

CALIBRAÇÃO DE AMPERÍMETROS DE CORRENTE CONTÍNUA ENTRE 1 nA E 10 μA.

*Rodrigo Ventura*¹, *Vanderson M. Teixeira*², *Vitor Ferreira*³, *Regis P. Landim*⁴

¹ Inmetro, Rio de Janeiro, Brasil, rvventura@inmetro.gov.br

² Inmetro, Rio de Janeiro, Brasil, vmteixeira@inmetro.gov.br

³ Inmetro, Rio de Janeiro, Brasil, vferreira@inmetro.gov.br

⁴ Inmetro, Rio de Janeiro, Brasil, rplandim@inmetro.gov.br

Resumo: Este artigo tem por objetivo apresentar a técnica utilizada e os resultados obtidos na calibração de medidores de corrente contínua de alta exatidão em valores de 1 nA a 10 μA, disponibilizando assim um novo serviço a sociedade brasileira atendendo às solicitações crescentes de rastreabilidade de medição na grandeza em questão.

Palavras chave: amperímetro, corrente contínua, fonte rastreabilidade.

1. INTRODUÇÃO

O laboratório de tensão e corrente elétrica do Inmetro (Latce) é responsável pela realização, reprodução, manutenção e disseminação do volt e do ampère no Brasil, através da calibração de medidores e geradores de alta exatidão de laboratórios de institutos de pesquisa, universidades, grandes empresas do setor de geração de energia elétrica e de laboratórios de metrologia acreditados à Rede Brasileira de Calibração – RBC.

Estes serviços são, em sua grande maioria, calibrações de multímetros digitais com faixas abrangentes de medição e 8½ dígitos de resolução. Estes medidores, durante anos, vêm sendo calibrados através da comparação direta com fontes padrão previamente caracterizadas por sistemas mais precisos.

Porém, tratando-se das faixas de medição propostas neste artigo, os padrões atuais de geração de corrente, calibradores digitais de alta exatidão, não dispõem de faixas de trabalho, com a exatidão e estabilidade necessária, para atender à atual demanda do mercado.

Neste caso, a principal demanda de rastreabilidade nesta faixa é oriunda dos próprios laboratórios do Inmetro, principalmente os laboratórios de metrologia ótica e térmica. Além disso, uma grande parte dos multímetros utilizados por laboratórios acreditados e institutos de pesquisas detém três faixas de medição que não estão sendo calibradas, ou seja, esses medidores não estão sendo calibrados em sua totalidade, impossibilitando que tais laboratórios possam atender uma faixa maior do mercado.

Sendo assim, foi necessário o desenvolvimento de um novo procedimento para a calibração de medidores de corrente contínua na faixa de valores de 1 nA a 10 μA.

2. SISTEMA PROPOSTO

O sistema proposto tem como base a utilização de um gerador padrão de tensão contínua (V_P), aplicando uma

amplitude previamente conhecida a um circuito em série formado por um resistor padrão (R_P) e o medidor de corrente o qual se deseja calibrar [1], conforme esquema definido a seguir (fig. 1), onde A representa o amperímetro e R_A a resistência interna do amperímetro:

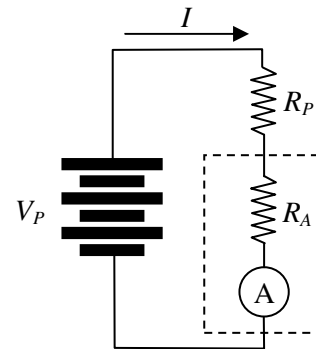


Figura 1. Esquema de ligação do sistema de medição

Onde:

$$I = \frac{V_P}{R_P + R_A} \quad (1)$$

Observando o esquema, verifica-se que a corrente que circula no circuito depende não somente da tensão aplicada e do valor do resistor padrão, como também da resistência interna do amperímetro [2,3]. Logo, é de fundamental importância conhecer o valor de R_A .

Porém, mesmo que alguns fabricantes disponibilizem esta informação através das especificações técnicas do manual de instruções do instrumento, normalmente esta informação é desagregada de uma incerteza padrão e refere-se a uma característica geral do modelo ou de uma série específica do amperímetro, ou seja, não se refere à unidade que está sob calibração.

Sendo assim, é necessário determinar a influência de R_A sobre o valor de corrente do circuito, ou encontrar uma maneira de conhecer o valor da corrente que circula pelo amperímetro (I_A) sem a necessidade da medição prévia do valor de R_A .

3. DETERMINAÇÃO de I_A

Para definir a corrente que circula pelo medidor sob calibração, utilizou-se o mesmo circuito proposto anteriormente, porém, incluindo-se um voltímetro padrão

(V) em paralelo ao amperímetro sob calibração, conforme esquema apresentado na figura 2.

Desta forma, é possível medir a queda de tensão proporcionada pelo amperímetro sob calibração e calcular o valor de I_A .

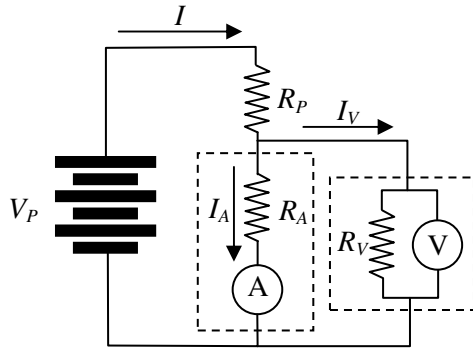


Figura 2. Esquema de ligação para determinação da influência de R_A

Onde:

$$I_A = I - I_V \rightarrow I_A = \frac{V_p - V}{R_p} - \frac{V}{R_V} \quad (2)$$

Novamente observando o circuito, verifica-se que, com a inserção do voltímetro ao circuito, a intensidade de corrente que circula pelo amperímetro fica dependente da resistência interna (R_V) do medidor padrão.

Porém, por se tratar de um voltímetro padrão, este valor de resistência (R_V), ao contrário do que foi mencionado sobre o amperímetro, pode ser conhecido através de uma simples calibração.

4. EQUIPAMENTOS E CONEXÕES

Os testes de medição do sistema proposto foram realizados utilizando-se como objeto de calibração um multímetro digital de 8½ dígitos Agilent, modelo 3458A, nas faixas de 10 μ A, 1 μ A e 100 nA nos valores de 10%, 20%, 40%, 50%, 80% e 100% destas faixas.

Como fonte de tensão contínua (V_p) foi utilizado um calibrador digital Fluke, modelo 5720A; como resistor padrão (R_p), foi utilizada uma década resistiva Guildline, modelo 9347/1 T Ω e como voltímetro padrão (V), foi utilizado outro multímetro digital Agilent, modelo 3458A (figura 3).

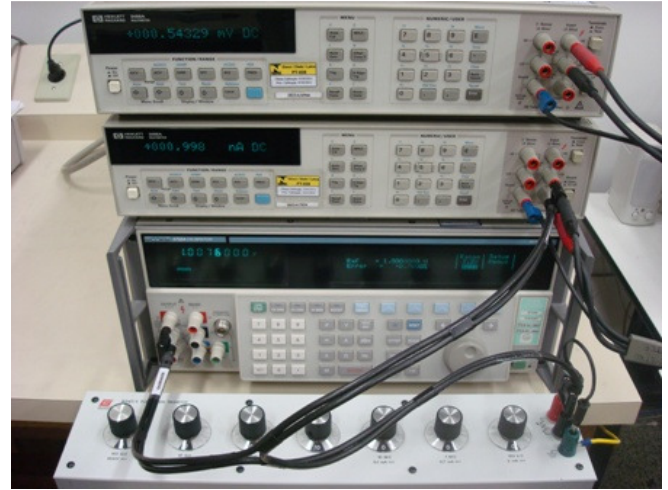


Figura 3. Instrumentos utilizados

Como apresentado acima, é necessário conhecer a resistência interna (R_V) do voltímetro padrão. Para isto, utilizou-se o comando “FIXEDZ”. Este comando fixa o valor da resistência interna do voltímetro em um valor nominal de 10 M Ω , possibilitando, dessa forma, a sua medição através da comparação com padrões rastreados ao SI.

Além da influência da resistência interna do voltímetro padrão, outra questão resolvida durante os testes foi eliminação de influências externas, tais como sinais irradiados e cargas eletrostáticas. Para isso, foi utilizado um cabo coaxial, com a malha externa confeccionada como uma gaiola e conectada ao circuito de Terra, conforme demonstrado no esquema a seguir (fig. 4):

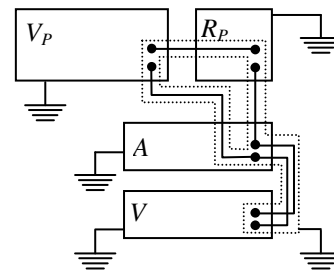


Figura 4 – Esquema de conexão do sistema proposto

5. RESULTADOS OBTIDOS

Os gráficos a seguir apresentam os resultados obtidos em vários testes realizados durante o ano de 2010. As barras verticais representam a incerteza associada ao resultado obtido.

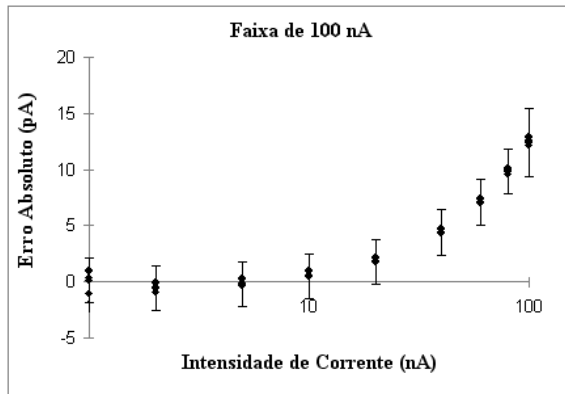


Figura 5. Resultados para a faixa de 100 nA

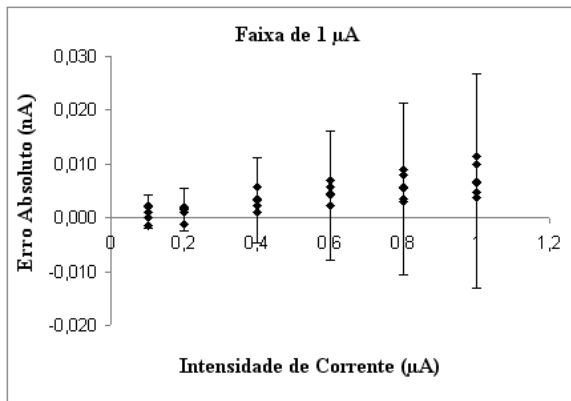


Figura 6. Resultados para a faixa de 1 μA

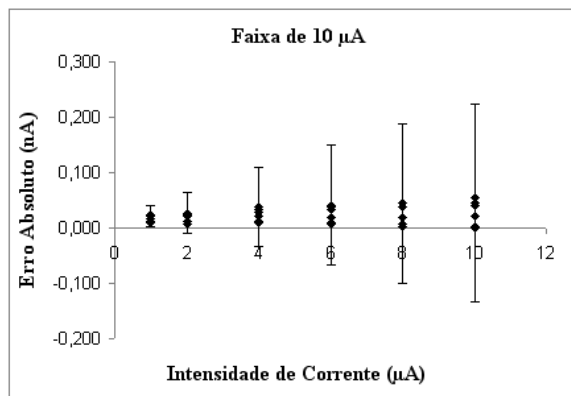


Figura 7. Resultados para a faixa de 10 μA

Observando o gráfico, verifica-se que os resultados se apresentaram repetitivos ao longo do período de testes, corroborando assim a utilização do procedimento para a calibração deste instrumento.

Além disso, em comparação com a especificação do fabricante para esta faixa de medição, nota-se que a incerteza final atribuída aos valores é coerente e encontra-se dentro dos limites atribuídos.

A tabela 1 apresenta as grandezas de influência consideradas nos testes realizados e suas respectivas incertezas.

Tabela 1. Grandezas de influência consideradas nos testes

x_i	$u(x_i)$
I_A (A)	1 nA
V_P (V)	3 μ V/V
V (V)	3 μ V/V até 50 μ V/V
R_P (Ω)	3,4 $\mu\Omega/\Omega$ até 13 $\mu\Omega/\Omega$
R_V (Ω)	44 $\mu\Omega/\Omega$
Δ_I (A)	15 μ A/A

Onde Δ_I representa os erros aleatórios associados às conexões e efeitos parasitas não eliminados e a incerteza de I_A é relativa à resolução do instrumento sob calibração.

6. CONCLUSÃO

O Laboratório de Tensão e Corrente Elétrica - Latce vem buscando melhorar seu escopo de serviço através do desenvolvimento de novos procedimentos de medição, automação dos métodos já existentes e ainda através da aquisição de novos equipamentos de medição. Para o sistema aqui proposto, já foram adquiridos resistores padrões para substituir a década resistiva utilizada nos testes, agregando assim maior confiabilidade e proporcionando a redução das incertezas apresentadas.

Além disso, já estão sendo realizados testes em outros modelos de amperímetros digitais, para a caracterização de que este procedimento tem validade em qualquer situação.

Sendo assim, com os resultados apresentados, verifica-se a viabilidade da realização deste novo serviço, atendendo assim uma demanda crescente nos últimos anos, uma vez que, principalmente para multímetros digitais, a calibração desta grandeza não estava sendo realizada na sua totalidade.

REFERÊNCIAS

- [1] L. Callegaro, V. D'Elia, P. P. Capra, A. Sosso "Techniques for Traceable Measurements of Small Currents" IEEE Trans. Instrum. Meas., vol 56, n. 2, pp. 295-299, (2007).
- [2] T. Chen, L. Liu, and H. Chua, "Voltage-burden induced errors in the detection of bridge balance," in Proc. CPEM Conf. Dig., 1998, pp. 96-97.
- [3] Keithley Instruments, Inc., "Low Level Measurements Handbook", 2006.