



## PROPOSTA PARA UNIFORMIZAR A DECLARAÇÃO DA MELHOR CAPACIDADE DE MEDIÇÃO PARA A CALIBRAÇÃO DE TRENAS

Sueli Fischer Beckert<sup>1</sup>, , Adriane Machado<sup>2</sup>, Osni de Borba<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Joinville, Brasil, [sueli@joinville.ufsc.br](mailto:sueli@joinville.ufsc.br)

<sup>2</sup> Adriane Machado, Joinville, Brasil, [adrianem@sociesc.org.br](mailto:adrianem@sociesc.org.br)

<sup>3</sup> ArcelorMittal Vega, São Francisco do Sul, Brasil, [osni\\_borba@arcelormittal.com.br](mailto:osni_borba@arcelormittal.com.br)

**Resumo:** Para a estimativa da incerteza de medição devem ser levadas em consideração as principais fontes de variação que podem afetar o resultado. O escopo de laboratórios acreditados tem demonstrado a falta de uniformidade na declaração de suas melhores capacidades de medição. Este artigo propõe as principais fontes de incerteza a serem consideradas no cálculo da incerteza expandida, destacando o efeito cumulativo e a incerteza agrupada utilizada na avaliação tipo A.

**Palavras chave:** calibração, trena, incerteza de medição

### 1. INTRODUÇÃO

A princípio, a expressão da incerteza de medição é esperada na apresentação dos resultados de uma calibração.

Desde a emissão do Guia para expressão da Incerteza de Medição [1], em 1993, e reeditado pela ISO (*Internacional Organization for Standardization*) em 1995, sua aplicação na calibração foi praticamente imediata.

Mesmo a norma ABNT NBR ISO/EC 17025: 2005 [2], que estabelece os requisitos para avaliação de laboratório, coloca como exigência a inclusão da incerteza de medição nos certificados de calibração.

Os passos para obtenção da incerteza estão relacionados tanto no ISO GUM [1], como em outros documentos normativos ou orientativos, como é o documento de referência EA 4/02.

No entanto, observando a lista de laboratórios acreditados aqui no Brasil, como em outros países, verifica-se uma forte discrepância entre as melhores capacidades de medição apresentadas pelos laboratórios, referente aos resultados de calibração de trenas.

Mesmo sendo um instrumento de simples aplicação na metrologia dimensional, ele evidencia problemas na aplicação do método para determinação da incerteza de medição.

Neste sentido, este artigo tem como objetivo propor o balanço de incerteza de medição, considerando dois aspectos que talvez sejam os causadores desta discrepância: o método de avaliação tipo A e o efeito cumulativo das incertezas.

A relevância deste tema está em apresentar uma proposta para contribuir na uniformidade do balanço de incerteza dos resultados de calibração em trena, sendo um exemplo que

possa ser aplicável a instrumentos que também necessitam considerar o efeito cumulativo.

A sequência do artigo é composta de três partes: levantamento das melhores capacidades de medição declaradas por laboratórios acreditados no Brasil, o método de calibração de trena e a proposta de balanço de incerteza de medição, utilizando como exemplo uma trena de 8 m.

Para fins deste resumo estendido, serão apresentadas as discrepâncias encontradas nas melhores capacidades de medição, e de forma simplificada o método de calibração de trena e a proposta para declaração da melhor capacidade de medição. O detalhamento das duas últimas partes, como a apresentação do estudo de caso será feito na versão final do artigo.

### 2. PESQUISA SOBRE MELHOR CAPACIDADE DE MEDIÇÃO

A melhor capacidade de medição (MCM) é definida como sendo a menor incerteza de medição que um laboratório pode conseguir no escopo sua acreditação, quando executa calibrações mais ou menos de rotina, de instrumentos de medição próximos do ideal destinada a medição dessa grandeza [3]. Ainda de acordo com o EA 4/02, a avaliação da melhor capacidade de medição de laboratórios de calibração acreditados deve ser baseada no método nele descrito, mas deveria ser normalmente sustentada ou confirmada por evidência experimental.

Conforme o site do Inmetro [4], atualmente existem 45 laboratórios acreditados para calibração de trena, com faixas de medição que variam de 5m a 200m. Destes, foram selecionados 40 laboratórios para avaliação das capacidades de medição nos comprimentos de 2 m, 10 m e 30 m.

A Tabela 1 estratifica os laboratórios por melhor capacidade de medição declarada, sendo avaliados 3 comprimentos: 2m, 10 m e 30 m. Através da Tabela 1, é possível comprovar diferenças significativas nos valores apontados pelos laboratórios. Também é importante destacar que 9 laboratórios apresentaram a mesma capacidade de medição para a faixa cadastrada em seu escopo.

Fazendo uma análise adicional no escopo de 13 laboratórios acreditados junto a Associação Americana (A2LA), verifica-se a mesma dispersão na declaração da

melhor capacidade de medição. Considerando a aplicação do mesmo método de medição por parte dos laboratórios (comparação com régua graduada ou similar), os laboratórios declararam para o comprimento de 2 m, valores de 0,2 mm até 1,7 mm de incerteza de medição. E para o comprimento de 10 m, esta dispersão ficou entre 0,2 mm e 6 mm.

**Tabela 1. Melhor capacidade expressa pelo Laboratórios Acreditados**

MCM (mm)	Comprimento 2m		Comprimento 10 m		Comprimento 30	
	Qtd	%	Qtd	%	Qtd	%
Até 0,2	26	65	5	14	3	13
0,2 -  0,4	12	30	15	42	5	21
0,5 - 1,0	2	5	15	42	6	25
1,0 - 2,0	-	-	-	-	9	38
>2,0	-	-	1	3	1	4
Total	40		36		24	

De acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 [2], é necessário que as principais fontes de incerteza sejam consideradas, o que pode ser uma das causas de variação entre as melhores capacidades de medição entre os laboratórios.

Com base no regulamento técnico de medidas materializadas 145/99 [5], tem-se que o erro máximo admissível para trenas Classe I é de  $\pm(0,1 + 0,1L)$ mm e para trenas Classe II é de  $\pm(0,3 + 0,2L)$ mm, sendo “L” o comprimento medido em m. Como ocorre um acréscimo nos erros máximos admissíveis do equipamento, é possível estabelecer a melhor capacidade de medição com base no comprimento medido.

### 3. MÉTODO DE CALIBRAÇÃO DE TRENA E COMPONENTES DE INCERTEZA DE MEDIÇÃO

Em geral, as trenas são calibradas por comparação com uma régua graduada, sendo a diferença entre os comprimentos medida com uma lupa ou outro recurso óptico que permita a ampliação da imagem. As réguas graduadas possuem um comprimento usual de 2m, o que exige o reposicionamento da trena sobre ela, no caso de comprimentos maiores. As medições são realizadas no meio do traço da trena e da régua. A utilização da lateral pode comprometer a medição, pois o padrão e o mensurando normalmente possuem espessuras de traço distintas. Um aspecto a ser considerado é quantidade de ciclos a serem realizados. Como o processo de medição no reposicionamento da trena é similar do início ao final da calibração da trena, não é necessário mais do que dois ciclos de medição.

Como fontes de incerteza de medição para o primeiro posicionamento, devem ser consideradas: a incerteza dos padrões, a resolução aplicada para a leitura das medidas e a repetitividade das medições.

Para os comprimentos reposicionados, deve-se considerar adicionalmente a incerteza até o comprimento anterior, e a incerteza devido a falta de concordância entre a trena reposicionada e o início da régua graduada.

### 4. BALANÇO DE INCERTEZA DE MEDIÇÃO

O procedimento, passo a passo, para o cálculo da incerteza de medição está apresentado no documento EA 4/02 [3], com as orientações para estimativa da incerteza de medição expandida. Na calibração da trena, são estabelecidos dois modelos matemáticos:

a) para o primeiro posicionamento da trena sobre a régua graduada:

$$y = D - C_p + C_R \quad (1)$$

b) para os demais reposicionamentos:

$$y = D - C_p + C_1 + E_{ac} \quad (2)$$

onde:

D = diferença entre a posição na trena e na régua-graduada;

$C_p$  = Correção do padrão na indicação marcada na régua-graduada;

$C_R$  = correção devido a resolução da lupa;

$C_1$  = correção devido ao reposicionamento da trena na posição inicial da régua-graduada;

$E_{ac}$  = erro acumulado da trena no final da escala da régua (normalmente na posição de 2m).

A incerteza-padrão das fontes de incerteza de medição são dadas por:

a)  $u_{(D)}$  = desvio-padrão da média, sendo utilizado o desvio-padrão agrupado no qual são levados em consideração todos os desvios-padrão obtidos nas medições replicadas;

b)  $u_{(C_p)}$  =  $U/k$ , sendo U a incerteza expandida obtida na calibração da régua e da lupa-graduada, e k o coeficiente de correlação, descritos nos respectivos certificados de calibração;

c)  $u_{(R)}$  =  $u_{(l)}$  = resolução da lupa/ $\sqrt{3}$ , sendo considerada uma distribuição retangular;

d)  $u_{(E_{ac})}$  = incerteza combinada até a medição anterior, considerando os respectivos graus de liberdade obtidos.

Com a aplicação dos dois modelos, verifica-se que a manutenção do valor da incerteza para as faixas superiores não é possível de ser mantida.

Para o artigo completo, será apresentado um estudo de caso, incluindo os dados originais da calibração, a sistemática para a correção dos padrões e as diferentes incertezas combinadas, para obtenção da incerteza expandida até a faixa de 30 m.

### 5. CONCLUSÕES

Com base nos estudos realizados e nos resultados obtidos, é possível verificar que existem diferenças na incerteza de medição, de acordo com a faixa de medição avaliada. Dependendo do recurso óptico utilizado para medir a diferença entre a régua e padrão, ainda assim existirá o efeito da qualidade dos traços na repetitividade.

Considera-se que este trabalho possa contribuir para a uniformização da apresentação das melhores capacidades de medição. E permitir que melhorias na apresentação do modelo matemático possam ser feitas e testadas.

## REFERÊNCIAS

- [1] BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML. *Guia para expressão da incerteza de medição*. 3ª. Edição brasileira. Rio de Janeiro: ABNT, INMETRO, 2003.
- [2] Associação Brasileira de Normas Técnicas. *ABNT NBR ISO/IEC 17025: Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração*. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- [3] EA Task Force Committee 2. EA 4/02: Expressão da incerteza de medição na calibração. Versão brasileira. Rio de Janeiro: Inmetro, ABNT, SBM, 1999.
- [4] [www.inmetro.gov.br](http://www.inmetro.gov.br). Relação dos laboratórios acreditados. Disponível em [http://www.inmetro.gov.br/laboratorios/rbc/consulta\\_servico.asp](http://www.inmetro.gov.br/laboratorios/rbc/consulta_servico.asp). Acessado em abril 2011.
- [5] Inmetro. Portaria 145: Regulamento técnico de medidas materializadas de comprimento, de 30 de dezembro de 1999.