

QUALIFICAÇÃO GEOMÉTRICA DE PADRÕES ANULARES E TAMPÕES NO LABORATÓRIO DE METROLOGIA DIMENSIONAL (LAMIN) DO INMETRO

Valente de Oliveira, J. C.* ; Pires Alves J. A.
Laboratório de Metrologia Dimensional (LAMIN)
Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO)
e-mail: lamin@inmetro.gov.br tel: 02121-6799036 fax: 02121-6791505

Resumo: Este trabalho tem como objetivo demonstrar a capacidade metrológica do LAMIN na calibração de padrões de diâmetro interno e externo, utilizando sistemas de referência para medição de diâmetro e forma circular, assim como retitude de geratrizes, paralelismo e perpendicularidade entre elas.

São feitas considerações técnicas e evidenciados alguns cuidados a serem tomados na realização destas medições objetivando uma melhor exatidão nos resultados.

São mostrados resultados de medição de um padrão com suas respectivas incertezas de medição, assim como uma comparação de medidas com o **Physikalisch- Technische Bundesanstalt** (PTB) da Alemanha.

1) Introdução:

Padrões anulares ou tampões são medidas materializadas que objetivam estabelecer diâmetros de referência. São aqui considerados aqueles utilizados para fins mais relevantes na atividade metrológica, isto é, que serão padrões de referência em máquinas de medição utilizadas em laboratórios, que por sua vez calibrarão outros padrões de comprimento.

Considerando-se a importância de padrões como estes no sistema de rastreabilidade das medidas em um laboratório usuário de nossos serviços, faz-se necessário calibrá-los com o máximo de exatidão, isto é, com as menores incertezas possíveis nos processos de medição de nosso laboratório. Com o objetivo de se obter o máximo de exatidão na qualificação geométrica de padrões de diâmetro interno e externo, são utilizados dois sistemas de medição. O primeiro, composto por uma máquina de medir por coordenadas, modelo UMM-500 do fabricante ZEISS tendo a si acoplado um laser interferométrico modelo 5528A do fabricante H.P., utilizado para medir diâmetros, determinar o desvio de retitude de geratrizes, assim como os desvios de paralelismo e de perpendicularidade entre as mesmas. O segundo sistema, trata-se de uma máquina de medir forma modelo TALYROND 73 HPR do fabricante TAYLOR HOBSON, utilizada para determinar o desvio de circularidade desses padrões.

2) Metodologia para a medição de diâmetros:

O sistema laser de medição linear foi acoplado à máquina de medição por coordenadas. O laser, que substitui a escala da própria máquina registrando seu movimento na direção X, foi interfaceado com um computador pessoal e sensores devidamente calibrados foram utilizados no monitoramento da pressão, da temperatura do ambiente de medição e da temperatura do material (grandezas de influência principais no processo). Programou-se a máquina por comando numérico para determinação adequada da posição do centro do padrão a ser medido; em seguida deslocou-se automaticamente o apalpador para aquela posição. No instante da aplicação da carga de medição (apalpador tocando a superfície do padrão), o valor dessa posição era registrado e corrigido automaticamente, considerando-se os valores das grandezas de influência no instante da medição. Com o padrão sendo tocado ao longo do eixo X da máquina, em posições diametralmente opostas e considerando-se o diâmetro do apalpador da mesma, chegou-se ao valor medido do diâmetro do padrão em calibração. Utilizou-se, para captação, correção e pós-processamento dos dados, um programa computacional desenvolvido no próprio laboratório. Os critérios para correção do comprimento de onda do laser foram baseados na "equação de Edlén" [1]. Durante todo o processo de medição, observou-se o "princípio de Abbe". As medições foram realizadas para temperatura do material na faixa de $(20 \pm 0,2)^\circ\text{C}$. A umidade relativa foi mantida em torno de 50%.

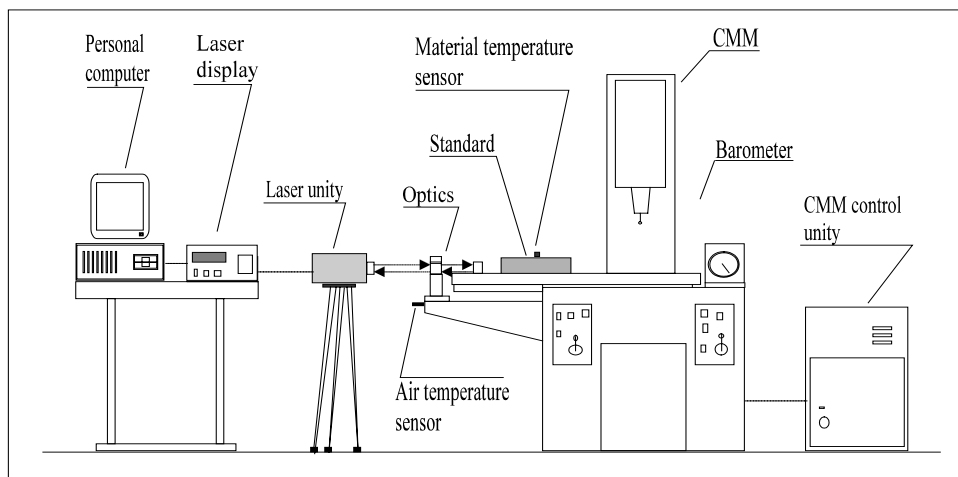


Figura 1- Sistema usado para medição de diâmetros, paralelismo, retitude e perpendicularidade

Foi escolhido um anel-padrão de 90mm de valor nominal para a realização experimental. Este foi medido em duas posições perpendiculares entre si (denominadas 0° e 90°), em um plano passante pela altura média. Cada diâmetro foi determinado através de um número pré-definido de ciclos de medição, para determinação da repetitividade das medidas.

A reprodutibilidade do sistema foi avaliada com a medição deste anel em diferentes dias, tendo-se obtido excelente compatibilidade entre resultados.

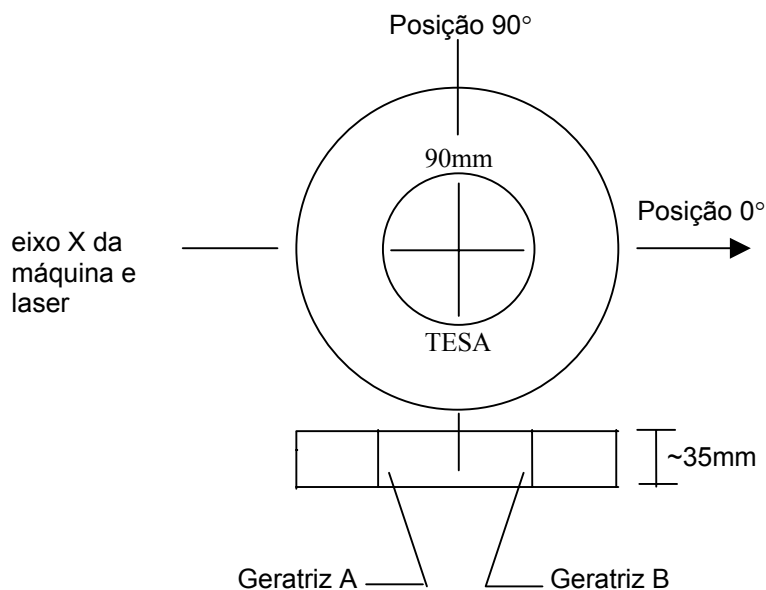


Figura 2 – Anel-padrão utilizado na realização das medições

2.1) Determinação do diâmetro do apalpador

Como o diâmetro do apalpador compõe o cálculo do resultado final da medição do diâmetro do padrão em calibração, é de suma importância que este seja medido com o máximo de exatidão. Para isso utilizou-se um bloco-padrão calibrado por interferometria, de valor nominal 5mm. Este foi posicionado sobre a mesa da máquina, utilizando-se dispositivos auxiliares, de modo que seu comprimento fosse medido ao longo do eixo X da mesma, obedecendo ao “princípio de Abbe” e eliminando a possibilidade da existência de “erro cosseno”. Para tal, procedeu-se de modo que as superfícies do bloco ficassem, da melhor maneira possível, perpendiculares ao eixo de medição do laser.

3) Metodologia para a medição de retitude de geratrizes, perpendicularidade e paralelismo entre elas:

Mantendo-se o anel-padrão na posição em que foi determinado seu diâmetro a 0°, foi avaliada a retitude, perpendicularidade e paralelismo entre duas geratrizes diametralmente opostas de sua superfície interna. Para isto foram tomadas coordenadas de 17 pontos igualmente espaçados (1,9 mm) ao longo da altura do anel, em ambas geratrizes. A seguir, o padrão foi girado de 180° realizando-se o mesmo procedimento, objetivando separar os desvios geométricos da máquina dos desvios geométricos do padrão.

Este procedimento não foi realizado para a posição 90° pois objetivou-se aqui a execução experimental visando uma proposta de metodologia. Entretanto, para se ter uma completa avaliação geométrica de um tampão ou anel-padrão deve-se proceder do mesmo modo para a posição 90°.

4) Metodologia para a medição de circularidade:

A medição de circularidade foi executada na mesma altura em que foi realizada a determinação dos diâmetros, isto é, na altura média do anel. Foi utilizado um filtro "2RC", adotando-se um processo de filtragem de "1-150 upr", tendo sido o perfil analisado com 2000 pontos, através do método de mínimos quadrados.

5) Resultados:

5.1) Diâmetro

Os resultados obtidos na calibração do anel-padrão nas posições 0° e 90° estão apresentados na tabela 1. Foram realizados 5 ciclos de medições para cada posição, visando à avaliação da repetitividade, sendo a incerteza expandida aqui declarada, obtida para um fator de abrangência $k=2$, para um nível de confiança de aproximadamente 95%.

Posição	Diâmetro	Incerteza
0°	89,99516 mm	0,15 μ m
90°	89,99493 mm	

Tabela 1- Diâmetros do anel-padrão de valor nominal 90mm

5.2) Retitude, perpendicularidade e paralelismo

Aqui estão apresentados na tabela 2, os resultados de medição dos desvios de retitude e perpendicularidade das geratrizes A e B na posição 0°, assim como o desvio de paralelismo entre elas. Os desvios de perpendicularidade e paralelismo apresentados são relativos a um comprimento analisado de 30,4 mm.

Geratriz	A	B
Desvio de Retitude	0,13 μ m	0,16 μ m
Desvio de Perpendicularidade	0,25 μ m	1,13 μ m
Desvio de Paralelismo entre A e B	1,38 μ m	

Tabela 2- Resultados dos desvios de retitude, perpendicularidade e paralelismo

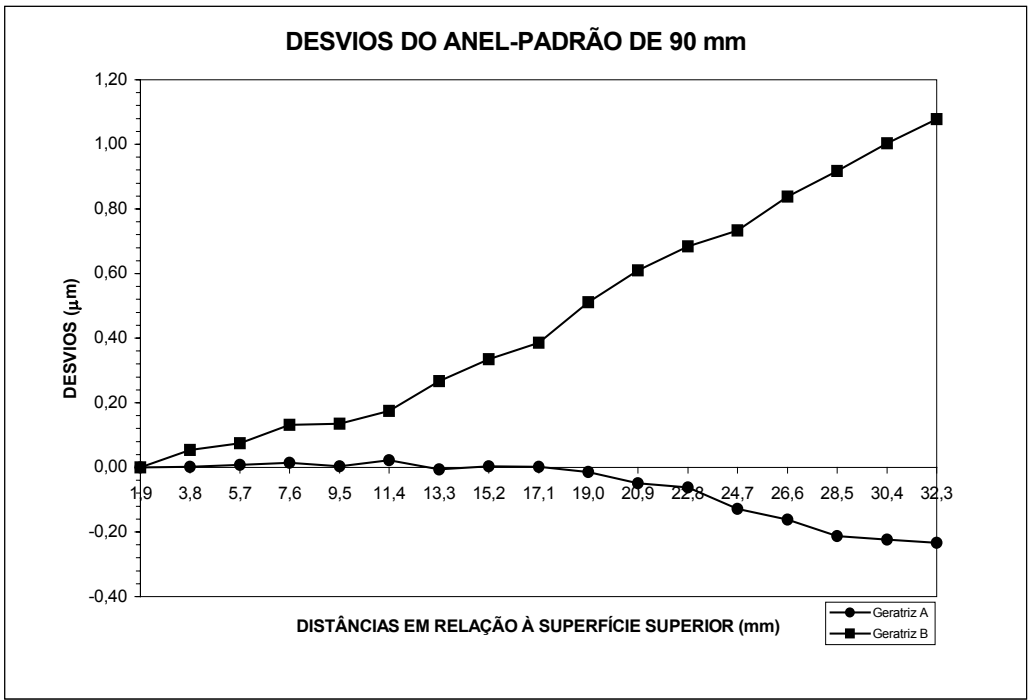


Figura 3 – Desvios obtidos nas geratrizes A e B

5.3) Circularidade

O desvio de circularidade obtido foi de 0,35 μm.

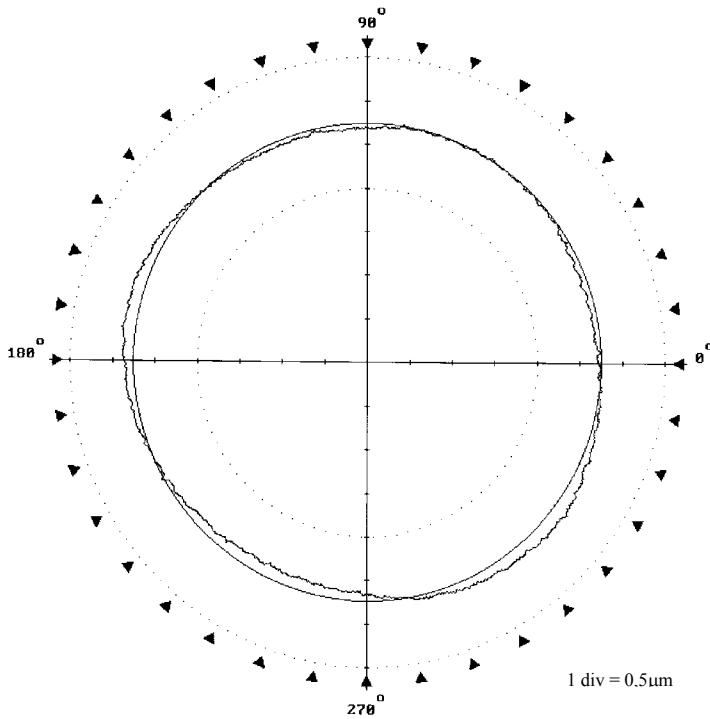


Figura 3 – Desvio de circularidade (perfil tirado na altura média)

6) Validação do sistema para medição de diâmetros:

Com o objetivo de se avaliar e validar o sistema de medição utilizado pelo laboratório, como referência para a medição de comprimentos, neste caso diâmetros, foi realizada a calibração de um anel-padrão, previamente calibrado pelo PTB (Alemanha). Os resultados foram compatíveis, como se pode ver na tabela 3. Esta tabela mostra os resultados obtidos para um anel-padrão de valor nominal 40mm (SIP). As incertezas expandidas aqui declaradas, foram obtidas para um fator de abrangência $k=2$, para um nível de confiança de aproximadamente 95%.

Resultados da calibração de um anel-padrão de valor nominal 40mm		
INMETRO	40,00951 mm	0,1 μm
PTB	40,00947 mm	0,1 μm

Tabela 3- Resultados PTB /INMETRO

7) Conclusões:

- 1) O sistema utilizado na medição de diâmetros mostra-se bastante satisfatório, pois obtém-se incertezas coerentes com a exatidão requerida na calibração de padrões de diâmetro interno e externo, como os abordados neste trabalho.
- 2) Cuidados básicos como manter a temperatura de medição em $(20\pm 0,2)$ °C e estável, calibrar o diâmetro do apalpador da máquina de medir por coordenadas com a menor incerteza possível, alinhar da melhor maneira o laser interferométrico para medição linear em relação ao eixo X de deslocamento da mesa da máquina, assim como montá-lo de forma estável, são fatores imprescindíveis para a obtenção de reduzidas incertezas de medição neste sistema.
- 3) Este sistema propicia resultados confiáveis na determinação de desvios de forma (retitude) e posição (perpendicularidade e paralelismo) destes padrões, desde que se empregue a metodologia proposta, visando a separação dos desvios geométricos da máquina de medir por coordenadas ao se deslocar na direção do eixo Z (vertical).

Referências bibliográficas:

- 1- "An updated Edlén equation for the refractive index of air" – K. P. Birch and M. J. Downs – Metrologia 1993, 30, 155-162
- 2- "Form- und Lagetolerierung" – DIN/ISO 1101 – março de 1985
- 3- "Guia para expressão da incerteza de medição" – Segunda edição brasileira - agosto de 1998 – INMETRO/ ABNT/ SBM/ RH Metrologia
- 4- "INMETRO's performance in calibration of ball bars" – J. C. Valente de Oliveira and J. A. Pires Alves – XIV Congresso Mundial (IMEKO'97) – Finlândia – junho de 1997.
- 5- "Vocabulário internacional de termos fundamentais e gerais de metrologia" – Portaria 029, de 10 de março de 1995 – INMETRO