

AVALIAÇÃO DA CALIBRAÇÃO DE MICRÔMETROS UTILIZADOS EM AULAS DE PROCESSOS DE FABRICAÇÃO E METROLOGIA

**Anne Mariany Xavier, Faculdade Anhanguera de Anápolis, annemaryxavier@gmail.com
Aline Elias da Silva, Faculdade Anhanguera de Anápolis, aline_elias@hotmail.com.br
Aline Gonçalves dos Santos, Universidade Federal de Catalão, alinegsantos_23@hotmail.com**

Resumo: *Para que os estudos científicos e a produção tenham confiabilidade em relação aos seus processos de fabricação, estes precisam ter instrumentos de qualidade que sejam calibrados por laboratórios de metrologia e que o erro e a incerteza do instrumento sejam reconhecidos através de um certificado de calibração. Assim, a ideia principal do trabalho é avaliar a qualidade do resultado de medição de dois micrômetros, o MCR-001 e o MCR-002, ambos utilizados em aulas práticas da disciplina de Processos de Fabricação e Metrologia. Devido a fatores como a utilização dos instrumentos em aulas práticas e tempo de uso, bem como a falta de calibração para correção de erros, as confianças nas medições podem estar comprometidas. Entretanto, os resultados mostram que os dois micrômetros estão adequados para uso e, portanto, apresentam resultados de medição adequados. Por fim, este trabalho busca ainda evidenciar os passos e boas práticas para a realização de uma calibração adequada.*

Palavras-chave: *Calibração, Micrômetro, Erro de Medição, Incerteza de Medição.*

1. INTRODUÇÃO

A calibração é uma operação que, em um primeiro momento, estabelece sob condições especificadas uma relação entre os valores e as incertezas de medição fornecidos por padrões e as indicações correspondentes com as incertezas associadas. Posteriormente, é esperado que se utilize tais informações para se estabelecer uma relação com o objetivo de se obter um resultado de medição a partir de uma indicação. (VIM, 2012).

A calibração é usada para garantir que os erros de um instrumento sejam conhecidos e se faz necessária nos mais diversos ramos da produção. Segundo Lira (2015), a calibração é uma das ferramentas básicas que asseguram a confiabilidade do instrumento de medição, geralmente por meio da comparação do valor medido com um padrão rastreado ao Sistema Internacional.

Cabe aqui destacar que uma calibração não pode ser confundida com o ajuste do instrumento. Visto que esta operação é a etapa na qual acontece a comparação do instrumento com um padrão mais preciso e exato. Já o ajuste se configura como uma alteração das características do instrumento e é realizado para que haja a manutenção do seu desempenho compatível com a sua aplicação (LIRA, 2015; VIM, 2012).

Com este trabalho, será possível conhecer os principais passos, ações e boas práticas de uma operação de calibração. Ademais, através do uso de blocos-padrão e um conjunto de paralelos ópticos, os parâmetros a serem avaliados nos micrômetros serão: os erros de indicação, os desvios de planeza e os desvios de paralelismo das faces de medição dos instrumentos avaliados.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Micrômetro

O micrômetro é um dos instrumentos de medição mais utilizados para avaliação dimensional de peças na indústria, permite leituras com aproximação de até 0,001 mm e apresenta funcionamento

semelhante ao sistema porca e parafuso. Existem micrômetros de medição externa, interna e de profundidade, sendo o micrômetro para medições externas o mais utilizado (SILVA NETO, 2018). Na Fig. (1), podem ser observadas algumas partes importantes que compõe este instrumento.

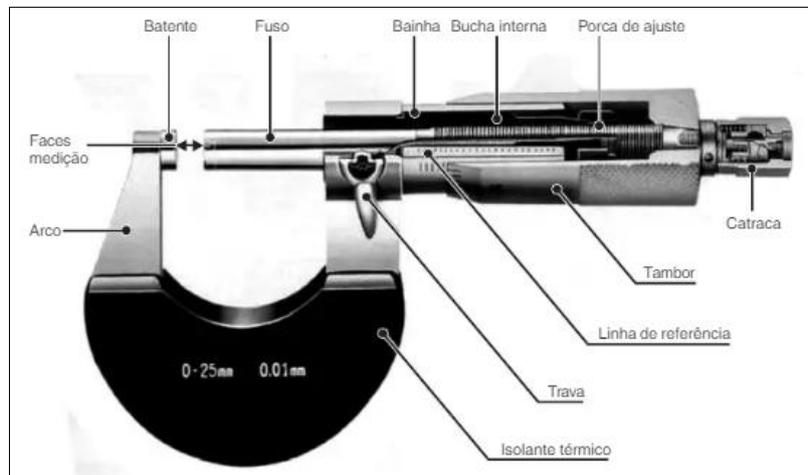


Figura 1: Micrômetro externo (Fonte: Silva Neto, 2018)

Segundo as diretrizes estabelecidas no documento DOQ-CGCRE-004 (2020), a calibração dos micrômetros permite a verificação dos erros de indicação do fuso micrométrico e dos desvios de planeza e de paralelismo das faces de medição do instrumento, esses últimos parâmetros considerados apenas em micrômetros com faixa de até 100 mm. O referido documento recomenda que se obtenha 11 pontos de medição, incluindo o zero e a capacidade máxima de medição.

2.2. Erros de Medição

O erro de medição é definido como o resultado de uma medição subtraído do valor verdadeiro (convencional) do mensurando, que, por sua vez, pode ser caracterizado como sendo a grandeza submetida à medição (LIRA, 2007).

Segundo Abackerli et al. (2015), na metrologia, existem três tipos de erros: o erro sistemático, aleatório e o grosseiro. O erro sistemático age de forma previsível enquanto o erro aleatório age de maneira imprevisível. Já o erro grosseiro ocorre muitas vezes por um descuido do profissional ou ainda a falta de treinamento e costuma ser de fácil identificação.

Considerando, por exemplo, um micrômetro com capacidade de 0 a 25mm e resolução de 0,01mm, em que se é comparado com dois blocos padrões de 5 e 20mm (com erro e incerteza conhecidos), os erros de medição podem ser encontrados conforme evidenciado na Tab. (1):

Tabela 1: Erros de medição (Fonte: os autores)

Valor do padrão (mm)	Indicação do Instrumento (mm)	Erro (mm)
5,01	4,98	-0,03
20,0	20,02	0,02

2.3. Incerteza de Medição

A incerteza de medição é um parâmetro não negativo que caracteriza a dispersão dos valores atribuídos a um mensurando, ou seja, ela estabelece uma faixa de valores, com um certo nível de confiança, dentro da qual se estima que o valor do mensurando deva estar. (VIM, 2012).

A incerteza pode ser expressa em termos de incerteza padrão (classificada como do Tipo A e do Tipo B), incerteza padrão combinada e a incerteza expandida. Uma incerteza do tipo A, está ligada aos cálculos probabilísticos encontrados após a realização de uma série de medições sucessivas do mensurando. O valor esperado da grandeza é estimado através da média e a dispersão dos valores é indicado por meio do resultado do desvio padrão. Assim, a incerteza padrão do tipo A $u(x)$ é estimada por meio da Eq. (1) em que $s(x)$ é o desvio padrão e n é o tamanho da amostra (ALBERTAZZI; SOUSA, 2018).

$$u(x) = \frac{s(x)}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

Segundo Abackerli et al. (2015), a avaliação do tipo B, por sua vez, é considerada através de fatores diferentes aos associados na incerteza do tipo A, como por exemplo, relacionada a valores publicados por autoridades competentes, obtida a partir de um certificado de calibração ou a partir de limites deduzidos da experiência pessoal, entre outras.

3. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Nesta seção são mostrados os principais recursos utilizados durante a pesquisa, bem como a descrição dos passos utilizados na calibração dos micrômetros externos MCR-001 e MCR-002.

Antes de mais nada, as calibrações realizadas em níveis de grandezas dimensionais devem respeitar as condições ambientais, visto que a temperatura, por exemplo, é uma das componentes de incerteza que influencia na dilatação térmica do material calibrado. Por isso, a sala utilizada na realização da calibração teve a sua temperatura controlada e estabilizada em torno de 20°C (podendo oscilar 2°C para mais ou para menos). Além disso, a umidade relativa do ar também foi controlada e mantida em valores menores que 75%.

Os materiais, como blocos padrão - Fig. (2), micrômetros e o desempenho de granito, foram limpos com álcool isopropílico e estes permaneceram em estabilização térmica durante trinta minutos.

Durante toda a calibração, luvas cirúrgicas foram usadas no intuito de evitar a transferência de calor da mão do operador para o instrumento, além de evitar que algum tipo de sujeira ou gordura entre em contato com os instrumentos e padrões.



Figura 2: Conjunto de blocos padrão (Fonte: os autores)

Outro importante recurso empregado durante a calibração do micrômetro, refere-se ao conjunto de paralelos ópticos - Fig. (3) - que aferem a planeza e o paralelismo das faces do batente e do fuso.



Figura 3: Conjunto de paralelos ópticos (Fonte: os autores).

Após a limpeza dos itens e estabilização térmica da sala e de todos os demais recursos, a calibração é iniciada pela verificação da planeza, em que o paralelo óptico é encostado nas faces do fuso e do batente para identificação de interferências no instrumento, conforme Fig. (4) e Fig. (5). A verificação é feita pela contagem do número de franjas que podem ser vistas ao olho nu. Neste caso, o ângulo de incidência entre a luz e o observador deve ser de 30° ou 45° .

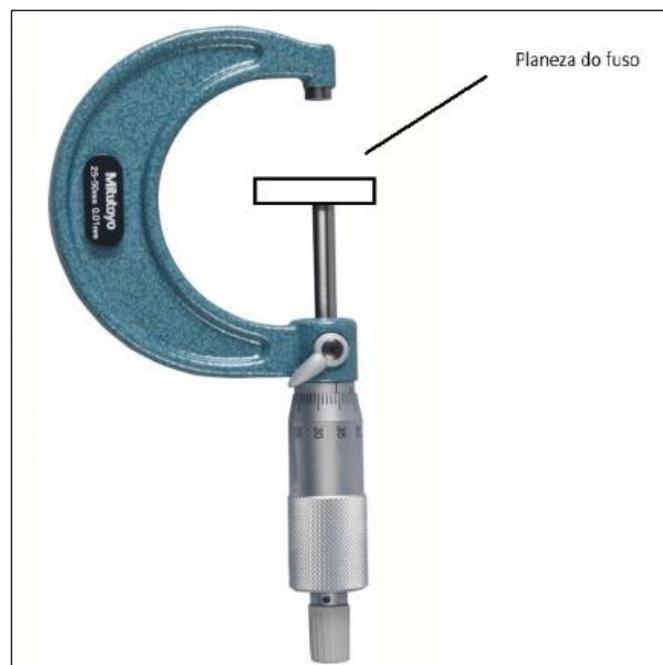


Figura 4 - Verificação da planeza do fuso no micrômetro (Fonte: Adaptado de Mitutoyo, [s.d.])

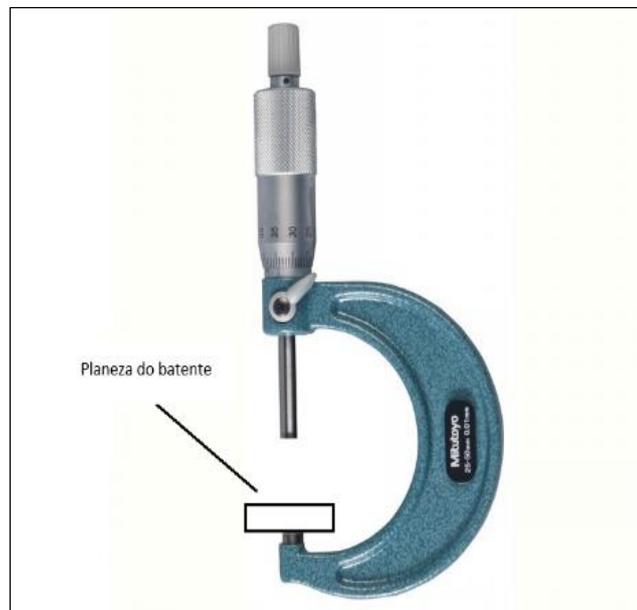


Figura 5 - Verificação da planeza do batente (Fonte: Adaptado de Mitutoyo, [s.d.])

O número de interferências e as formas encontradas durante a verificação determinam o estado da planeza. Este procedimento é realizado de acordo com a Fig. (6). Caso não sejam encontradas franjas ou interferências nas faces do micrômetro, o número correspondente ao erro de planeza será 0 (zero).

Após a verificação da planeza, é realizada a verificação do paralelismo, na qual se utiliza o mesmo conjunto de paralelos, mas nesse passo é necessário que o fuso e o batente estejam encostados simultaneamente no bloco. A verificação é feita com todos os blocos, e os seus respectivos valores são: 12mm; 12,12mm; 12,25mm e 12,37mm.



Figura 6: Leitura de paralelismo com paralelo óptico (Fonte: Mitutoyo, [s.d.])

Finalizado o processo para obtenção dos desvios de planeza e paralelismo, a calibração é continuada efetuando-se o ajuste de zero no instrumento, conforme Fig. (7). Caso o micrômetro não indique corretamente o zero, é necessário fazer o ajuste do instrumento com o auxílio de uma chave de ajuste.



Figura 7- Micrômetro no ponto zero (Fonte: os autores)

Após isso, é inserido o primeiro bloco padrão no micrômetro – Fig. (8), começando do menor até o maior bloco. Cada resultado encontrado é anotado na ficha de calibração. Lembrando também, de atentar-se sobre a temperatura e umidade da sala, que não podem ultrapassar os limites mencionados anteriormente. Caso aconteça a ultrapassagem, é preciso parar a calibração e aguardar até que o ambiente volte às condições desejadas.



Figura 8- Micrômetro e bloco padrão (Fonte: os autores)

4. RESULTADOS E DISCURSÕES

Os valores encontrados e que foram anotados na planilha de calibração, foram transferidos para a planilha digital, assim foi gerado o certificado de calibração. Em um certificado de calibração consta todas as informações necessárias para o interessado. Nele, deve constar os dados da empresa emitente e a empresa interessada, além das informações do instrumento calibrado, dos padrões utilizados e dos resultados obtidos.

Através da calibração realizada com os dois micrômetros do laboratório de metrologia, foi avaliado que apesar do tempo de uso, os instrumentos se encontram em ótimo estado de conservação. Isso porque, nos testes com paralelos ópticos foi observado que o fuso e o batente do instrumento estão com boa aparência e poucas variações. Além disso, os micrômetros analógicos também apresentaram boa repetibilidade nas leituras.

Na Fig. (9) e na Fig. (10) encontram-se, respectivamente, os principais resultados que constam no certificado de calibração dos instrumentos MCR-001 e MCR-002: Valor Médio das leituras no

Instrumento (VMLI); Erro (VLMI – Valor de Referência); Incerteza de Medição Expandida (U); Fator de Abrangência (k) e V_{eff} (Graus de liberdade Efetivos).

6) RESULTADOS:

VMLI	Erro	U	k	V_{eff}
0,000	0,000	0,006	2,00	Infinito
2,500	0,000	0,006	2,00	Infinito
5,100	0,000	0,006	2,00	Infinito
7,700	0,000	0,006	2,00	Infinito
10,300	0,000	0,006	2,00	Infinito
12,900	0,000	0,006	2,00	Infinito
15,000	0,000	0,006	2,00	Infinito
17,600	0,000	0,006	2,00	Infinito
20,200	0,000	0,006	2,00	Infinito
22,800	0,000	0,006	2,00	Infinito
25,000	0,000	0,006	2,00	Infinito

Planeza (mm)				
Face	Valor	U	k	V_{eff}
Fuso	0,00016	0,00037	2,00	∞
Batente	0,00016	0,00037	2,00	∞

Paralelismo (mm)			
Valor	U	k	V_{eff}
0,00136	0,00037	2,00	∞

Figura 9- Resultados da calibração do MCR-001 (Fonte: os autores).

6) RESULTADOS:

VMLI	Erro	U	k	V_{eff}
0,000	0,000	0,006	2,00	Infinito
2,500	0,000	0,006	2,00	Infinito
5,100	0,000	0,006	2,00	Infinito
7,700	0,000	0,006	2,00	Infinito
10,300	0,000	0,006	2,00	Infinito
12,900	0,000	0,006	2,00	Infinito
15,000	0,000	0,006	2,00	Infinito
17,600	0,000	0,006	2,00	Infinito
20,200	0,000	0,006	2,00	Infinito
22,800	0,000	0,006	2,00	Infinito
25,000	0,000	0,006	2,00	Infinito

Planeza (mm)				
Face	Valor	U	k	V_{eff}
Fuso	0,00010	0,00037	2,00	∞
Batente	0,00010	0,00037	2,00	∞

Paralelismo (mm)			
Valor	U	k	V_{eff}
0,00033	0,00037	2,00	∞

Figura 10- Resultados da calibração do MCR-002 (Fonte: os autores).

Os resultados dos erros encontrados foram de 0 mm para todos os pontos de medição nos dois micrômetros, isso demonstra que os instrumentos não apresentam valor de erro em comparação ao padrão. Além disso, foram também identificados erros de planeza e de paralelismo muito pequenos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sabe-se que a exatidão de um instrumento de medição pode ser afetada pelo seu tempo de uso e sua armazenagem, portanto é importante um programa de calibração e ajuste com procedimentos e instruções apropriadas para tal função. Manter um sistema metrológico confiável e ativo dentro de uma organização, em que a calibração dos instrumentos seja feita de forma padronizada e sistemática é altamente eficaz para a qualidade dos seus processos. (LIRA, 2007).

Neste trabalho foram expostos passos e variáveis essenciais para a execução da calibração de um micrômetro. Ademais, foi realizada uma análise dos resultados encontrados durante a calibração e emissão do certificado dos micrômetros MCR-001 e MCR-002, ambos usados durante as aulas de Processos de Fabricação e Metrologia. Tais análises, se fazem necessárias para testar a confiabilidade das medidas feitas durante as aulas e nos testes de medidas das peças confeccionadas.

Durante o trabalho exposto foi possível considerar que, apesar do tempo de uso e das condições de armazenagem, a conservação e confiabilidade dos micrômetros foi confirmada através da análise

dos certificados de calibração, que apresentaram erro zero em todas as leituras e incerteza de 0,006 mm, a qual representa uma incerteza menor que a própria resolução dos instrumentos (0,01 mm).

6. REFERÊNCIAS

- ABACKERLI, A. J.; et al. Metrologia para a qualidade. 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.
- ALBERTAZZI, A.; SOUSA, A. R. Fundamentos de metrologia científica e industrial. 2 ed. Barueri: Editora Manole, 2018.
- DOQ-CGCRE-004. Orientação para realização de calibrações no grupo de serviços de calibração em metrologia dimensional. Rev. 03, 2020.
- INMETRO. Vocabulário Internacional de Metrologia: conceitos fundamentais e gerais de termos associados – VIM, Portaria 232, 4^o Edição, 2012.
- LIRA, F. A. Metrologia na indústria. São Paulo: Érica, 2015.
- LIRA, F. A. Metrologia na indústria. São Paulo: Érica, 2007.
- MITUTOYO. Micrômetros e acessórios. Disponível em:
<<https://shop.mitutoyo.eu/web/mitutoyo/pt/mitutoyo/1341312116917/index.xhtml>>. Acesso em 16 de jun. 2021.
- SILVA NETO, J. C. Metrologia e controle dimensional: conceitos, normas e aplicações. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.