

Metrologia Dimensional no Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial INMETRO

**José Carlos Valente de Oliveira, Léa Contier de Freitas, Wellington dos Santos Barros,
Marcos Motta de Souza, Luiz Henrique Brum Vieira e João Antônio Pires Alves**

INTRODUÇÃO

O Laboratório de Metrologia Dimensional (LAMIN), da Diretoria de Metrologia Científica e Industrial (DIMCI) do INMETRO tem desempenhado uma série de atividades e vem desenvolvendo um projeto apoiado pelo PADCT com o objetivo de implantar novos serviços metrológicos, assim como reduzir incertezas de medição.

São aqui apresentadas informações sobre algumas destas atividades, assim como são mostrados resultados de comparações realizadas com o Physikalisch Technische Bundesanstalt (PTB), instituto nacional de metrologia da Alemanha, objetivando a validação de metodologias implantadas.

As incertezas de medição expandidas aqui mencionadas, são calculadas segundo critério do Guia ISO (1993), para um fator de abrangência $k=2$ (nível de confiança de aproximadamente 95%).

Como consequência tem-se uma melhoria da confiabilidade metrológica nos serviços prestados, dando-se rastreabilidade, com a requerida exatidão, às medições realizadas por laboratórios metrológicos do País.

ÂNGULO PLANO

• Calibração de Autocolimadores

Foi desenvolvido pelo LAMIN, um Sistema Gerador de Pequenos Ângulos, baseado no princípio de funcionamento da Régua de Seno, composto de um Gerador de Pequenos Deslocamentos e uma Barra de Alumínio. Tal sistema permite realizar incrementos angulares de $0,1''$ e calibrar autocolimadores com faixa de medição até $42'$.

A incerteza de medição expandida deste sistema é função do deslocamento vertical feito no Gerador de Pequenos Deslocamentos, e é dada por:

$\pm 0,05 \cdot l / \text{mm}$; sendo l , o deslocamento feito no Gerador de Pequenos Deslocamentos, em mm.

Menor incerteza de medição expandida na calibração de autocolimadores: $\pm 0,15''$

• Calibração de Polígonos Ópticos e Mesas Indexadoras de Referência

Foi desenvolvido um método para calibração simultânea de polígonos ópticos e mesas indexadoras de referência. Neste método, as diferenças angulares entre polígono e mesa, para todas as posições relativas possíveis, são medidas por um autocolimador. Os resultados são calculados através do método dos Mínimos Quadrados. Como consequência obtém-se os erros do polígono e da mesa separadamente.

Menor Incerteza de medição expandida na calibração de polígonos ópticos e mesas indexadoras: $\pm 0,3''$

PADRÕES DE COMPRIMENTO

- **Calibração de Padrões de Comprimento (Barras de Esferas, Padrões Escalonados para Máquinas de Medição por Coordenadas, Tampões e Anéis-Padrão)**

Foi desenvolvido método para calibração de padrões de comprimento utilizando uma Máquina de Medição por Coordenadas e Sistema Laser de Medição Linear. Com esta metodologia é possível realizar o alinhamento do laser de referência obedecendo ao princípio de Abbe; isto é, o eixo de medição do laser coincide com o eixo de medição dos padrões a serem calibrados. Além disso, correções no comprimento de onda do laser são realizadas através de software desenvolvido pelo LAMIN, em função do monitoramento das condições ambientais realizado com sensores externos devidamente calibrados.

Menor incerteza de medição expandida na calibração de:

Barras de Esferas - $\pm (0,2+L/2000) \mu\text{m}$, sendo L em mm

Padrões Escalonados - $\pm (0,3+L/2000) \mu\text{m}$, sendo L em mm

RUGOSIDADE

- **Calibração de Padrões de Rugosidade (perfil periódico e aperiódico)**

A calibração de padrões de rugosidade é feita utilizando-se como referência a norma DIN 4768 (1990), em função da qual são estabelecidas as condições para determinação dos parâmetros Ra, Rz e Rmax. Como padrão de referência é utilizado um padrão de amplificação vertical com 6 ranhuras nominais que variam de $0,2\mu\text{m}$ a $10\mu\text{m}$ e com o qual são determinados fatores de correção a serem aplicados na calibração de padrões de rugosidade.

Menor incerteza de medição expandida na calibração de padrões de rugosidade: $\pm 4\%$

- **Calibração de Padrões de Amplificação Vertical (padrões de ranhuras)**

A calibração é feita por comparação a padrão de referência do laboratório calibrado pelo PTB, sendo o equipamento de transferência um rugosímetro.

Menor incerteza de medição expandida para calibração de padrões de amplificação vertical é de : $\pm 0,03\mu\text{m}$ (ranhuras com profundidade de $\sim 0,2\mu\text{m}$).

Nota: Está sendo desenvolvida metodologia para a calibração de padrões de amplificação vertical por meio interferométrico e processamento de imagens, objetivando redução de incertezas de medição.

COMPARAÇÕES REALIZADAS COM O “PTB” VISANDO VALIDAÇÃO DE METODOLOGIAS

1) Barras de Esferas

Foram comparados resultados de medição de duas barras de esferas de aço e uma de alumínio. Tais resultados são apresentados a seguir, assim como um gráfico evidenciando a compatibilidade dos mesmos.

	INMETRO/LAMIN	PTB (LAB 5.32)
Barra de Esferas de Aço (KOBÁ)	311,0049 ± 0,0004 mm	311,0049 ± 0,0005 mm
Barra de Esferas de Aço (RETTÉ)	331,9920 ± 0,0004 mm	331,9922 ± 0,0005 mm
Barra de Esferas de Alumínio	360,0427 ± 0,0005 mm	360,0425 ± 0,0005 mm

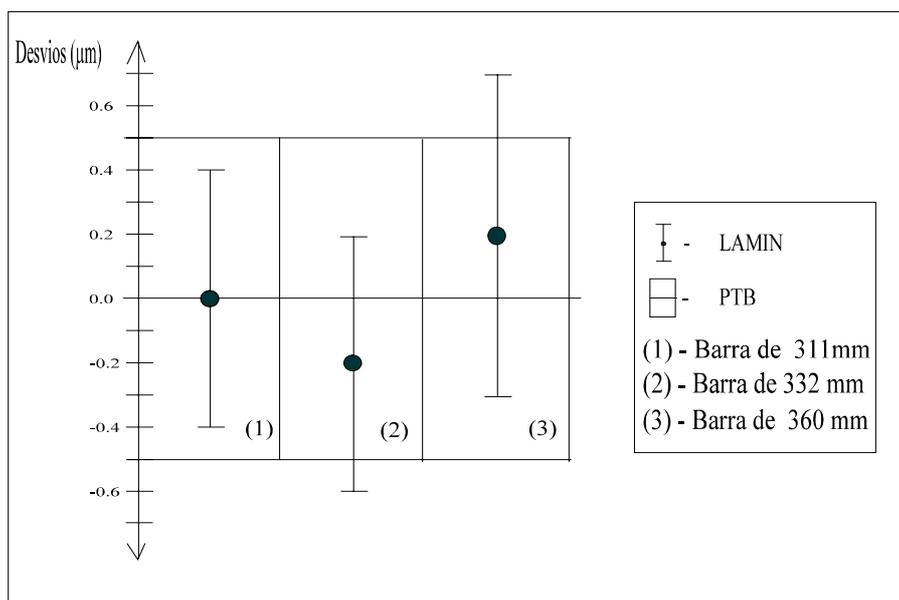


Fig. 1 - Desvios dos resultados do LAMIN em relação ao PTB.

2) Polígono Óptico de 12 faces

	INMETRO/LAMIN	PTB (LAB. ÂNGULO)
1	-0,10	-0,10
2	-0,56	-0,26
3	0,21	0,01
4	0,66	0,36
5	0,56	0,34
6	0,71	0,45
7	0,36	0,11
8	-0,44	-0,32
9	-0,14	-0,21
10	-0,60	-0,59
11	0,22	0,20
12	0,05	0,02

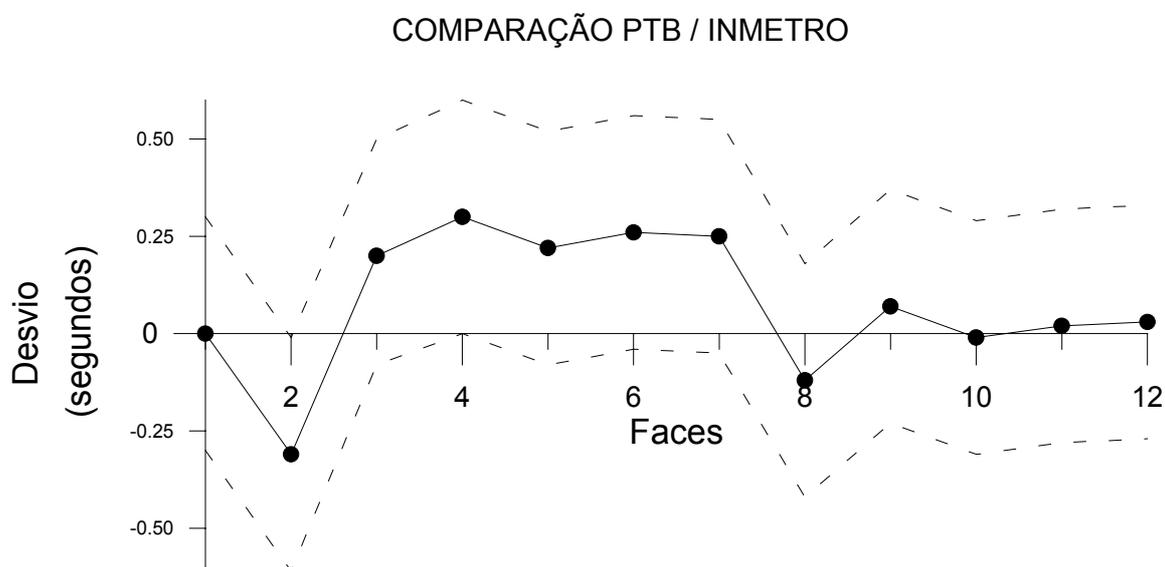


Fig. 2 - Desvios dos resultados do LAMIN em relação ao PTB.

Os resultados obtidos pelo LAMIN, considerando a incerteza de medição expandida de $\pm 0,3''$, englobam os resultados do PTB, cuja incerteza é de $\pm 0,1''$.

3) Padrões de Rugosidade

Foram comparados resultados de medição dos parâmetros Ra, Rz e Rmax de 3 padrões de rugosidade de perfil aperiódico. Abaixo são apresentados os resultados obtidos pelo LAMIN e PTB, assim como gráficos mostrando os desvios dos resultados do LAMIN, com respectivas incertezas, em relação aos do PTB, em percentual.

a) Rugosidade “fina”

PADRÃO N ^o 700 - RUGOSIDADE FINA		
Parâmetros	INMETRO/LAMIN	PTB
Ra	0,145µm ± 6%	0,145 µm ± 5%
Rz	1,02µm ± 6%	1,01 µm ± 5%
Rmax	1,11µm ± 6%	1,17 µm ± 5%

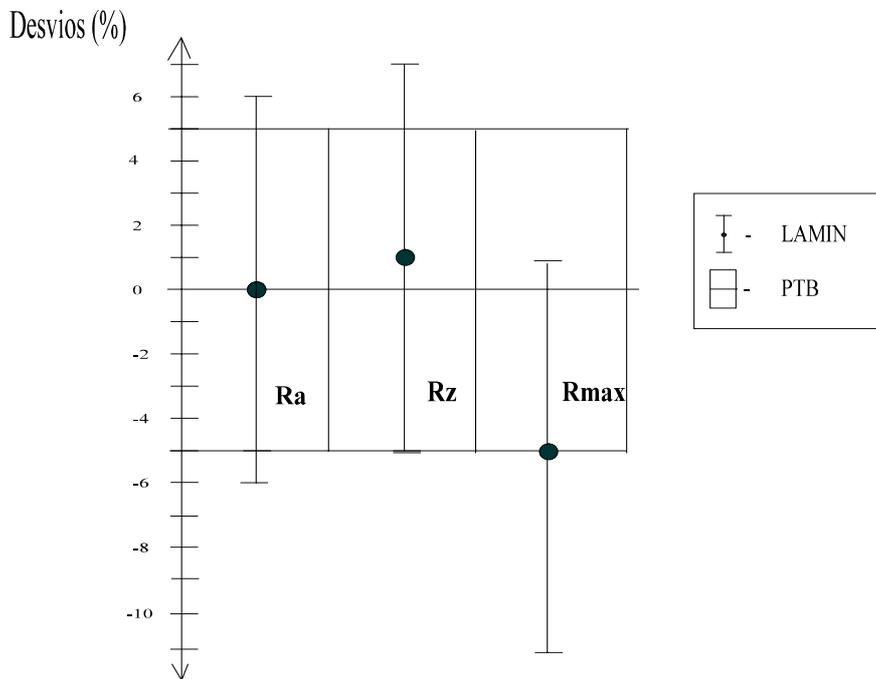


Fig. 3 - Desvios dos resultados do LAMIN em relação ao PTB.

b) Rugosidade “média”

PADRÃO N ^o 002 - RUGOSIDADE MÉDIA		
Parâmetros	INMETRO/LAMIN	PTB
Ra	0,637 µm ± 4,5%	0,633 µm ± 4%
Rz	3,73 µm ± 5,5%	3,71 µm ± 4%
Rmax	5,27 µm ± 5%	5,25 µm ± 4%

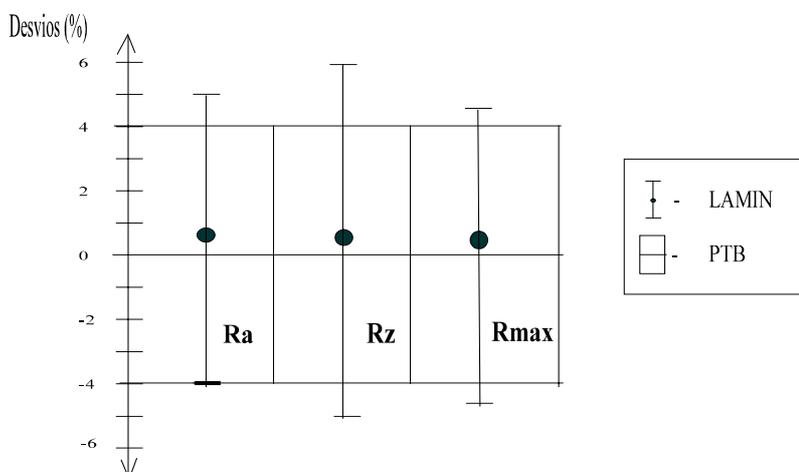


Fig.4 - Desvios dos resultados do LAMIN em relação ao PTB.

c) Rugosidade “grossa”

PADRÃO N° 689 - RUGOSIDADE GROSSA		
Parâmetros	INMETRO/LAMIN	PTB
Ra	1,69 ± 4%	1,70 ± 3%
Rz	8,74 ± 4%	8,96 ± 3%
Rmax	9,89 ± 4%	9,87 ± 3%

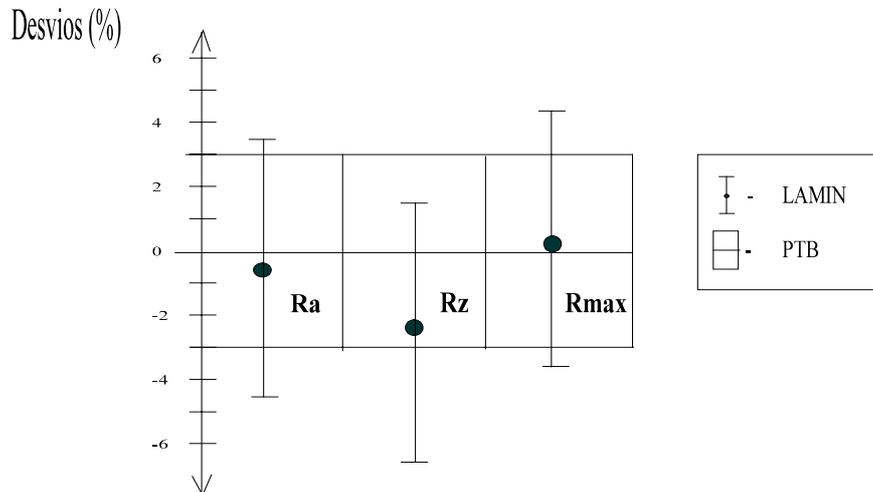


Fig.5 - Desvios dos resultados do LAMIN em relação ao PTB.

Nota: Em todos os casos, como pode-se observar nos gráficos, os resultados do LAMIN com respectivas incertezas englobam os valores de referência, evidenciando a compatibilidade dos resultados.

DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

- Sistema para calibração de padrões de circularidade com adoção de método para separação de erros.
- Sistema para calibração de trenas-padrão com aplicação de carga e de sistemas lasers para medição linear.
- Metodologia para calibração de teodolitos de uso industrial e sistemas de triangulação.

BIBLIOGRAFIA

- [1] ISO - International Organization for Standardization. Guide to the expression of uncertainty in measurement. ISO. 1993 ISBN 92-67-10188-9.
- [2] Brum Vieira L. H., Metrologia dimensional: Realização das unidades de ângulo plano, Niterói: UFF-CTC-TCE-TPP, 1996. 130 p.
- [3] Valente de Oliveira J. C., Pires Alves J. A., INMETRO'S Performance in calibration of ball bars - Trabalho apresentado no XIV congresso do IMEKO Tampere/Finland.
- [4] Norma DIN 4768 (1990), Determination of values of surface roughness parameters Ra, Rz, Rmax, using electrical contact (stylus) instruments.