



Capacidade de Medição e Calibração: uma ferramenta para seleção de serviços de calibração.

*Sueli Fischer Beckert*¹, *Germano Augusto. Metzner de Andrade*²

¹ Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, Brasil, sueli.f@ufsc.br

² Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, Brasil, germano.metzner@gmail.com

Resumo: A necessidade de realizar as calibrações para que se possa avaliar adequadamente os erros máximos admissíveis estabelecidos para os instrumentos de medição, exige que os laboratórios estabeleçam a Capacidade de Medição e Calibração (CMC) de forma coerente e referenciada em documentos normativos válidos e atualizados, quando disponíveis. Este artigo traz uma análise crítica sobre CMC disponibilizadas pelos laboratórios acreditados, e faz considerações para que haja maior uniformidade em sua apresentação.

Palavras chave: Capacidade de Medição e Calibração, CMC.

1. INTRODUÇÃO

Entre os requisitos relacionados na ISO 9001, norma esta que trata dos sistemas de gestão da qualidade nas organizações, o item 7.6 contempla os requisitos técnicos necessários a serem observados no controle de equipamentos de monitoramento e medição. Mesmo considerando a necessidade de realização da análise dos sistemas de medição, esta norma apresenta maior destaque na comprovação metrológica dos equipamentos, ao abordar aspectos como calibração, verificação, rastreabilidade metrológica, ajuste, identificação, manuseio, entre outros.

De acordo com o Vocabulário Internacional de Metrologia - VIM [1], calibração é uma "operação que estabelece, sob condições especificadas, numa primeira etapa, uma relação entre os valores e as incertezas de medição fornecidos por padrões e as indicações correspondentes com as incertezas associadas; numa segunda etapa, utiliza esta informação para estabelecer uma relação visando a obtenção dum resultado de medição a partir duma indicação". Ele destaca que a calibração não deve ser confundida com o ajuste dum sistema de medição, frequentemente denominado de maneira imprópria de "auto-calibração", nem com a verificação da calibração. Em geral, a calibração é uma comparação com um padrão mais preciso e exato, que possui rastreabilidade metrológica a um padrão nacional ou internacional. Com o objetivo de diagnosticar tendências, calibrações periódicas são requeridas para os instrumentos de medição, passando a ser um importante elemento em qualquer sistema da qualidade. Procedimentos adequados de calibração devem ser adotados, de forma que as incertezas de medição resultantes não

comprometam a avaliação quanto ao atendimento (ou não) aos erros máximos admissíveis.

Para auxiliar as organizações na seleção de serviços de calibração, os laboratórios acreditados devem informar sua melhor capacidade de medição e calibração (CMC).

Este artigo tem como objetivo realizar uma análise crítica na forma como as capacidades de medição e calibração são apresentadas nos escopo dos laboratórios acreditados, buscando verificar se as mesmas atendem aos requisitos metrológicos dos equipamentos de medição. Como estudo de caso, é avaliada a CMC de micrômetros externos, em diferentes faixas de medição.

O artigo está estruturado, inicialmente apresentando uma fundamentação teórica sobre CMC e sobre a calibração de micrômetro externo. Na sequência, são exploradas as CMC deste equipamento em diferentes redes nacionais de calibração, realizando uma análise sobre os dados obtidos. Por fim, são realizadas as considerações, relacionando os aspectos que devem ser observados na especificação da CMC.

2. CAPACIDADE DE MEDIÇÃO E CALIBRAÇÃO

A rastreabilidade metrológica é disseminada na indústria por laboratórios de calibração acreditados e pelos próprios institutos nacionais de metrologia (NMI). Esta rastreabilidade busca a confiabilidade nas medições em todo o mundo. No passado, os serviços prestados por laboratórios de calibração acreditados eram relacionados em seus escopos de serviços acreditados juntamente com sua "melhor capacidade de medição". A melhor capacidade de medição era definida como menor incerteza de medição que um laboratório pode atingir no escopo da sua acreditação, quando efetua calibrações mais ou menos rotineiras de padrões de medição próximos do ideal, destinados a definir, realizar, conservar ou reproduzir uma unidade de uma grandeza ou um ou mais de seus valores; ou quando realiza calibrações mais ou menos rotineiras de instrumentos de medição próximos do ideal projetados para a medição daquela grandeza [2]. Os NMIs tinham uma descrição semelhante dos serviços prestados aos seus clientes, mas usavam o termo "capacidade de medição e calibração".

Buscando harmonizar e melhorar a cooperação entre as comunidades, o ILAC (*International Laboratory*

Accreditation Cooperation) decidiu fazer uma mudança na terminologia utilizada, após um acordo realizado com o BIPM (*International Bureau of Weights and Measures*). Uma circular [3] emitida para todos membros do ILAC considerava, em 2009, a implementação do termo Capacidade de Medição e Calibração (CMC) ao longo dos dois anos seguintes. Desta forma, os organismos de acreditação começaram a alterar suas normas de referência e adotar esta terminologia no escopo de serviço dos laboratórios acreditados. Em 2013, o ILAC emitiu o documento ILAC-P14 [4], buscando assegurar uma interpretação adequada do Guia para Expressão da Incerteza de Medição (GUM) e o uso consistente de CMC por organismos membros da ILAC.

De acordo com o documento ILAC-P14 [4], CMC é a capacidade de medição e calibração disponibilizada para os clientes em condições normais:

- a) conforme descrito no escopo de serviços do laboratório acreditado por um signatário do Acordo de reconhecimento mútuo do ILAC; ou
- b) conforme publicado no banco de dados das comparações chaves do BIPM.

Para os laboratórios de calibração acreditados pela Coordenação Geral de Acreditação - CGCRE, a CMC é definida como a menor incerteza de medição que um laboratório pode obter quando realiza calibrações ou medições dentro do escopo da sua acreditação [5]. A CMC está publicada no escopo de acreditação do laboratório de calibração no site do Inmetro (<http://www.inmetro.gov.br/laboratorios/rbc/>), de acordo com o serviço prestado. No caso do laboratório de calibração utilizar mais de um método para realizar uma determinada calibração ou medição em uma determinada faixa, a respectiva CMC se refere ao método pelo qual o laboratório obtém a menor incerteza de medição nesta faixa.

A política do ILAC estabelece que a estimativa da incerteza de medição, e consequentemente da CMC, deve estar em acordo com o Guia para a expressão da Incerteza de Medição - GUM [6]. Na Europa, o documento EA-4/02 M [7] é referência para estimativa da incerteza da medição nas calibrações. No Brasil, o documento NIT-DICLA-021 [8] estabelece os requisitos para avaliação e expressão da incerteza de medição e para CMC a serem cumpridos pelos laboratórios de calibração acreditados. Este documento também apresenta orientações e exemplos para a expressão da CMC.

A CMC pode ser expressa nas seguintes formas [8]:

- a) Um valor individual, que é válido para toda a faixa de medição à qual se refere;
- b) Uma faixa de valores. Neste caso os procedimentos e/ou planilhas de incerteza de medição do laboratório devem descrever a forma como é feita a interpolação para determinar os valores intermediários da CMC nesta faixa de valores;
- c) Uma função explícita do mensurando; ou

- d) Uma matriz onde os valores da incerteza de medição dependem de valores do mensurando e de parâmetros adicionais.

Adicionalmente, o ILAC estabelece os seguintes requisitos a serem observados na elaboração do escopo de acreditação de laboratórios de calibração [4]:

- a) A CMC deve ser expressa como uma incerteza expandida com probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A CMC deve ser sempre expressa na unidade do mensurando ou como um termo relativo ao mensurando, por exemplo, um percentual;
- b) Para determinação da CMC, os laboratórios de calibração devem dispor de evidências de que são capazes de fornecer a seus clientes calibrações para as quais a incerteza de medição seja igual à sua CMC. Na determinação da CMC, os laboratórios devem levar em conta o desempenho do “melhor dispositivo existente” para o tipo de calibração em questão. O “melhor dispositivo existente” é entendido como um dispositivo a ser calibrado ou medido que esteja disponível aos clientes do laboratório ou ao laboratório, comercialmente ou de alguma outra forma, mesmo se o dispositivo particular que for considerado na CMC tiver um desempenho especial ou um longo histórico de calibrações;
- c) A CMC deve incluir a contribuição para a incerteza oriunda da repetibilidade e convém que inclua contribuições oriundas da reprodutibilidade, quando disponíveis. Convém, entretanto, que a CMC não inclua contribuições oriundas de imperfeições que existam mesmo no melhor dispositivo que seja calibrado;
- d) Para algumas calibrações o “melhor dispositivo existente” na realidade não existe e/ou as contribuições para a incerteza oriundas do dispositivo afetam significativamente a incerteza. Neste caso, se tais contribuições para a incerteza oriundas do dispositivo puderem ser separadas de outras contribuições, o laboratório pode excluir estas contribuições da CMC. Neste caso, o escopo de acreditação do laboratório deve identificar claramente que as contribuições oriundas do dispositivo não estão incluídas na CMC;
- e) Se um laboratório fornece valores de referência, a CMC deve ser baseada na análise do desempenho inerente do método em amostras típicas estáveis e homogêneas.

Em nota no documento NIT-DICLA-021 [8], a Divisão de Acreditação de Laboratórios (DICLA/INMETRO) salienta que, de acordo com a definição de capacidade de medição e calibração, este conceito só é aplicável a resultados para os quais o laboratório reivindica sua condição de laboratório acreditado. Então, estritamente falando, o termo tem um caráter administrativo e não necessariamente precisa refletir a real capacidade técnica do

laboratório. É possível que um laboratório solicite a acreditação para uma CMC maior que sua capacidade técnica se o laboratório tiver razões para isso. Tais razões usualmente envolvem, por exemplo:

- a) casos em que o laboratório utilize estimativas mais conservadoras de contribuições para a incerteza de medição;
- b) decisão do laboratório de assumir condições técnicas de contorno que simplifiquem seus procedimentos;
- c) casos em que a obtenção de incertezas menores que a CMC requeiram cuidados especiais que gerariam custos adicionais e encareceriam sobremaneira o serviço;
- d) casos onde a capacidade real do laboratório tenha que ser mantida confidencial para o público em geral, por exemplo, quando o laboratório estiver fazendo pesquisa e desenvolvendo ou quando fornece serviços para clientes especiais.

O relatório gerado pelo grupo de trabalho formado por representantes do BIPM e ILAC, que se encontra anexo ao documento ILAC-P14 [4], descreve que, de acordo com a CMC, a medição ou calibração deve ser:

- a) realizada de acordo com um procedimento documentado e ter um balanço de incerteza instituído no âmbito do sistema de gestão do laboratório acreditado;
- b) realizada com regularidade (sob pedido ou programadas); e
- c) disponível para todos os clientes.

Em conformidade com a ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 [9], o laboratório deve utilizar métodos de calibração que atendam às necessidades do cliente e que sejam apropriados para as calibrações que realiza. Recomenda ainda, que devem ser utilizados métodos publicados em normas internacionais, regionais ou nacionais em sua última edição válida. Também podem ser selecionados métodos apropriados que tenham sido publicados por organizações respeitáveis, em textos ou jornais científicos relevantes ou especificados pelo fabricante.

No Guia para aplicação da norma ISO/IEC 17025 emitido pelo Instituto Português de Acreditação IPAC [10] é estabelecido que, em geral, não podem ser considerados para efeitos de acreditação métodos executados segundo versões obsoletas de métodos normalizados e atualizados. A Associação Canadense para Acreditação de Laboratórios - CALA [11] segue a regra similar. Para essas organizações, a utilização de métodos obsoletos é restrita a disposições legais e por tempo determinado. O Organismo Nacional de Acreditação da Alemanha - DAkkS [12], disponibiliza um conjunto de diretrizes a serem observadas na calibração de instrumentos convencionais de diferentes áreas, tais como dimensional, força, torque, pressão e temperatura.

Para Associação Americana para Laboratórios Acreditados - A2LA [13], a aplicação de métodos internos

não é adequada quando da existência de métodos normalizados. E havendo a aplicação de métodos próprios, os mesmos necessitam ser validados.

Observa-se que a ISO/IEC 17025 prioriza a utilização de métodos normalizados ou reconhecidos, podendo haver uma melhor uniformização nos escopos dos serviços ofertados pelos laboratórios acreditados. As exceções a esta regra são permitidas quando a utilização da última edição da norma não seja apropriada ou possível. Quando um documento obsoleto for aplicado, este deve ser incluído com cuidado na documentação do laboratório, e claramente identificado, para evitar seu uso como versão atualizada. Também quando clientes fizerem a solicitação de uso de método inadequado, o laboratório deve notificar o cliente das limitações sobre a aplicabilidade dos resultados que serão obtidos, antes de efetivamente executar o serviço solicitado.

Quanto às necessidades de calibração, destaca-se o requisito 7.6 da ABNT NBR ISO 9001:2008 [14], que estabelece a necessidade de calibração e verificação dos instrumentos de medição, quando os mesmos devem assegurar resultados válidos.

De acordo com a ABNT NBR ISO 10012:2004 [15], a comprovação metrológica é definida como conjunto de operações necessárias para assegurar que um equipamento de medição atende aos requisitos do seu uso pretendido. A comprovação metrológica normalmente inclui a calibração e verificação e qualquer ajuste necessário. Os requisitos para o uso pretendido incluem considerações como amplitude, resolução e o erro máximo admissível. Os requisitos de comprovação metrológica são normalmente distintos dos requisitos do produto.

Em geral, os erros máximos admissíveis devem ser especificados de acordo com características do instrumento que está sendo calibrado, levando em conta os seus aspectos normativos ou especificações do fabricante. Não é conveniente confundir os desvios permitidos para um instrumento de medição com os critérios de adequação ao uso de um instrumento calibrado e verificado.

Neste sentido, no processo de comprovação metrológica de um instrumento de medição, deve haver coerência entre os métodos de calibração aplicados com a estimativa da melhor capacidade de medição e calibração, afim de serem compatíveis para comparar os resultados da calibração com os erros máximos admissíveis estabelecidos para o equipamento.

3. AVALIAÇÃO DA CMC: UM ESTUDO DE CASO PARA O MICRÔMETRO EXTERNO

Para que uma calibração possa ser conduzida de forma apropriada, é importante que sejam observadas as necessidades de comprovação metrológica de um instrumento de medição, levando em consideração os erros máximos admissíveis estabelecidos em normas ou especificações de fabricante. Para isto, o uso de métodos normalizados é relevante, pois requer a realização de calibrações compatíveis para o uso pretendido do

instrumento de medição; e por consequência apresenta incertezas de medição coerentes.

Como estudo de caso, é apresentada uma análise sobre as CMC especificadas por diferentes laboratórios acreditados de diferentes redes nacionais para o serviço de calibração de micrômetro externo (Fig. 1.), especificamente para o parâmetro Tendência. De acordo com o VIM [1], tendência é definida como a estimativa do erro sistemático. Estes resultados foram comparados com o balanço de incerteza baseada na condução de métodos de calibração recomendados em normas ou documentos reconhecidos.



Fig. 1. Micrômetro externo com faixa de 0-25 mm
Fonte: Mitutoyo (www.mitutoyo.com.br)

O Anexo C da norma NBR NM ISO 3611:1997 [16] descreve que a tendência do micrômetro externo normalmente é verificada por meio de leituras em uma série de blocos-padrão, cujas dimensões permitam que o fuso seja avaliado em voltas completas e também em posições intermediárias. Para calibração de um micrômetro externo com faixa de medição de 0 a 25 mm, a série clássica é composta pelos seguintes blocos-padrão: 2,5 - 5,1 - 7,7 - 10,3 - 12,9 - 15,0 - 17,6 - 20,2 - 22,8 - 25 mm, conforme ilustrado na Fig. 2.



Fig. 12. Jogo de blocos-padrão para calibração de micrômetro externo
Fonte: Mitutoyo (www.mitutoyo.com.br)

A versão atualizada da ISO 3611:2010 [17] considera que a tendência pode ser testada com instrumentos ou medidas materializadas com incertezas adequadas. Para a diretriz DAKK-S-DKD-R 4-3 Blatt 10.1 [18], para micrômetros externos com faixas de medição maiores, é conveniente o uso de máquina de medição longitudinal. Nesta diretriz, são relacionadas como fontes de variação, as incertezas de medição provenientes do padrão utilizado, das condições ambientais (principalmente temperatura) e do próprio micrômetro.

A A2LA exemplifica como fontes de incerteza de medição na calibração de um micrômetro na faixa de 0 a 1" [19]: o bloco-padrão, a resolução do instrumento de medição, coeficiente de dilatação linear e a diferença de temperatura entre padrão e mensurando. Flack [20] ainda considera como fontes de incerteza de medição a tendência não corrigida dos padrões e a repetibilidade.

Considerando a calibração sendo realizada com a utilização de blocos-padrão, na Tab. 1. é exemplificado o balanço de incertezas para a tendência de um micrômetro externo digital com resolução de 0,001 mm e faixa de medição de 0 a 25 mm. São levadas em consideração as condições normais de operação de um laboratório de calibração, onde são contempladas as seguintes fontes de incerteza de medição:

- Repetibilidade, considerando uma série de 3 medições, sendo obtidas medidas iguais;
- Resolução do instrumento de medição: 0,001 mm;
- Incerteza do bloco-padrão de 25 mm: $U = 0,06 \mu\text{m}$ $k = 2$;
- Tendência não corrigida do bloco-padrão de 25 mm: $\pm 0,14 \mu\text{m}$;
- Diferença de temperatura entre padrão e mensurando: $\pm 0,3 \text{ }^\circ\text{C}$, sendo atribuído para padrão e mensurando o coeficiente de dilatação linear de $11,5 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$;
- Dúvida do coeficiente de dilatação linear atribuído ao padrão e mensurando: $\pm 2,0 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, com variações de temperatura de $\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ em relação à $20 \text{ }^\circ\text{C}$;

Com base na Tabela 1, verifica-se que a incerteza de medição obtida, em condições controladas de calibração, foi $U = 0,6 \mu\text{m}$ $k = 2,00$.

Tabela 1. Balanço de incerteza de medição para um micrômetro externo com faixa de medição de 0 a 25 mm

Componente de Incerteza (x_i)	Valor	Divisor	$u(x_i)$	Distribuição	c_i	$u_i(y)$ (μm)	v_i
Repetibilidade (x_1)	0,00 μm	$\sqrt{3}$	0,00 μm	t	1	0,00	2
Resolução (x_2)	0,5 μm	$\sqrt{3}$	0,29 μm	Retangular	1	0,29	∞
Incerteza do Bloco-padrão (x_3)	0,06 μm	2	0,03 μm	Normal	1	0,03	∞
Tendência não corrigida do Bloco-padrão (x_4)	0,14 μm	$\sqrt{3}$	0,08 μm	Retangular	1	0,08	∞
Diferença de temperatura entre padrão e mensurando (x_5)	0,3 $^\circ\text{C}$	$\sqrt{3}$	0,17 $^\circ\text{C}$	Retangular	25 mm*1000 * $11,5 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$	0,05	∞
Dúvida do Coeficiente de dilatação linear (x_6)	$\pm 2,0 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \times 2 \text{ }^\circ\text{C}$	$\sqrt{3} \times \sqrt{6}$	$9,4 \times 10^{-7}$	-----	25 mm*1000	0,02	∞
Incerteza padrão $u(y)$						0,31	$v_{\text{eff}} > 50$
Incerteza expandida U						0,6	k = 2,00

Na Tabela 2, é exemplificado o balanço da incerteza de medição para a tendência de um micrômetro externo centesimal com resolução adotada de 0,001 mm e faixa de medição de 200 a 225 mm, para o qual foram consideradas as seguintes fontes de incerteza:

- Repetibilidade, considerando uma série de 3 medições, quando foram obtidas as seguintes medidas: 225,001 mm - 225,002 mm e 225,001 mm;
- Resolução adotada do instrumento de medição: 0,001 mm;
- Incerteza do bloco-padrão de 25 mm: $U = 0,06 \mu\text{m}$ $k = 2$;
- Tendência não corrigida do bloco-padrão de 25 mm: $\pm 0,14 \mu\text{m}$;

- Diferença de temperatura entre padrão e mensurando: $\pm 0,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$, sendo atribuído para padrão e mensurando o coeficiente de dilatação linear de $11,5 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$;
- Dúvida do Coeficiente de dilatação linear atribuído ao padrão e mensurando: $\pm 2,0 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, com variações de temperatura de $\pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ em relação à $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- Incerteza do bloco-padrão de 200 mm: $U = 0,5 \mu\text{m}$ $k = 2$;
- Tendência não corrigida do bloco-padrão de 200 mm: $\pm 0,5 \mu\text{m}$.

Tabela 2. Balanço de incerteza de medição para um micrômetro externo com faixa de medição de 200 a 225 mm

Componente de Incerteza (x_i)	Valor	Divisor	$u(x_i)$	Distribuição	c_i	$u_i(y) (\mu\text{m})$	v_i
Repetibilidade (x_1)	0,58 μm	$\sqrt{3}$	0,33 μm	t	1	0,33	2
Resolução adotada (x_2)	1,0 μm	$\sqrt{3}$	0,58 μm	Retangular	1	0,58	∞
Incerteza do Bloco-padrão (x_3)	0,06 μm	2	0,03 μm	Normal	1	0,03	∞
Tendência não corrigida do Bloco-padrão (x_4)	0,14 μm	$\sqrt{3}$	0,08 μm	Retangular	1	0,08	∞
Diferença de temperatura entre padrão e mensurando (x_5)	0,3 $^{\circ}\text{C}$	$\sqrt{3}$	0,17 $^{\circ}\text{C}$	Retangular	225 mm*1000 * $11,5 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$	0,45	∞
Dúvida do Coeficiente de dilatação linear (x_6)	$\pm 2,0 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \times 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\sqrt{3} \times \sqrt{6}$	$9,4 \times 10^{-7}$	-----	225 mm*1000	0,21	∞
Incerteza do Bloco-padrão de 200 mm (x_7)	0,5 μm	2	0,25 μm	Normal	1	0,25	∞
Tendência não corrigida do Bloco-padrão de 200 mm (x_8)	0,5 μm	$\sqrt{3}$	0,29 μm	Retangular	1	0,29	∞
Incerteza padrão $u(y)$						0,92	$v_{\text{eff}} > 50$
Incerteza expandida U						1,9	k=2,00

Com base na Tabela 2, verifica-se que a incerteza de medição obtida, em condições controladas de calibração, foi $U = 1,9 \mu\text{m}$ $k = 2,00$.

Em uma consulta aos escopos de laboratórios acreditados em diferentes organismos acreditadores, foram verificados os resultados apresentados na Tabela 3, para CMC da tendência do micrômetro externo.

Tabela 3. CMC para micrômetro externo

Organismo Acreditador	Comprimento (mm)	CMC (μm)
UKAS [21]	25	1 a 1,5
	225	2,2 a 2,8
	600	4 a 5,8
DAkkS [22]	25	3,3
	225	5,3
	600	11,0
CGCRE [23]	25	0,3 a 3,0
	225	0,5 a 6,0
	600	0,5 a 9,0

Em análise às CMCs de laboratórios acreditados pela A2LA [24], também observou-se uma variabilidade entre os valores apresentados, como também na forma. O u seja, em alguns laboratórios a apresentação da CMC é com base na resolução do micrômetro, em outros laboratórios a CMC é declarada para os parâmetros metrológicos (indicação, planeza e paralelismo). Outros laboratórios indicam a CMC em função do tipo de indicação, se analógica ou digital. Em levantamento realizado em alguns laboratórios, pode-se observar variações na CMC de 0,2 μm a 5,9 μm para a tendência em micrômetros com faixa de medição de 0 a 25 mm; e para um comprimento de 225 mm foram observadas variações de 2,6 μm a 7,4 μm para a CMC.

Em consulta a NBR NM ISO 3611:1997 [16], são estabelecidos erros máximos admissíveis de $\pm 4 \mu\text{m}$ para faixa de 0 a 25 mm do micrômetro, e $\pm 8 \mu\text{m}$ para a faixa de 200 a 225 mm.

Outro aspecto a ser considerado é, para que as regras de rastreabilidade metrológica sejam mantidas, é necessário que as incertezas dos padrões utilizados na calibração sejam apropriadas, preferencialmente em uma relação de 3 a 10 vezes mais preciso que a necessidade dos resultados para o

instrumento sujeito a calibração [25-26]. Uma regra comum de aplicação é a relação 4:1, ou seja, é desejável que os padrões sejam, pelo menos, 4 vezes mais preciso que os erros máximos admissíveis estabelecidos para o instrumento [26].

A variabilidade observada na Tabela 3, é decorrente dos padrões utilizados, da resolução adotada, das condições ambientais e da repetibilidade considerada. Alguns laboratórios colocam na avaliação da CMC também as estimativas para o erro de planeza e paralelismo das faces de medição do micrômetro.

Neste sentido, a consulta aos escopos de calibração dos laboratórios acreditados pode se tornar uma tarefa penosa para o usuário, uma vez que ele não consegue identificar as fontes de incerteza contempladas e como isto pode ser significativamente diferente para o instrumento que ele necessita calibrar.

Por isso, é condição indispensável a utilização de documentos normativos válidos. Adicionalmente, na contratação do serviço de calibração, é necessário que o laboratório deixe claro em que condições a CMC foi estabelecida, para que o cliente possa ter uma orientação de qual é incerteza de medição mínima que ele poderá obter no instrumento sujeito a calibração. Por exemplo, não será possível a obtenção de uma incerteza de medição de 0,6 μm em um micrômetro centesimal, onde será aplicada uma resolução de 0,001 mm ou de 0,002 mm. Assim, uma das formas mais eficientes para informar os clientes quanto a melhor capacidade de medição, é disponibilizar no site do laboratório, as fontes de incerteza consideradas na estimativa da CMC e o método de calibração adotado. Adicionalmente, a recomendação seria que a CMC fosse apresentada para as diferentes resoluções comercialmente encontradas no mercado, com o objetivo de deixar claro a menor incerteza que o laboratório poderá obter. As calibrações são realizadas para que se possa avaliar se as características metrológicas para as quais o instrumento foi desenvolvido, continuam sendo mantidas.

Uma vez que o laboratório segue as orientações de calibração, estabelecidas em documentos normativos válidos e atualizados, as fontes de incerteza provenientes dos padrões e condições ambientais tem suas variações limitadas nos mesmos. Isto representa que deveria haver menor variabilidade na CMC obtidas entre laboratórios. Por fim, o laboratório deve estabelecer suas práticas de acordo com documentos válidos e que atendam as especificações dadas para os instrumentos de medição, independente disto tornar o método de calibração mais oneroso. É importante destacar que as calibrações são realizadas para que se possa avaliar se as características metrológicas, para as quais o instrumento foi desenvolvido, continuam sendo mantidas.

4. CONCLUSÃO

O efeito da precisão nos resultados da calibração deve ser tão pequeno quanto possível. As fontes de incerteza provenientes dos padrões utilizados, ambiente, método, repetibilidade e do próprio instrumento sujeito a calibração, devem ser minimizadas e de acordo com as orientações

dadas em documentos normativos válidos e atualizados, assegurando ao cliente que o método de calibração adotado está conforme e que permitirá que seja comparado o resultado da calibração com o erro máximo admissível do instrumento de medição. Neste sentido, também as CMC disponibilizadas pelos laboratórios acreditados serão coerentes e mais convergentes.

REFERÊNCIAS

- [1] Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO. *Vocabulário Internacional de Metrologia: conceitos fundamentais e gerais de termos associados (VIM 2012)*. INMETRO. Rio de Janeiro, 2012. Traduzido de: *International Vocabulary of Metrology: basic and general concepts and associated terms – JCGM 200:2012*. 3rd. ed. 2012.
- [2] EA Task Force Committee 2. *EA 4/02: Expressão da incerteza de medição na calibração*. Versão brasileira. Inmetro, ABNT, SBM. Rio de Janeiro, 1999.
- [3] Circular para todos os membros do ILAC em 20/09/2009. Disponível em https://www.ilac.org/documents/2009-08-20_BMC%20to%20CMC%20Circular.pdf.
- [4] International Laboratory Accreditation Cooperation - ILAC. *ILAC-P14: ILAC Policy for Uncertainty in Calibration*. ILAC. 2013. Disponível em https://www.ilac.org/documents/ILAC_P14_01_2013.pdf.
- [5] Coordenação Geral de Acreditação - CGCRE. *DOQ-CGCRE-020: Definições de Termos utilizados Nros Documentos relacionados à Acreditação de Laboratórios, Produtores de Materiais de Referência e Provedores de Ensaio de Proficiência*. CGCRE. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em http://www.inmetro.gov.br/Sidoq/Arquivos/Cgcre/DOQ/DOQ-Cgcre-20_06.pdf.
- [6] BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML. *Guia para expressão da incerteza de medição*. 3ª. Edição brasileira. ABNT, INMETRO., Rio de Janeiro, 2003.
- [7] European Co-operation for Accreditation. *EA-4/02 M: Evaluation of the Uncertainty of Measurement In Calibration*. EA. 2013. Disponível em <http://www.european-accreditation.org/publication/ea-4-02-m>.
- [8] Divisão de Acreditação de Laboratórios - DICLA. *NIT-DICLA-021: Expressão da Incerteza de Medição por Laboratórios de Calibração*. DICLA. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em http://www.inmetro.gov.br/sidoq/arquivos/Dicla/NIT/NIT-Dicla-21_09.pdf.
- [9] Associação Brasileira de Normas Técnicas. *ABNT NBR ISO/IEC 17025: Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração*. ABNT. Rio de Janeiro, 2005.
- [10] Instituto Português de Acreditação - IPAC. *OGC001: Guia para a Aplicação da NP EN ISO/IEC 17025*. IPAC. 2010. Disponível em <http://www.ipac.pt/docs/publicdocs/regras/OGC001.pdf>.
- [11] Canadian Association for Laboratory Accreditation - CALA. *P07 – CALA Application of Requirements in ISO/IEC 17025:2005*. CALA. 2014. Disponível em http://www.cala.ca/P07-CALA_Application.pdf.

- [12] Deutsche Akreditierungsstelle - DAkkS. http://www.dakks.de/doc_kalibrier.
- [13] American Association for Laboratory Accreditation - A2LA. <http://www.a2la.org/faq/faqfinder170252005.cfm>.
- [14] Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. *ABNT NBR ISO 9001: Sistemas de gestão da qualidade - Requisitos*. ABNT. Rio de Janeiro, 2008.
- [15] Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. *ABNT NBR ISO 10012: Sistemas de gestão de medição - Requisitos para os processos de medição e equipamentos de medição*. ABNT. Rio de Janeiro, 2004.
- [16] Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. *ABNT NBR NM ISO 3611: Micrômetro para medições externas*. ABNT. Rio de Janeiro, 1997.
- [17] International Organization for Standardization - ISO. *ISO 3611: Geometrical product specifications (GPS) - Dimensional measuring equipment: Micrometers for external measurements -- Design and metrological characteristics*. ISO. Geneve, 2010.
- [18] Deutsche Akreditierungsstelle - DAkkS. *DAkkS-DKD-R 4-3 Blatt 10.1: Kalibrieren von Bügelmessschrauben mit planparallelen oder sphärischen Messflächen*. DAkkS. 2010. Disponível em: http://www.dakks.de/sites/default/files/DAkkS-DKD-R%204-3%20Blatt%2010.1_20101221_v1.1.pdf.
- [19] American Association for Laboratory Accreditation - A2LA. *G103 – A2LA Guide for Estimation of Uncertainty of Dimensional Calibration and Testing Results*. A2LA. 2008. Disponível em: http://www.a2la.org/guidance/est_mu_dimen.pdf.
- [20] Flack, David. *Measurement Good Practice Guide No. 40: Callipers and Micrometers*. NPL. 2001. Disponível em: http://publications.npl.co.uk/npl_web/pdf/mgpg40.pdf.
- [21] United Kingdom Accreditation Service - UKAS. *Relação de laboratórios acreditados*. Disponível em <http://www.ukas.org/calibration/singlesearchresult.asp>.
- [22] Deutsche Akreditierungsstelle - DAkkS. *Relação de laboratórios acreditados*. Disponível em: <http://www.dakks.de/content/akkreditierte-stellen-dakks>.
- [23] Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. *Relação dos laboratórios acreditados*. Disponível em http://www.inmetro.gov.br/laboratorios/rbc/consulta_servico.asp.
- [24] <http://www.a2la.org>. *Relação dos laboratórios acreditados*. Disponível em <http://www.a2la.org/dirsearchnew/resultscurrent.cfm>.
- [25] United Nations Industrial Development Organization - Unido. *Role of measurement and calibration in the manufacture of products for the global market*. Unido. Vienna, 2006. Disponível em http://www.unido.org/fileadmin/user_media/Publications/Pub_free/Role_of_measurement_and_calibration.pdf.
- [26] HÄHNEL, Wolfgang. *Kalibrier- und Prüfmittelmanagement*. Pharm. Ind. 69, Nr. 4. Editio Cantor Verlag. Aulendorf, 2007. Disponível em: http://www.gempex.com/img/pdf/publications/2007_05_Kalibrier_und_Pruermittelmanagement.pdf.
- [27] ANSI-ASQ National Accreditation Board - ACLASS. *ACLASS Guidance on Uncertainty Reporting - Calibration Laboratories*. ACLASS. 2012. Disponível em <http://www.aiclasscorp.com/media/22996/guidance-uncertainty-calibration.pdf>.