

**Nº 177237**

**Projeto Sigitec: sistema de inspeção dimensional de trecho reto de  
medição, parte B**

**Douglas Mamoru Yamanaka**

*Palestra apresentada no WORKSHOP  
TRM TECNOLOGIAS REGULATÓRIAS E  
METROLÓGICAS, 4., 2021., São Paulo*

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública.



Seu desafio é nosso

# 4º Workshop TRM

## Projeto Sigitec

Sistema de inspeção dimensional de trecho reto de medição (Parte B)

Laboratório de Vazão / Laboratório de Metrologia Mecânica

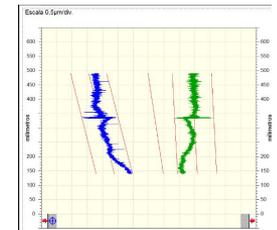
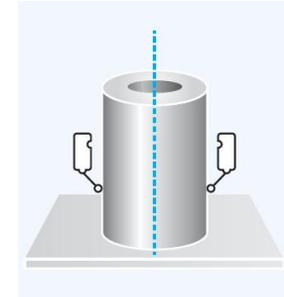
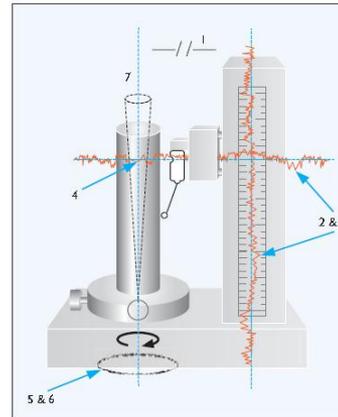
19.04.2021



Projeto

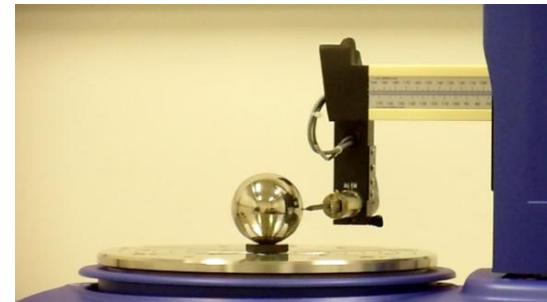
# Máquina de medição de forma

## Máquina de medição de forma



## Parâmetros de avaliação

- 1) Circularidade
- 2) Retitude
- 3) Paralelismo
- 4) Perpendicularidade
- 5) Planeza
- 6) Cilindricidade



Referenciamento por esfera

# Máquina de medição por coordenadas tátil

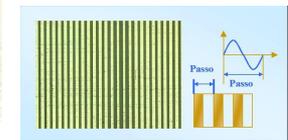
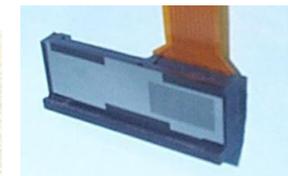
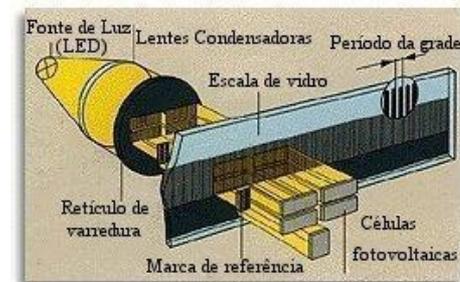
As MMCs são constituídas por vários subsistemas:

➤ os elementos estruturais:

- 3 eixos coordenados,
- a base da máquina,
- o desempenho para suporte das peças a serem medidas,
- as colunas e guias,
- as réguas óticas e
- os mancais aerostáticos



Fixação das escalas



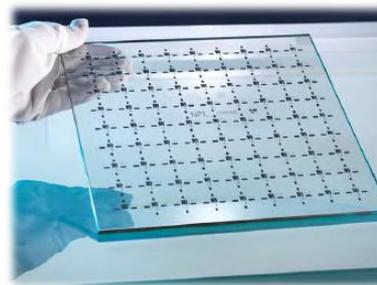
Escalas óticas fixas e móveis

# Máquina de medição por coordenadas tátil



Referenciamento por esfera

# Máquina de medição por coordenadas óptica



For information on high-precision optical dimensional standards for vision systems (including line scales, image analyser standards, 2-D optical standards and photomask linewidth standards) visit the Dimensional and Optical Metrology web pages at [http://www.npl.co.uk/npl/length/dmet/services/ms\\_rsg.html](http://www.npl.co.uk/npl/length/dmet/services/ms_rsg.html)



## Referenciamento por padrão óptico para sistemas de visão

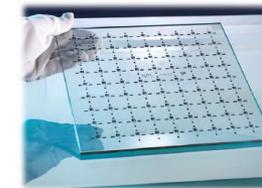
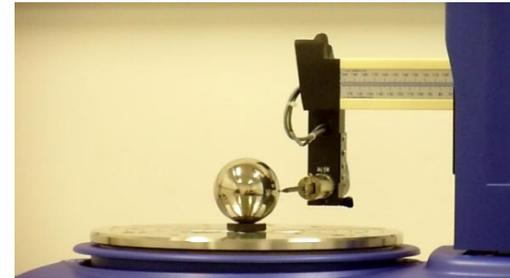
Resultados da Calibração

Lights | Volume | Escala de Zoom  
Verificação | Mesa | Óptica

Data da Calibração:  
2017-11-24 11:28:29

Ampliação	STD ( $\mu\text{m}$ )	STD (pixels)	Z-STD ( $\mu\text{m}$ )
26 X	0.461	0.027	14.17
33 X	0.404	0.030	8.37
42 X	0.352	0.033	3.39
54 X	0.381	0.047	1.93
69 X	0.336	0.053	0.79
89 X	0.364	0.073	0.45
114 X	0.372	0.096	0.23
146 X	0.308	0.102	0.27
188 X	0.340	0.145	0.17
240 X	0.320	0.174	0.23
306 X	0.310	0.215	0.28

# Padrões para referenciamento do sistema de coordenadas



For information on high-precision optical dimensional standards for vision systems (including line scales, image analyser standards, 2-D optical standards and photomask linewidth standards) visit the Dimensional and Optical Metrology web pages at [http://www.npl.co.uk/npl/length/dmet/services/na\\_rig.html](http://www.npl.co.uk/npl/length/dmet/services/na_rig.html)

## Artigos técnicos

### Medição do raio médio de uma circunferência utilizando técnicas de processamento de imagem

*Measurement of the circumference mean radius using image processing techniques*

Gabriel Borelli Martins\*, Marcelo Tadao Saita†

#### Resumo

Neste trabalho, é apresentado um caso simples de medição do raio de uma circunferência impressa em uma folha de papel sulfite A4 por meio de técnicas de processamento digital de imagens com a biblioteca OpenCV. Foram utilizadas dezessete fotos distintas, a partir das quais foram obtidos 136 raios médios diferentes. O procedimento adotado mostrou-se repetitivo, com desvio padrão de aproximadamente 0,4 % do valor do raio médio. O raio médio encontrado foi bastante próximo do raio desenhado e impresso, com erro de aproximadamente 0,5 %. É importante mencionar que a impressão da circunferência apresenta incertezas em relação ao desenho, feito em software de CAD. Não foi feita nenhuma determinação mais cuidadosa da incerteza do raio da circunferência impressa, mas uma estimativa grosseira, baseada nas divisões do paquímetro e na espessura da linha, permite dizer que a incerteza é da ordem de 0,8 % do raio, desenhado com 30 mm.

\* Laboratório de Vazio, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A., São Paulo-SP, Brasil.

† Laboratório de Metrologia Mecânica, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A., São Paulo-SP, Brasil.

\*E-mail: gborelli@ipt.br

**Palavras-chave:**  
processamento de imagens;  
metrologia; OpenCV.

**Keywords:**  
image processing; metrology;  
OpenCV.

A primeira etapa do processo consistiu na determinação dos parâmetros da câmera para correção das distorções radiais e tangenciais. Para isso, 25 imagens distintas de um padrão quadriculado, como o mostrado na Figura 2, foram utilizadas. Os pontos de interseção entre os quadrados pretos e os quadrados brancos no padrão podem ser identificados em cada imagem, como indicado na Figura 3. Como as dimensões dos quadrados são conhecidas, é possível determinar os parâmetros necessários para a correção das distorções.

Figura 2 - Padrão quadriculado utilizado para a determinação dos parâmetros da câmera.



Fonte: elaborado pelos autores

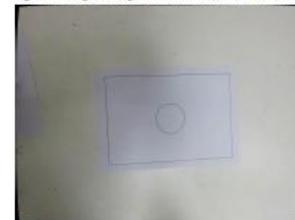
Figura 3 - Pontos de interseção identificados.



Fonte: elaborado pelos autores

A Figura 4 corresponde à correção das distorções para a foto mostrada na Figura 1a. A correção é mais perceptível nos cantos da imagem.

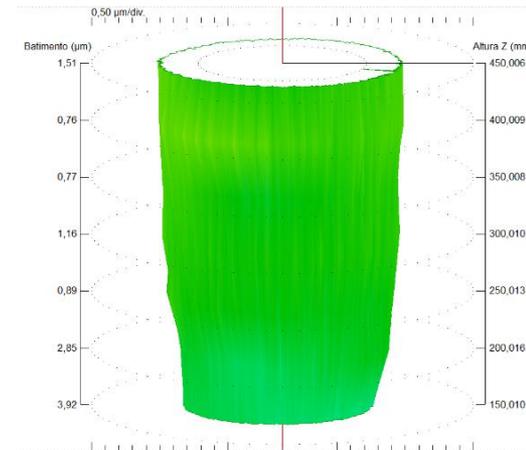
Figura 4 - Imagem da Figura 1a com correção das distorções.



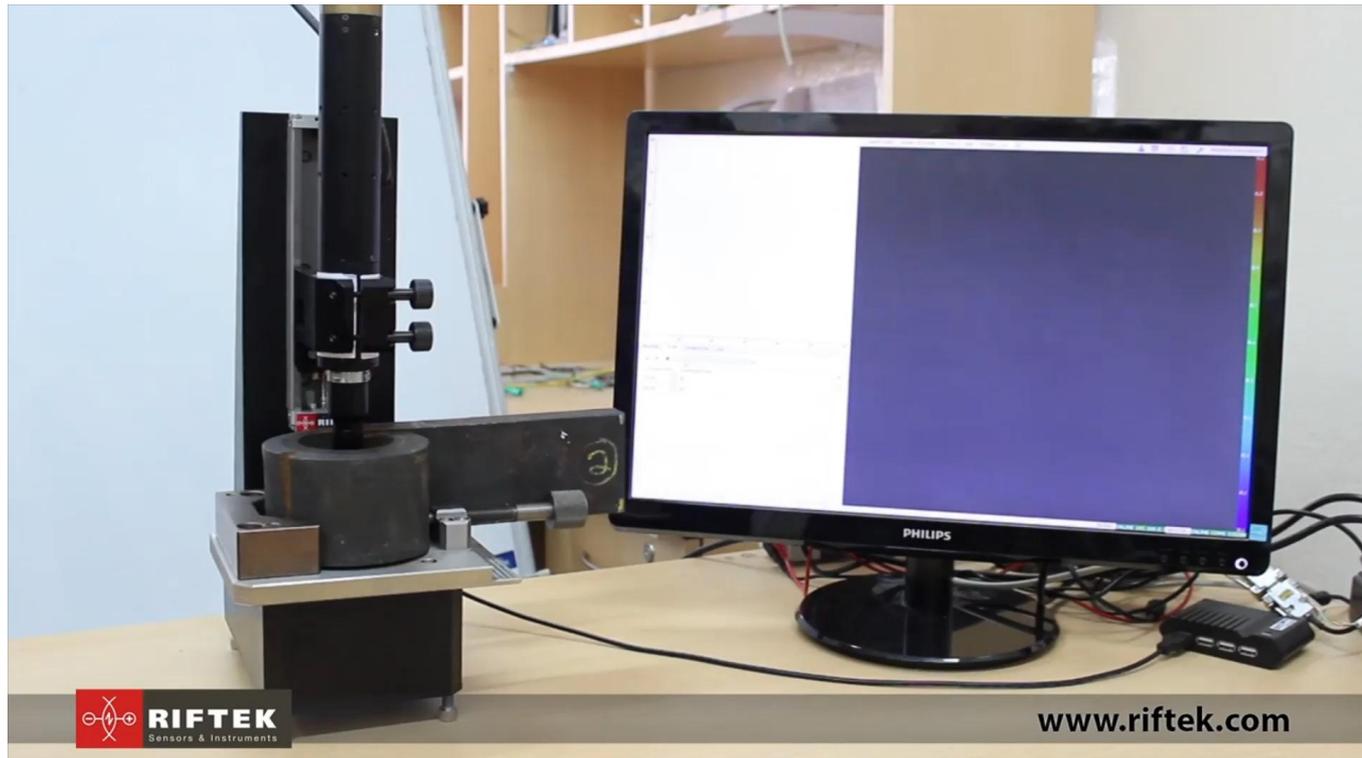
Fonte: elaborado pelos autores

# Projeto

- ✓ Câmeras (GoPro) acopladas às escalas Renishaw;
- ✓ Referenciamento com cilindro calibrado;
- ✓ Movimento das câmeras e do sensor ultrassônico controlado por motor de passo;
- ✓ Superfície externa.

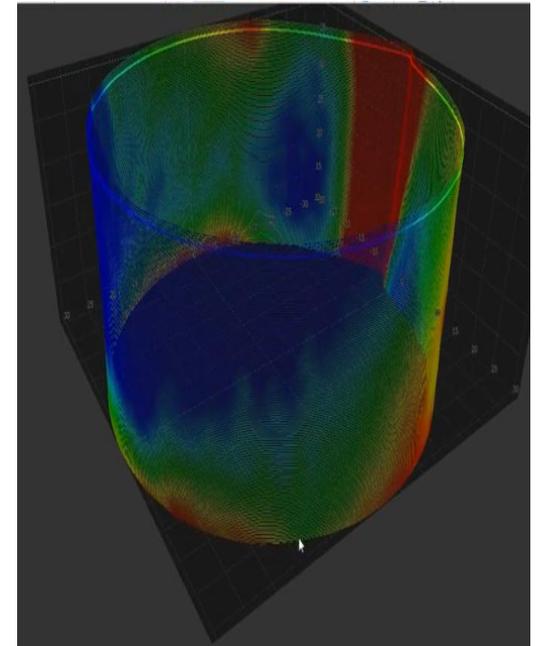


# Diâmetro interno e rugosidade



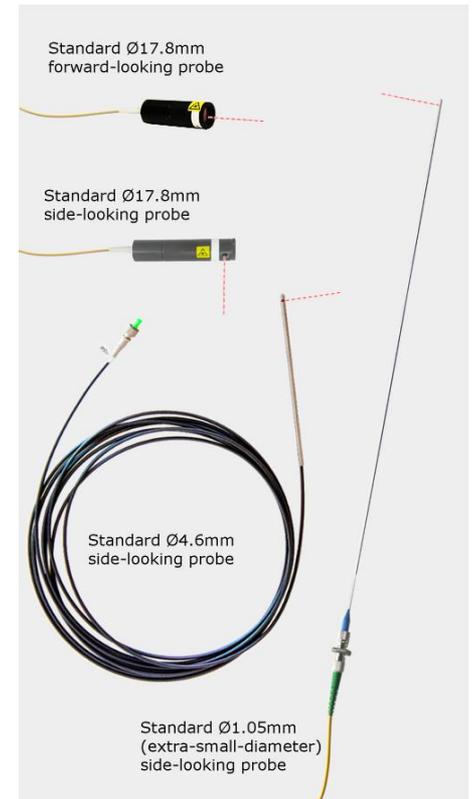
# Com desmontagem

- ✓ Sensor laser acoplado à escala Renishaw;
- ✓ Medição do diâmetro interno e rugosidade;
- ✓ Referenciamento com anel padrão calibrado;
- ✓ Superfície interna.



# Sem desmontagem

- ✓ Sensor Novacam (sensor de fibra óptica);
- ✓ Boroscópio;
- ✓ Medição do diâmetro interno e rugosidade;
- ✓ Superfície interna.



# Características geométricas

## ASME Y14.5-2009

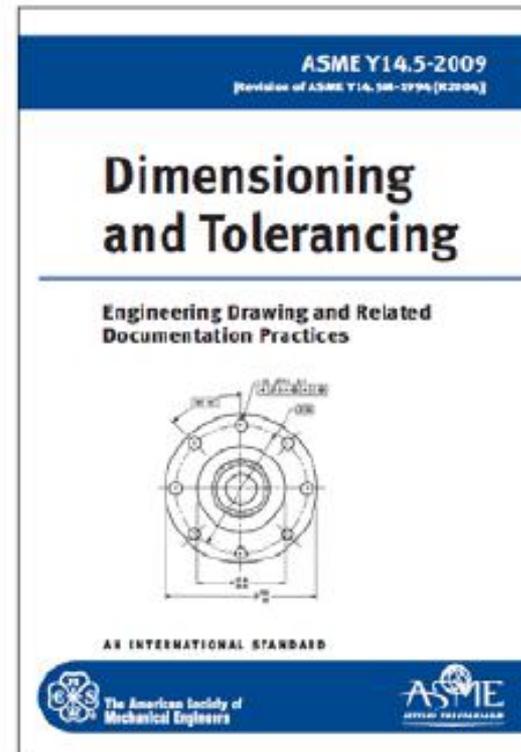
- ASME Y14.5-2009 states:

*“...establishes uniform practices...for use on engineering drawings...”*

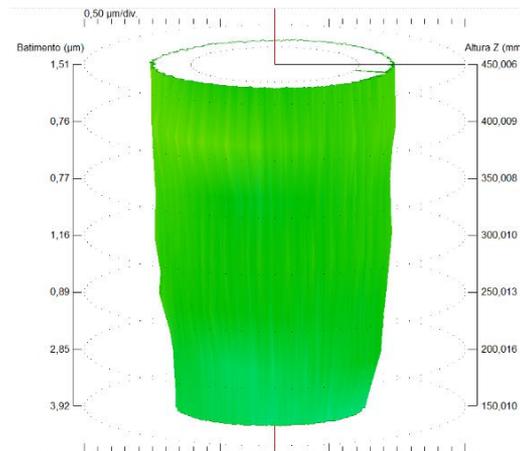
*“This document is not intended as a gaging standard.”*

*“It is neither the intent nor within the scope of this Standard to define measurement methods.”*

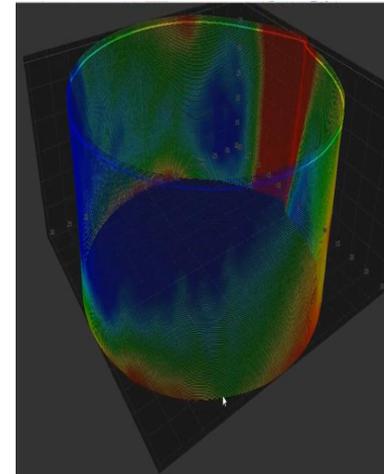
- Defines tolerance zones only.
- Developing measurement methods can be challenging at times.



# Fusão

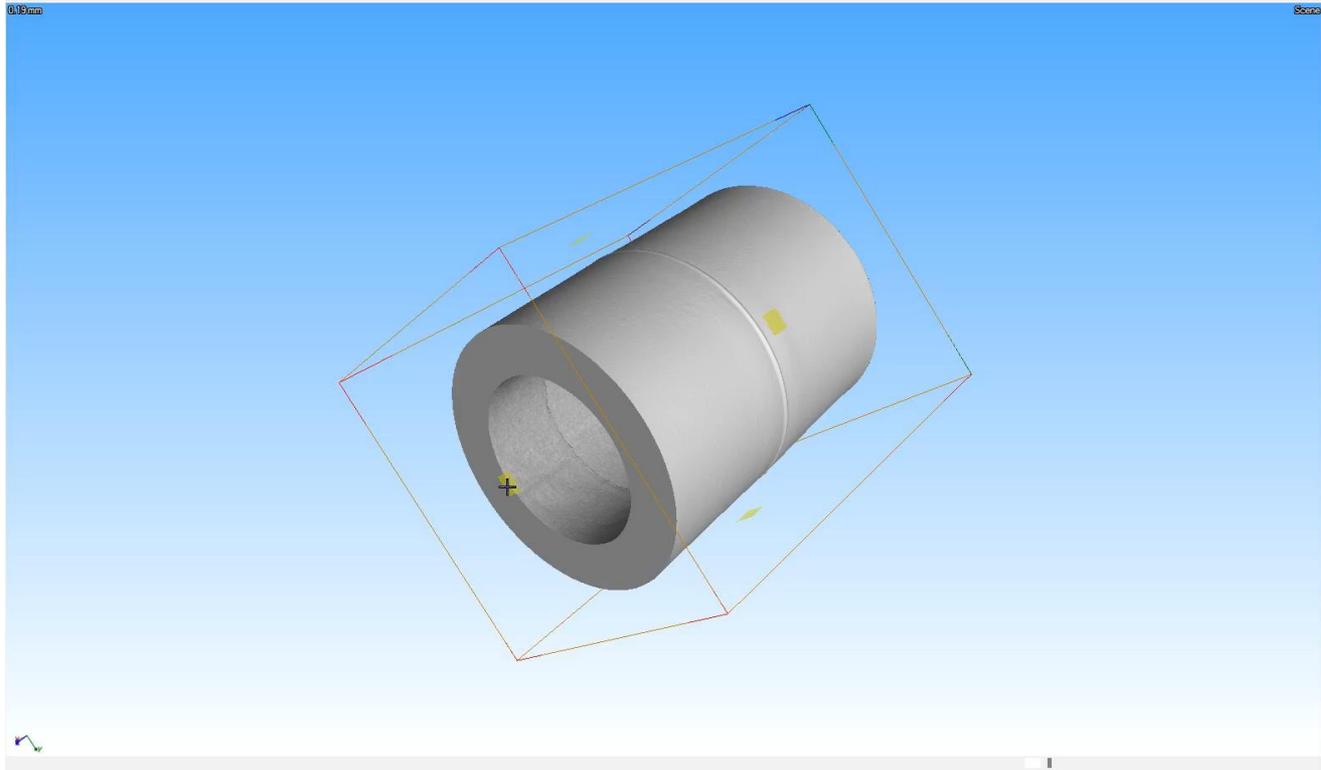


Superfície externa



Superfície interna

# Fusão



# Projeto

- ✓ Acoplamentos com engate rápido (rápida montagem e desmontagem);
- ✓ Compacto, robusto, leve e portátil (armazenamento em *case*);
- ✓ Calibração óptica simples com fácil ajuste mecânico (se necessário).

# Seu desafio é nosso.

Douglas Mamoru Yamanaka

Laboratório de Metrologia Mecânica / TRM