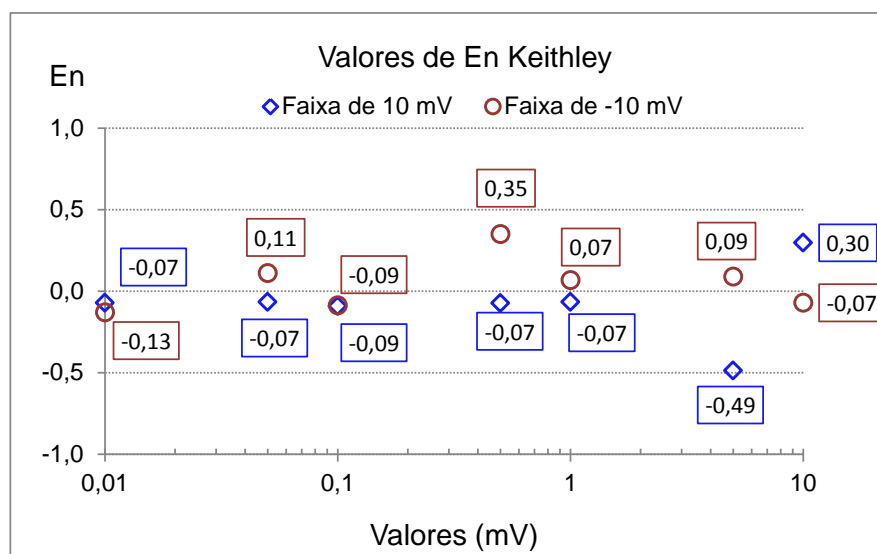


Figura 9: Valores de  $E_n$  da Metracal nas faixas de -10 e 10 mV com o nanovoltímetro Keithley.

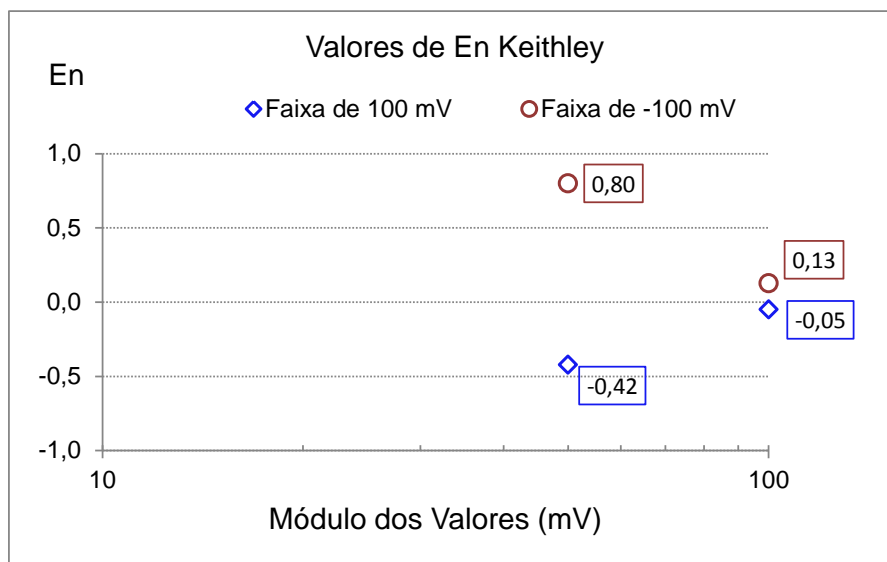


Figura 10 Valores de  $E_n$  da Metractal nas faixas de -100 e 100 mV com o nanovoltímetro Keithley.

## 7. Confidencialidade

Como apenas um laboratório participou deste EP, sua identificação será pública no relatório final que será disponibilizado no *site* do Inmetro e de conhecimento da Coordenação Geral de Acreditação.

## 8. Conclusões

Segundo a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025, a participação em programas de comparação interlaboratorial ou de ensaios de proficiência constitui-se em ferramenta de controle da qualidade. Ainda conforme essa norma, cada participante deve realizar análise dos dados deste controle de acordo com os critérios pré-definidos. Para os pontos com desempenho insatisfatório ( $|E_n| > 1$ ) o participante deve planejar ações corretivas de forma a evitar que resultados incorretos sejam relatados. Este procedimento pode ser seguido para pontos com desempenho satisfatório, porém com  $|E_n|$  próximo de 1.

Por fim, é importante salientar que a participação de laboratórios em ensaios de proficiência possibilita a avaliação da sua capacidade metrológica. O estabelecimento de ações corretivas e a contínua participação em ensaios de proficiência desta natureza são ferramentas de grande contribuição para o aprimoramento das medições realizadas pelos laboratórios, assim como para o aumento da confiabilidade das medições realizadas no país.

## 9. Participante

Participou deste EP apenas 1 (um) laboratório nacional que realiza medições de tensão DC nas faixas de 1  $\mu$ V a 100 mV e de -1  $\mu$ V a -100 mV e possui metodologia definida para o cálculo da incerteza de medição.

A Tabela 5 apresenta a identificação do participante.

Tabela 5– Participante do EP na Calibração de Nanovoltímetro – 1ª rodada.

| Instituição |  |
|-------------|--|
| 1.          | Metracal Serviços em Equipamentos Eletrônicos e Comercial LTDA |

## 10. Referências

- [1] ABNT NBR ISO/IEC 17043:2011, Avaliação da conformidade – Requisitos gerais para ensaio de proficiência.
- [2] Vocabulário Internacional de Metrologia: conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM 2012). 1ª Edição Luso – Brasileira.
- [3] ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005: Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração.
- [4] Avaliação de dados de medição - Guia para a expressão de incerteza de medição – GUM 2008 1ª Edição Brasileira da 1ª Edição do BIPM de 2008: "Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement"- Rio de Janeiro – 2012





Programa de Ensaio de Proficiência do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - PEP-Inmetro  
Av. Nossa Senhora das Graças, 50 - Xerém - Duque de Caxias - RJ - Brasil CEP: 25250-020  
Tel/Fax: +55 21 2679-9745 - [www.inmetro.gov.br](http://www.inmetro.gov.br) - E-mail: [pep-inmetro@inmetro.gov.br](mailto:pep-inmetro@inmetro.gov.br)