

EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA METROLOGIA DIMENSIONAL



Prof. André R. Sousa, Dr. Eng.
IFSC – Lab. Metrologia



Metrologia

20 de Maio de 2008.
Taubaté – SP

Introdução

- Temas desta apresentação

- Evolução tecnológica da Metrologia Dimensional
- Evolução na aplicação da Metrologia na Manufatura



Metrologia e Civilização

Lord Kelvin

“Se você não pode medir algo, não pode melhorá-lo.”

F. K. Richtmyer

“Muitas descobertas importantes foram feitas investigando a próxima casa decimal”



Descobertas científicas e Evolução tecnológica



Onipresença da Metrologia

Cotidiano do Indivíduo

Cotidiano da Sociedade

Nas atividades técnicas



O horário em que o despertador toca,
A temperatura no interior do refrigerador,
O volume de leite na embalagem,
O tempo e a temperatura de cozimento em um forno,
A velocidade com que o automóvel se desloca,
A dosagem de um remédio
A pressão nos pneus,
O volume de combustível adquirido no posto,
O peso do prato no restaurante “a quilo”,
As contas de água e energia elétrica,
A pureza e a quantidade da matéria-prima,
A regulação e operação das máquinas,
A qualidade de um produto
Etc.

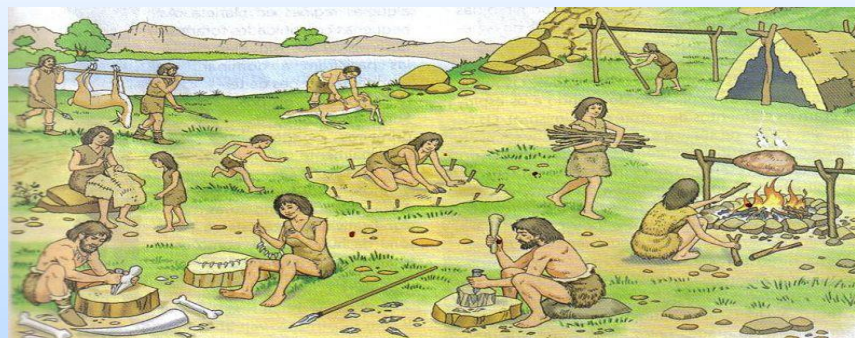
Impossível um Mundo Civilizado sem Metrologia



O INÍCIO

Surgimento e Evolução da Metrologia

1. Desenvolvimento dos primeiros núcleos de sociedade



2. Desenvolvimento da capacidade de contagem



|||||||

CCCXXIII

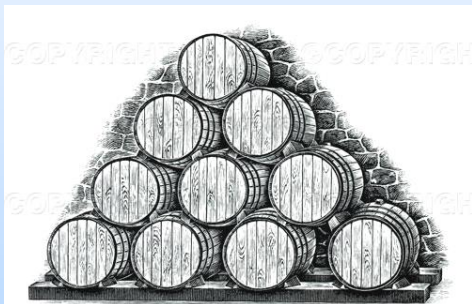
126

|||||||

20

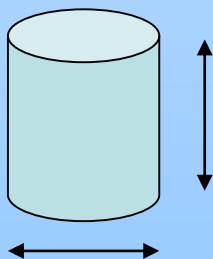
Surgimento e Evolução da Metrologia

3. Desenvolvimento da capacidade de medir



10 bv \longrightarrow 1 bv = 1 barril de vinho

4. Desenvolvimento do comércio entre grupos vizinhos (aperfeiçoamento das unidades)



Padronização do barril

Surgimento e Evolução da Metrologia

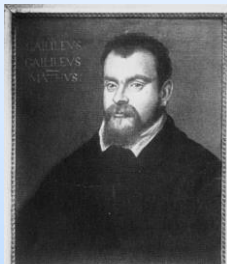
5. Grandes descobertas técnico-científicas ao longo do tempo



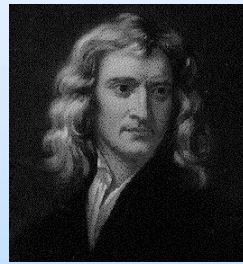
Euclides



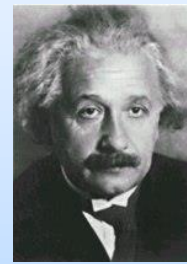
Decartes



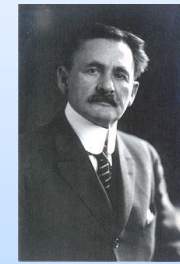
Galileu



Newton



Einstein



Michelson



Abbe

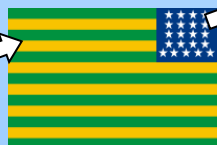
6. Consolidação das nações e sociedades modernas



Colônia



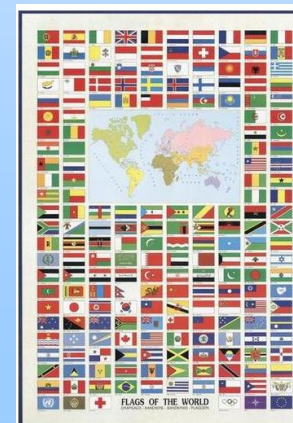
Império



República

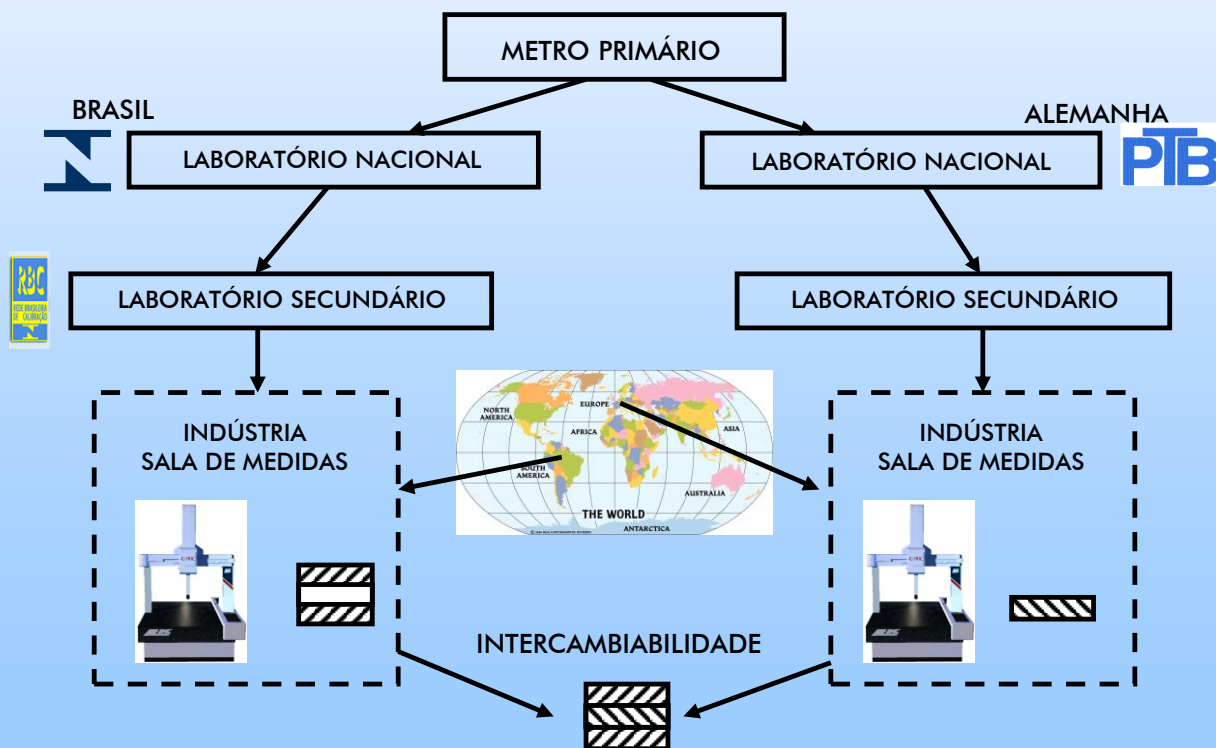
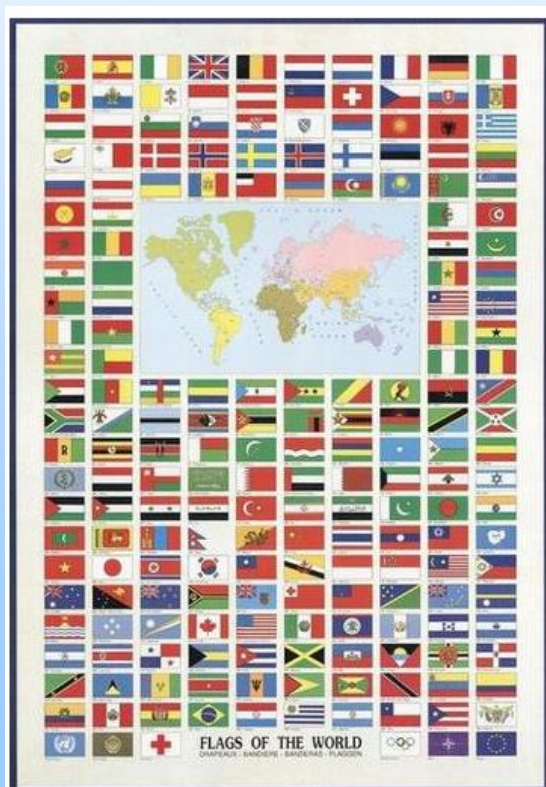


Atual



Surgimento e Evolução da Metrologia

7. Globalização no fornecimento de produtos





NA ÁREA DIMENSIONAL

Início da Metrologia Dimensional:

Registros bíblicos

Encontrados 158 registros para: **covados**

(II Reis 25,17)

Uma das colunas tinha dezoito côvados de altura, e sobre ela descansava um capitel de bronze de três côvados; em volta do capitel da coluna havia uma rede e romãs, tudo de bronze. A segunda coluna era semelhante, com sua rede.

[\[Leia mais...\]](#)

(I Crônicas 11,23)

Foi ele ainda quem venceu um egípcio de cinco côvados de altura; esse egípcio tinha na mão uma lança semelhante a um cilindro de tear de tecelão. Foi contra ele com um bordão, arrancou-lhe a lança das mãos e o matou com a própria lança.

[\[Leia mais...\]](#)

(II Crônicas 3,3)

Estes são os fundamentos determinados por Salomão para a construção do templo: de comprimento, sessenta côvados, segundo a antiga medida; de largura, vinte côvados.

[\[Leia mais...\]](#)

(II Crônicas 3,4)

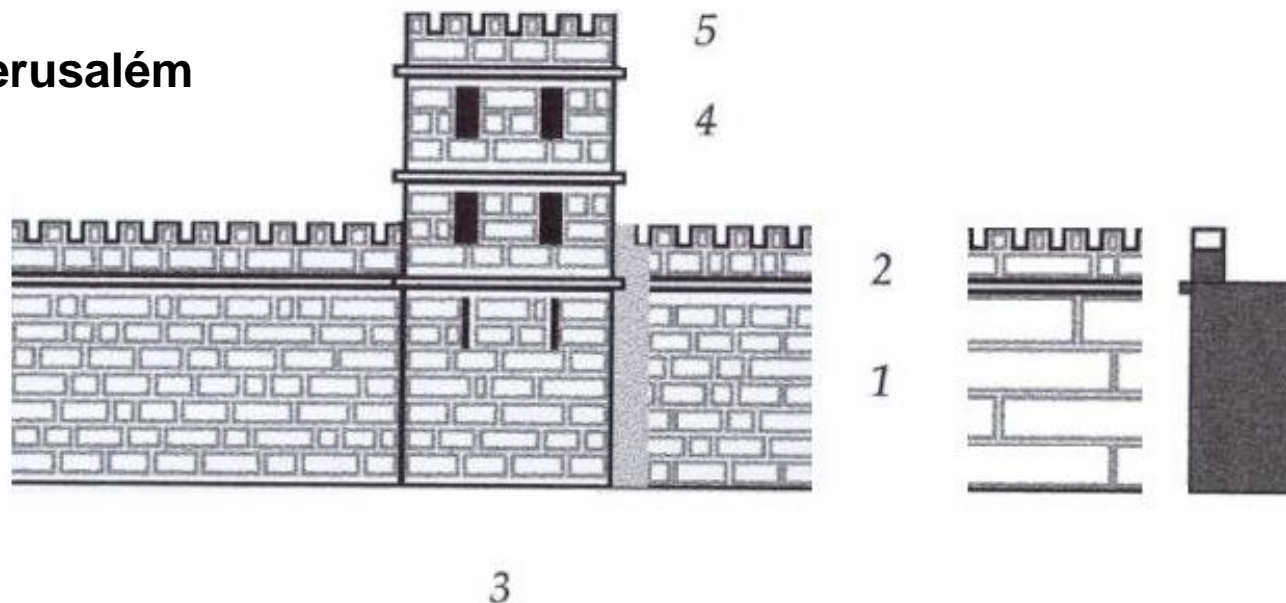
O pórtico, que se achava no frontispício, e cujo comprimento correspondia à

Gênesis 6,14.

A arca de Noé teria o comprimento de 300, Largura de 50 e a altura de 30 côvados...



Muralha de Jerusalém

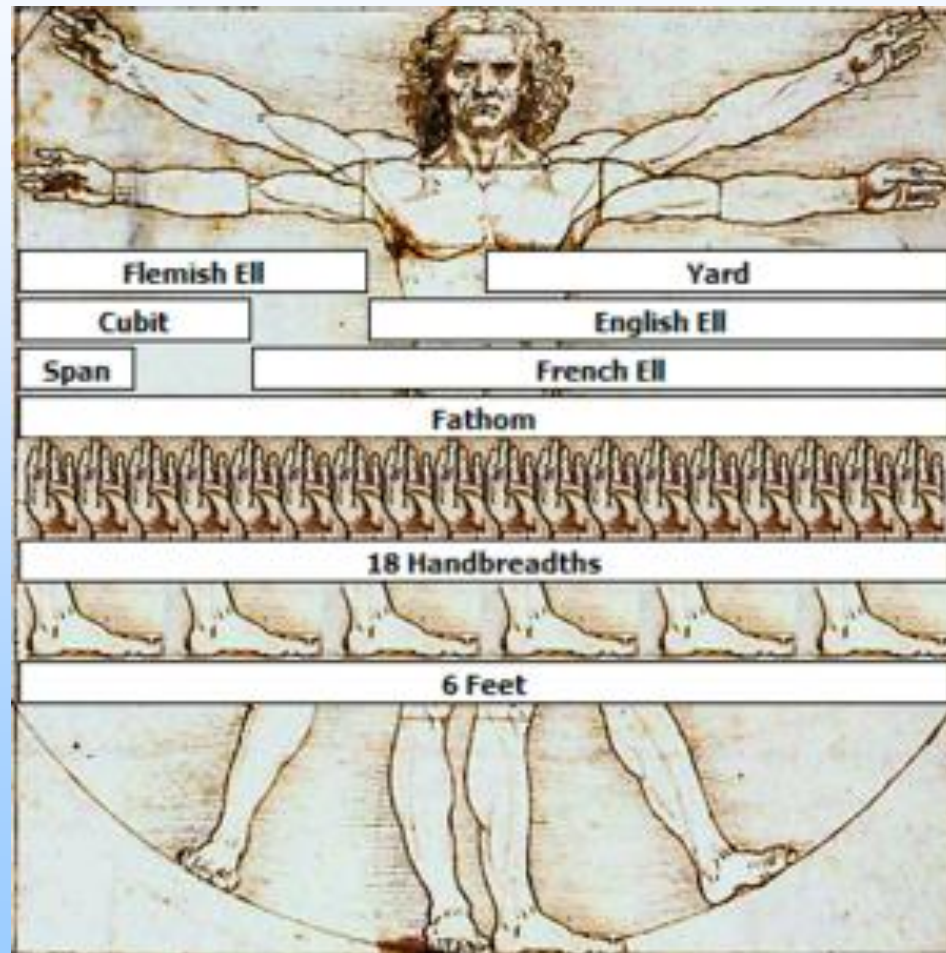


- 1- Muralhas (a: 20 CV, l: 10 CV), com bossagens (cada pedra: c: 20 CV, l: 10 CV);
- 2- parapeitos (a: 3 CV) e merlões (a: 2 CV);
- 3- base maciça das torres (a: 20 CV, l: 20 CV, c: 20 CV);
- 4- andares das torres (a: 20 CV, l: 20 CV, c: 20 CV);
- 5- «cisternas» para recolher a água da chuva.

Protágoras (2500 a.c.)

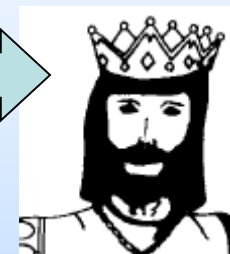
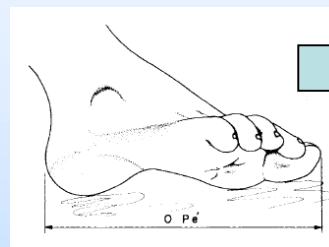
“O homem é a medida de todas as coisas”

As primeiras unidades de medidas de comprimento usadas pelo homem são antropométricas.



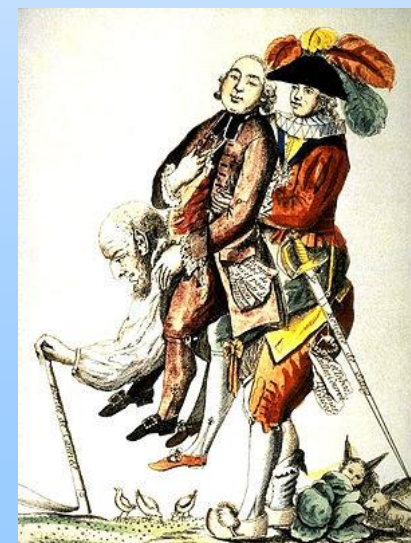
Século XVII (1600...)

A França padroniza a Toesa de Chatelêt: barra de ferro com dois ressaltos, que ficava fixada no muro denominado de grande Chatelet, próximo a Paris, para que cada cidadão pudesse controlar seus instrumentos de medida.

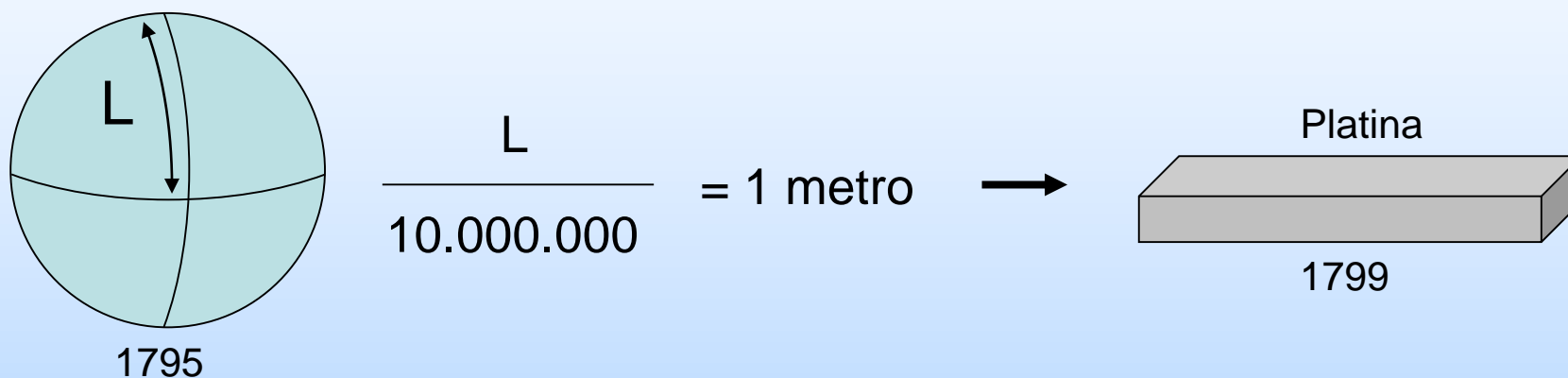


Revolução Francesa (1789)

- A revolução Francesa derrubou (e decapitou) a monarquia.
- Ruptura com antigos padrões, inclusive os de medida.
- Liberdade, Igualdade e Fraternidade.
- Definições científicas para padrões dimensionais.



Decreto da Assembléia Francesa dá origem ao Metro (m)



As medições do comprimento da terra realizadas na época, apresentavam uma incerteza de 0,021% do valor medido, ou seja: 2.100 m em 10.000.000

Com isso, o metro da época tinha uma incerteza de 0,21 mm

Para que o metro tivesse uma incerteza de 0,001 mm, seria necessário medir o quadrante da terra com incerteza de 10 m. Ainda hoje isso é difícil.

Convenção do Metro (1875)

Por causa de sua simplicidade, o sistema métrico disseminou-se rapidamente para fora da França. O desenvolvimento das ferrovias, o crescimento da indústria e o aumento da importância social e trocas econômicas requeriam medições precisas e unidades de medida confiáveis.

- 1800 – Várias províncias italianas
- 1816 – Holanda
- 1849 – Espanha
- 1860 – Brasil
- 1866 – Estados Unidos
- 1866 – Canadá
- 1871 – Alemanha



Estes países eram dependentes de suas réplicas nacionais do protótipo original do metro. Esta dependência junto com a falta de uniformidade das cópias, limitavam o desejo de padronização internacional. Para superar estas dificuldades, o *Bureau International des Poids et Mesures* (BIPM) foi criado como termo do tratado diplomático conhecido como a **Convenção do Metro**, em 20 de Maio de 1875.



O MUNDO PASSA POR MUDANÇAS

Grandes transformações no mundo industrial

- Revolução industrial
- Produção em massa
- Indústria automobilística
- Especialização da produção (Frederic Taylor)
- Linhas de montagem (Henry Ford)



Necessidade de precisão geométrica

Montagem Intercambiável

Funcionalidade

Segurança

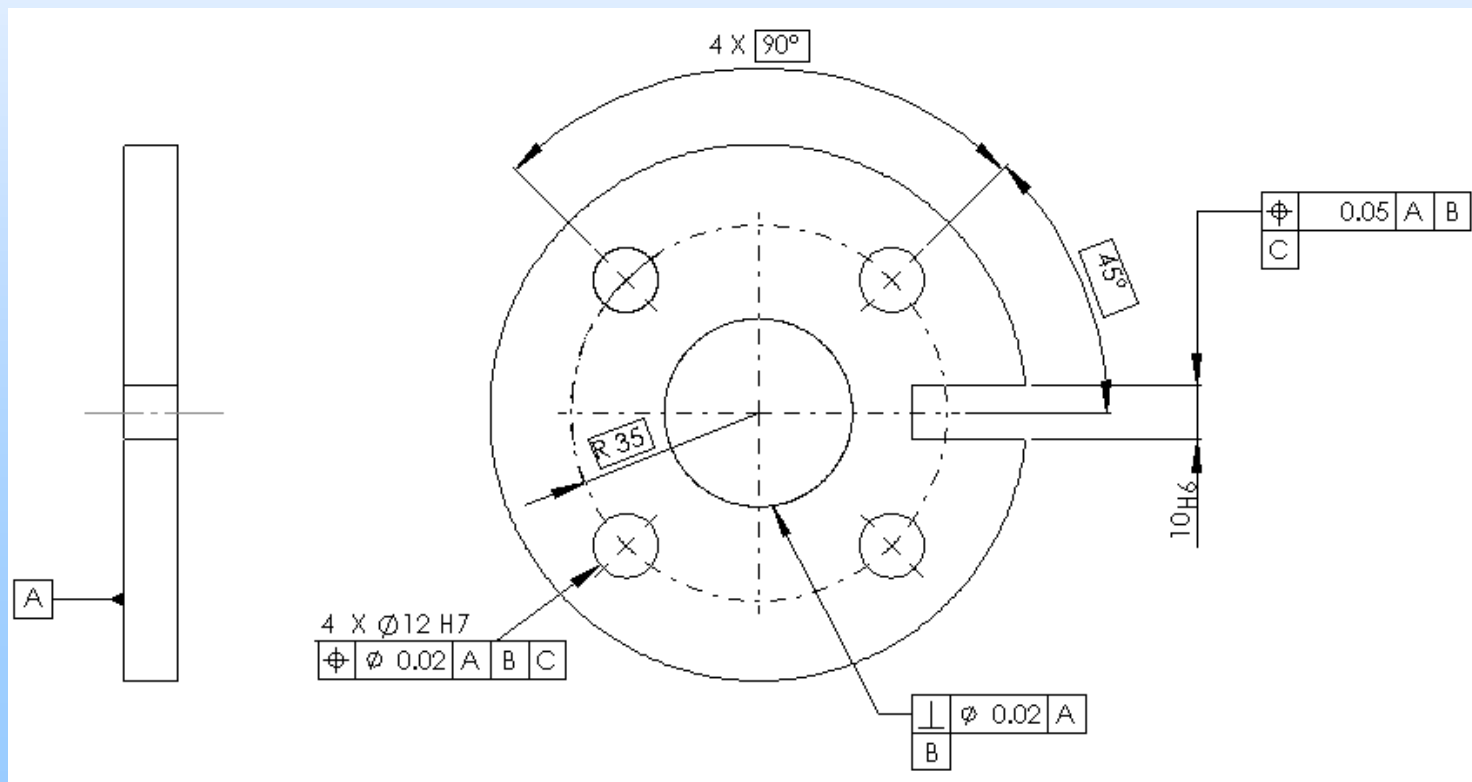
Estética



Novos métodos de Especificação Geométrica

Tolerâncias dimensionais (Ajustes ISO)

Tolerâncias geométricas (GD&T)



Controlar a Dimensões é Preciso!!



Precisão Dimensional no Mundo automotivo...



Em 1908, durante uma competição no clube real de automobilística na Inglaterra, três veículos Cadillac foram completamente desmontados e suas 721 peças trocadas entre si, sem nenhum problema de remontagem.

Após isso os 3 veículos percorreram 500 milhas sem nenhum problema operacional.

Foi a 1ª vez que uma empresa americana venceu esta competição, que premiava inovações no mundo do automóvel.



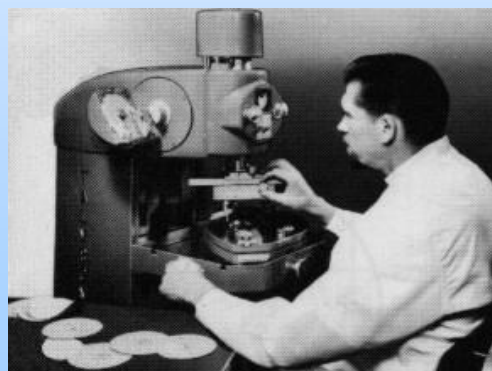
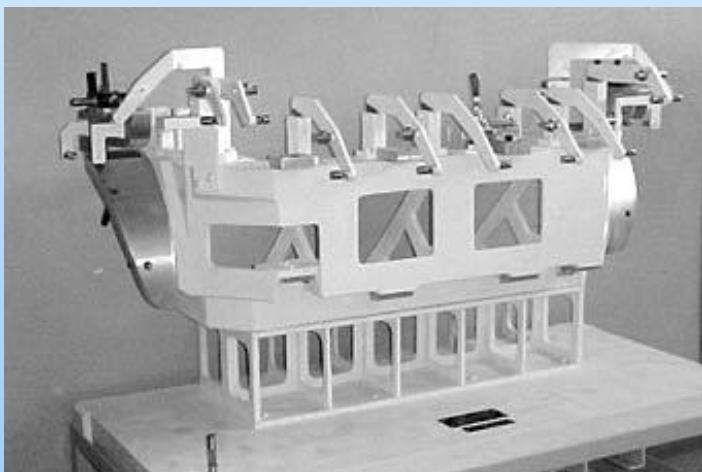
Intercambiabilidade!!

Impulso para a Metrologia Dimensional

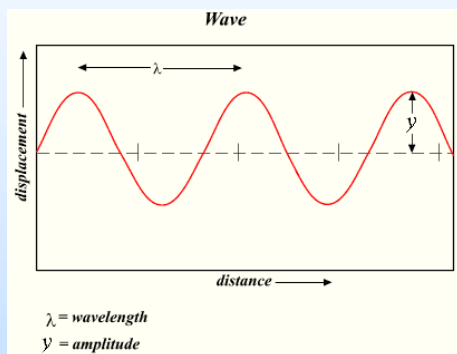
Novas tecnologias

Novos métodos de trabalho

Organização metrológica

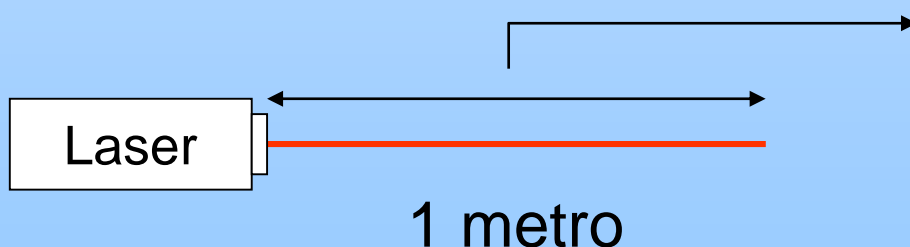


A segunda realização do metro (1960)



1 metro é igual a 1.650.763,73 comprimentos de onda, no vácuo, da radiação correspondente a transição entre os níveis 2p₁₀ e 5d₅ do átomo de criptônio 86.

A terceira e última realização do metro (1983)



O Metro é o comprimento do trajeto percorrido pela luz no vácuo durante 0,0000000033356 segundo.

metro

BIPM

Padrões Nacionais

Padrões RBC

Padrões da Indústria

Equipamentos de medição

Rastreabilidade

Disseminação

Ano	Referências	Incerteza
1795	¼ da 10 000 000ª parte do meridiano terrestre	± 0,210 mm
1799	Barra plana de platina, entre faces paralelas	± 0,01 mm
1889	Barra em forma de "X" em 90% de platina e 10% de irídio	± 0,0002 mm
1960	Irradiação do átomo de criptônio 86	± 0,00002 mm
1983	Velocidade da luz no vácuo	± 0,0000004 mm

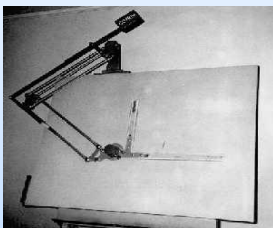




AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E OS DESDOBRAMENTOS

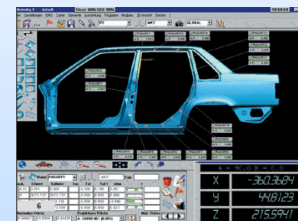
Automação e Revolução na produção

Era pré-automatização



Projeto

Era pós-automatização



Produção



Produto



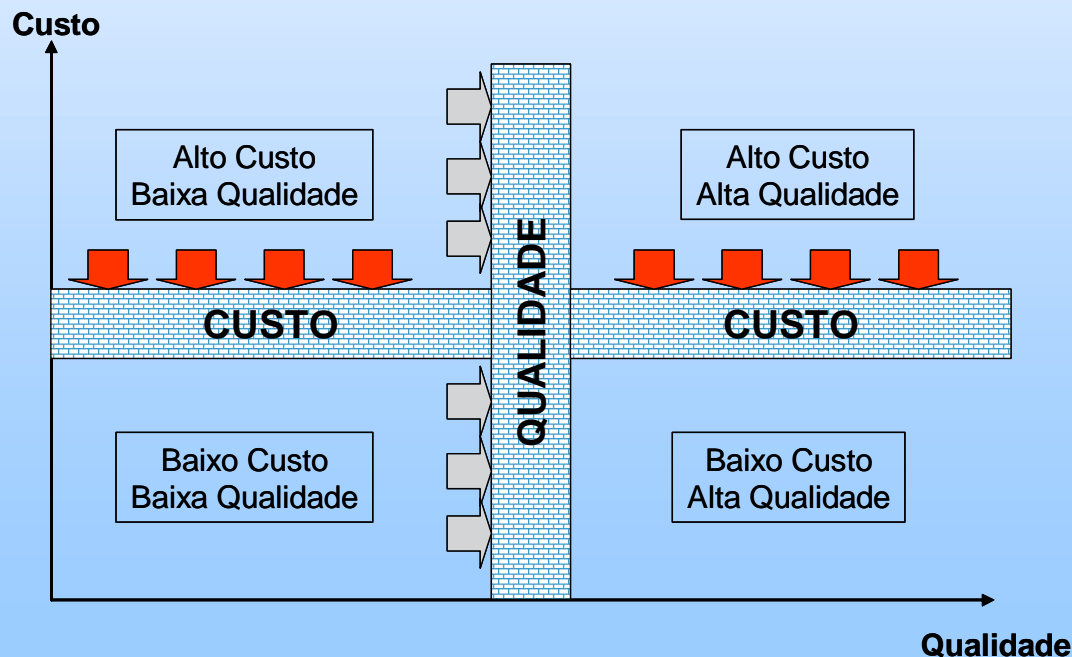
Impacto nas atividades metrológicas

- Peças com geometrias complexas
- Maior precisão dimensional e geométrica
- Necessidade de maior velocidade



Novos paradigmas na produção industrial

- A febre da Competitividade
- Qualidade total
- Produtividade



ISO 9000
ISO/TS16949
VDA 5.1
Lean Manufacturing
Just in Time
Global Sourcing
FMEA
PPAP
Cp, Cpk
...

A valorização da Metrologia

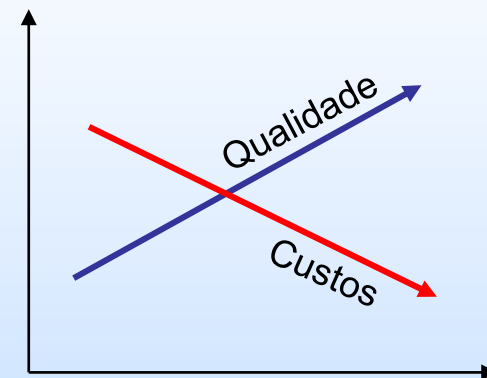
Atividade estratégica

Desenvolvimento de produto

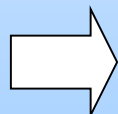
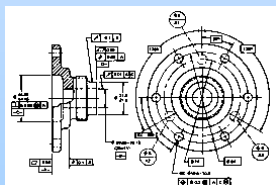
Desenvolvimento de processo

Controle de produto

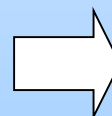
Controle de processo



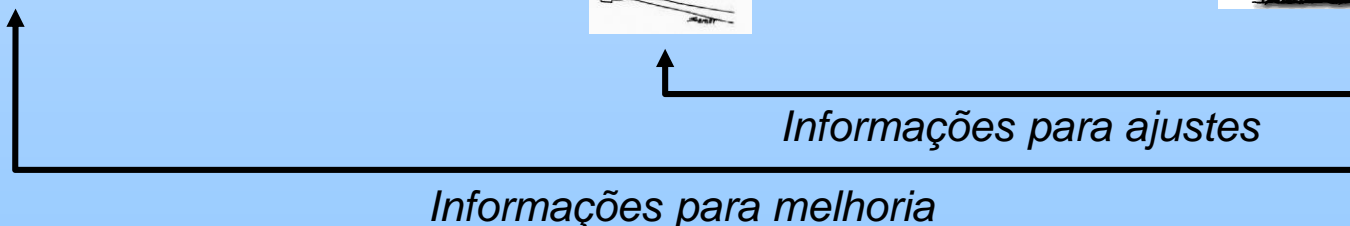
Projeto:
Especificação Geométrica



Processo:
Construção Geométrica



Metrologia:
Controle Geométrico



Evolução dos métodos de medição
Novas tecnologias
Novos métodos de trabalho
Novos requisitos



Taylor-Hobson



Dea



Leica



Mahr



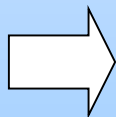
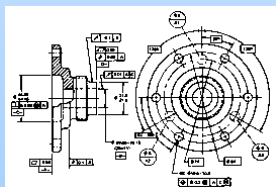
DESAFIOS NA GESTÃO DA METROLOGIA

Desafios gerenciais atuais

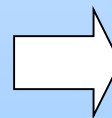
Metrologia industrial precisa agregar valor

- Resultados precisam ter confiabilidade
- Medição ter que estar integrada com outros setores
- As informações geradas precisam ter utilidade

Projeto:
*Especificação
Geométrica*



Processo:
*Construção
Geométrica*



Metrologia:
*Controle
Geométrico*



Informações para ajustes

Informações para melhoria

Desafios gerenciais atuais

Integração no gerenciamento dimensional do produto

Qualificação das pessoas

Qualificação metrológica

Qualificação operacional

Conhecimento dos processos

Geração de cultura metrológica

Conhecimentos

Habilidades

Atitudes





EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA METROLOGIA DIMENSIONAL

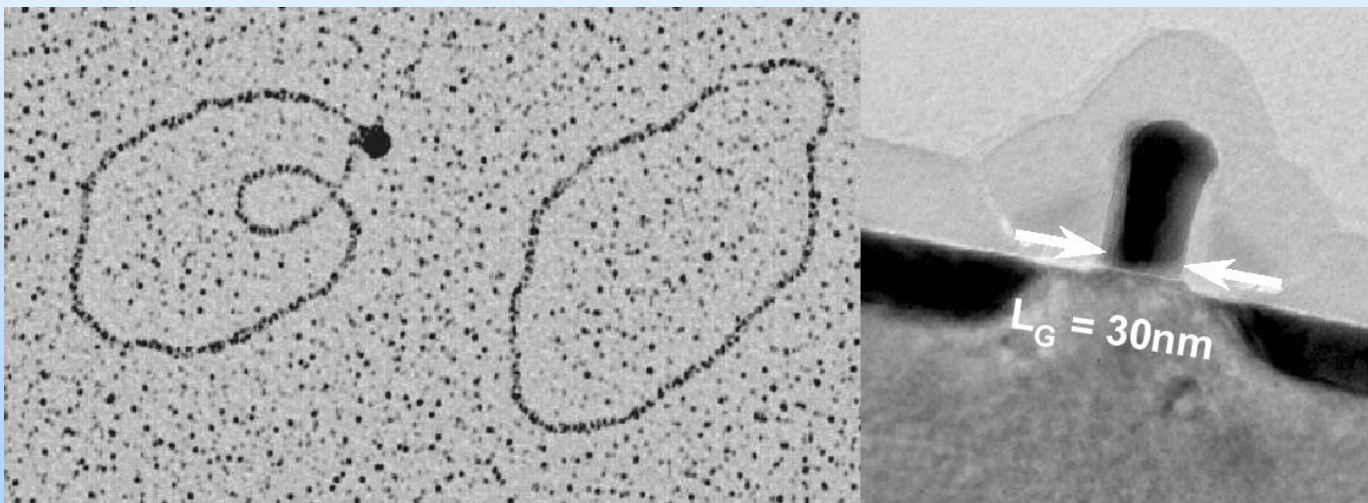


Dia Mundial
da Metrologia

O FUTURO

A evolução tecnológica não pára...

Miniaturização dos componentes exige métodos de medição especiais



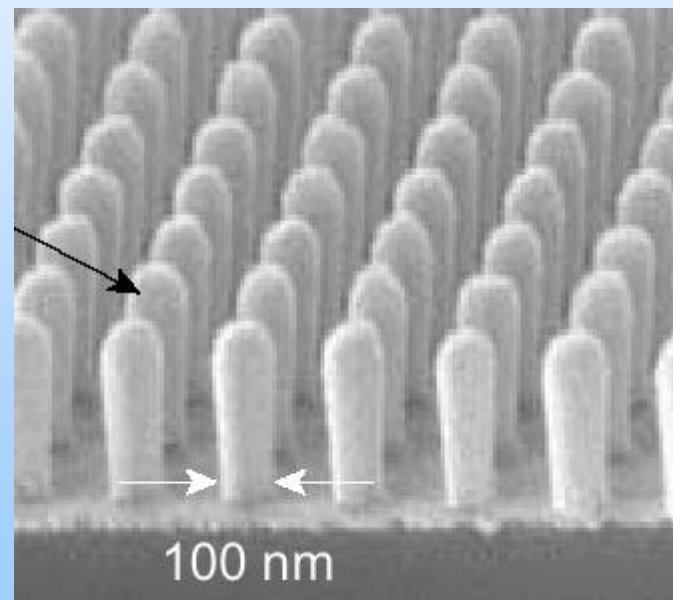
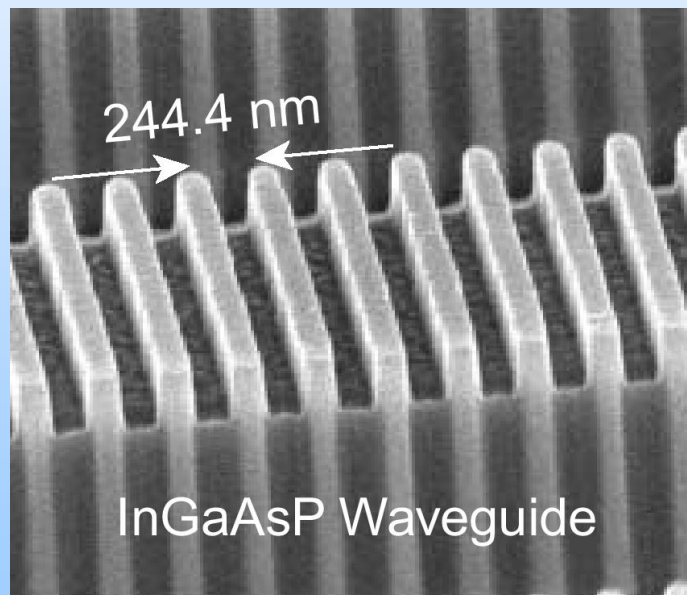
DNA

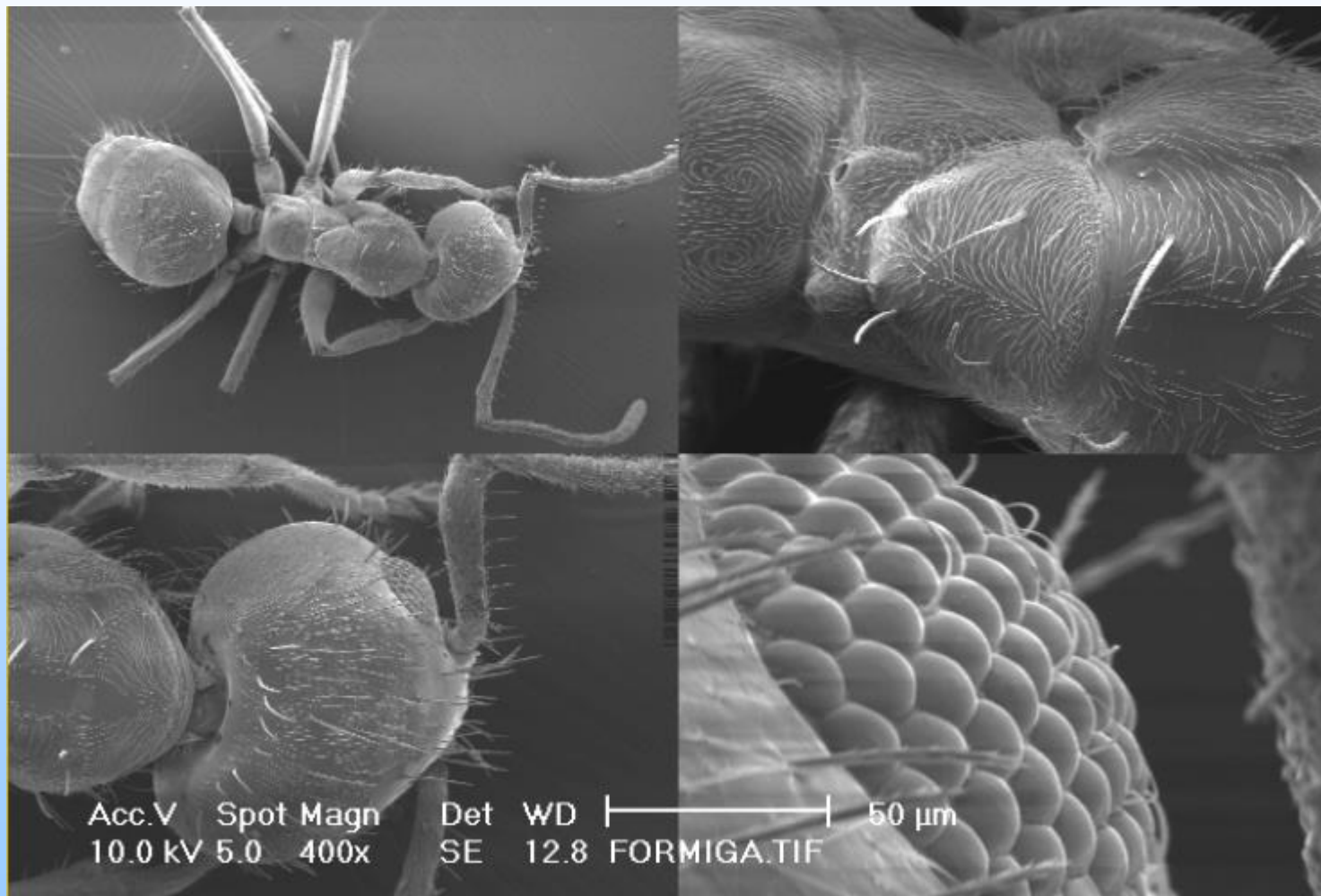
Transistor de Silício

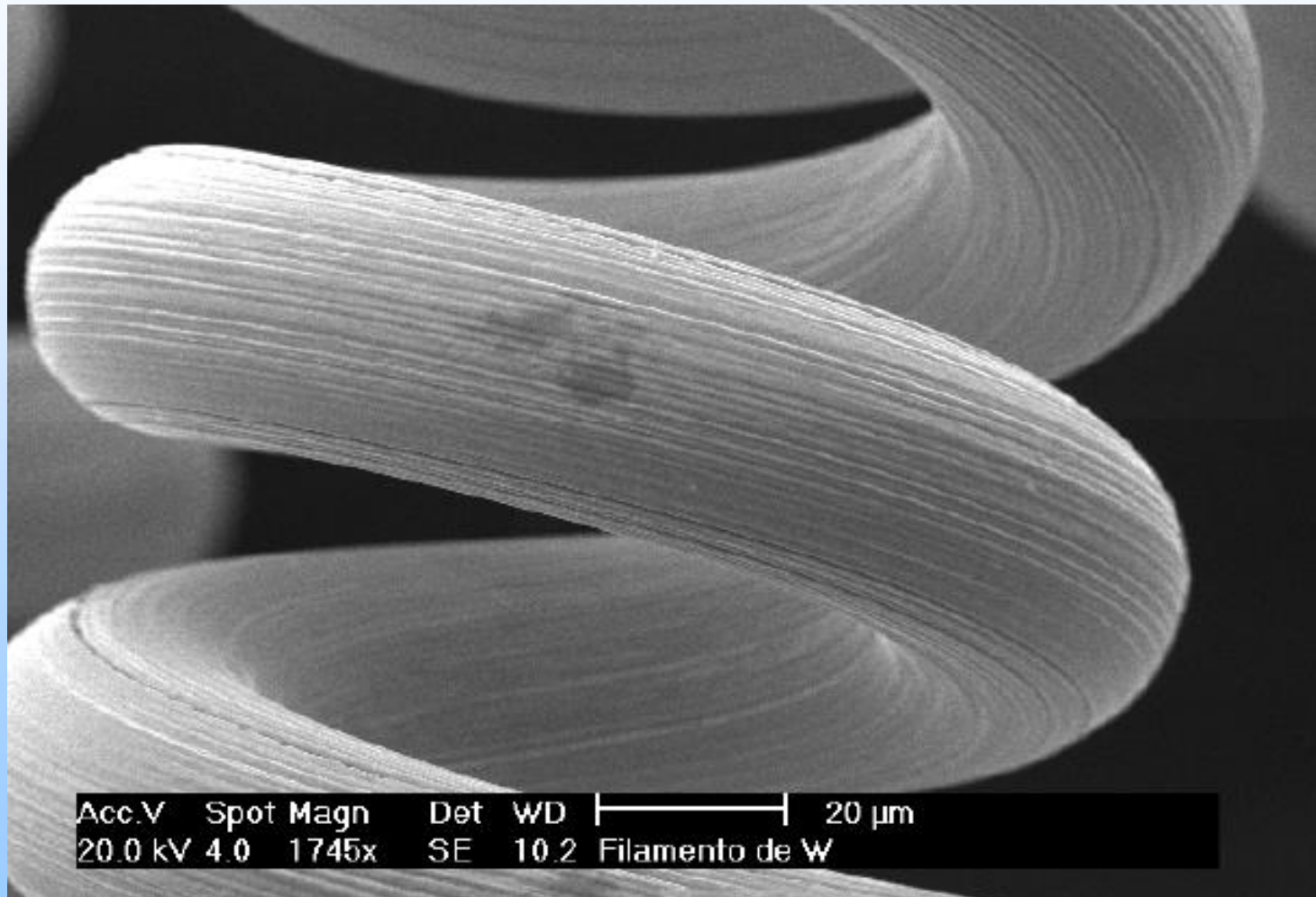
Curiosidade: a barba cresce à velocidade média aproximada de 6 nm/s

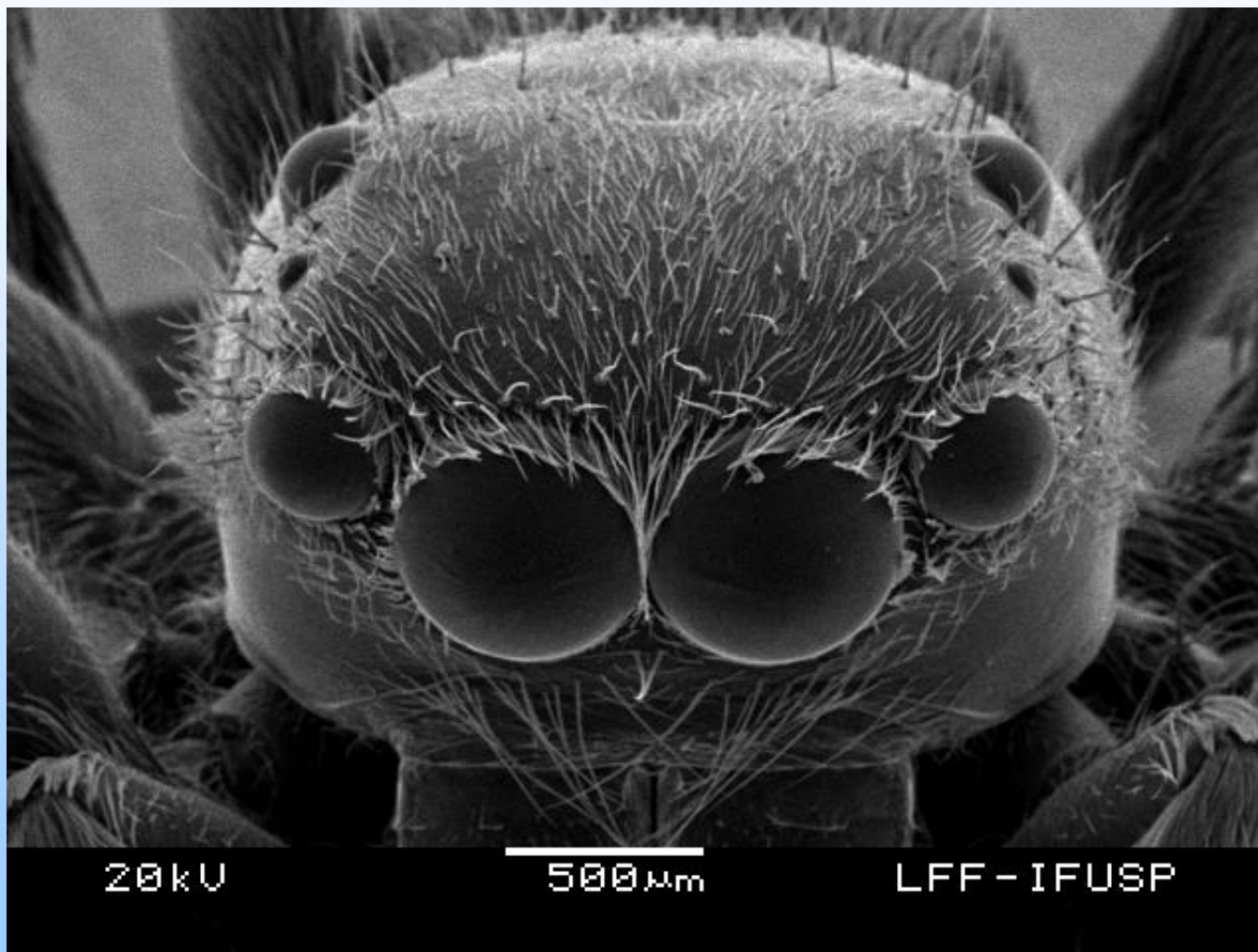
A evolução tecnológica não pára...

Miniaturização dos componentes exige métodos de medição especiais

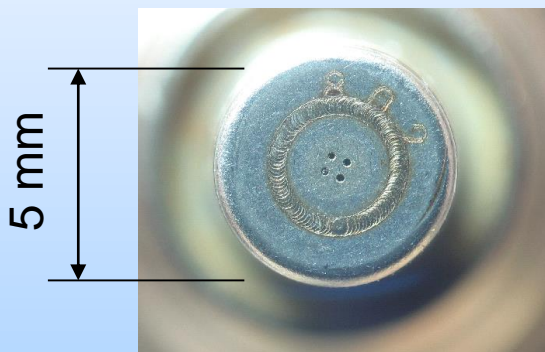




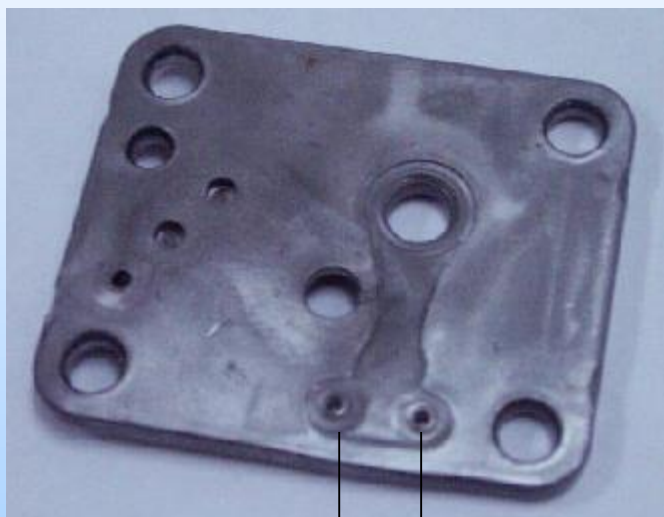




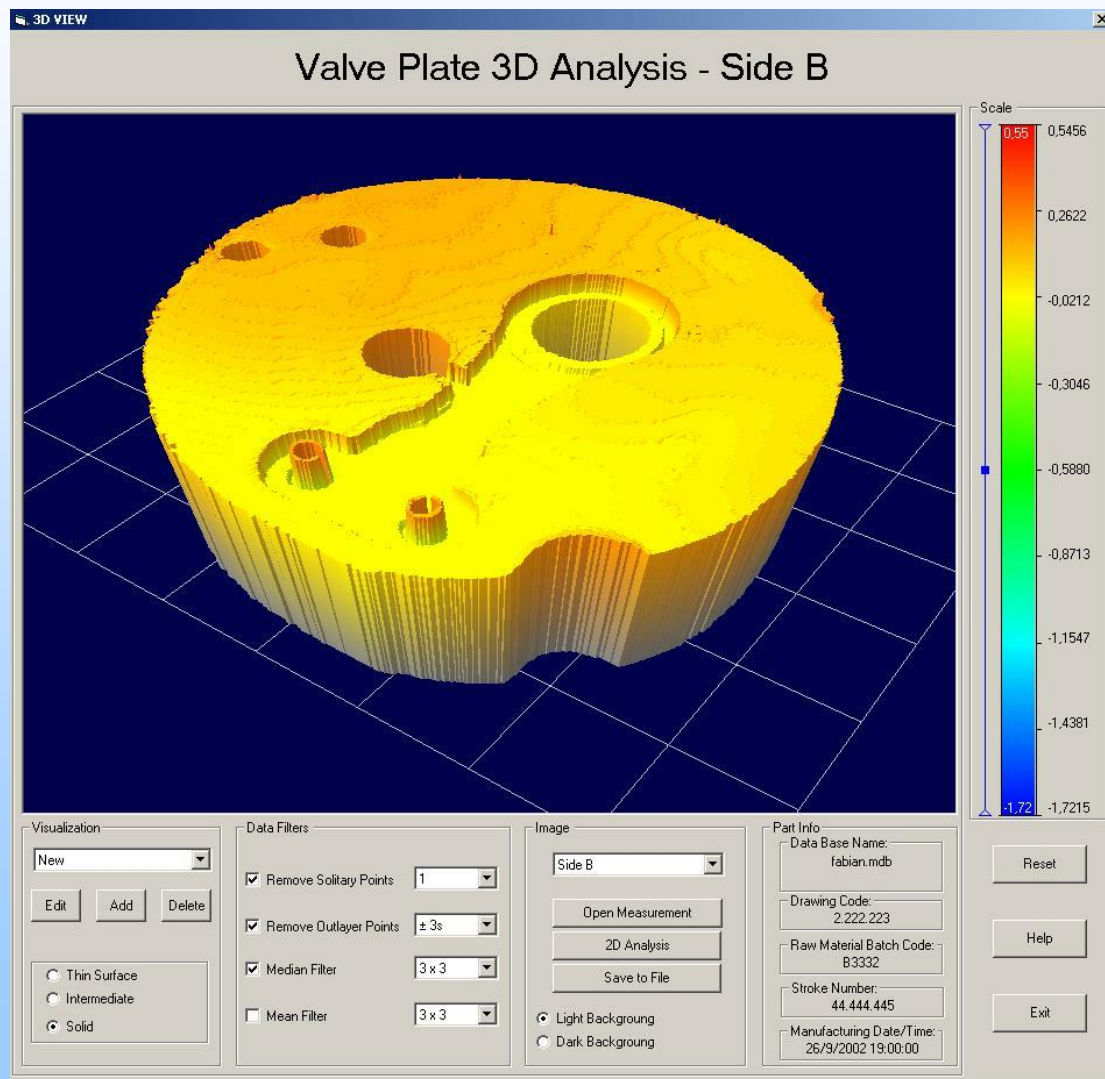
**Redução de tamanho e peso dos sistemas.
Otimização no desempenho e funcionalidade.**

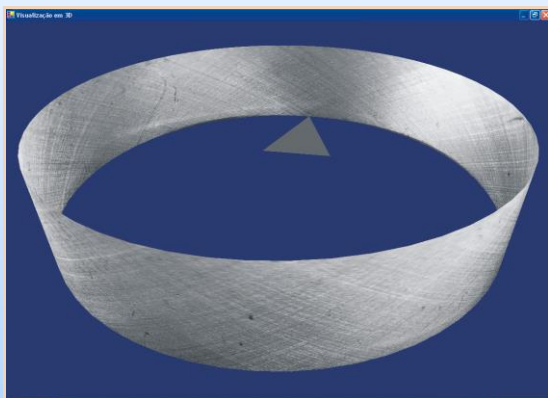


Grandes avanços moram em pequenos detalhes.



→ ←
3,0 mm



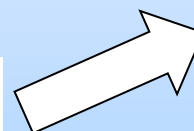
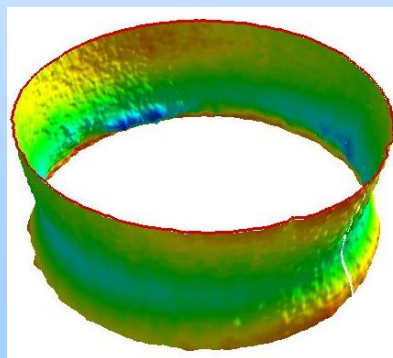


Ranuras em cilindro de motor brunido

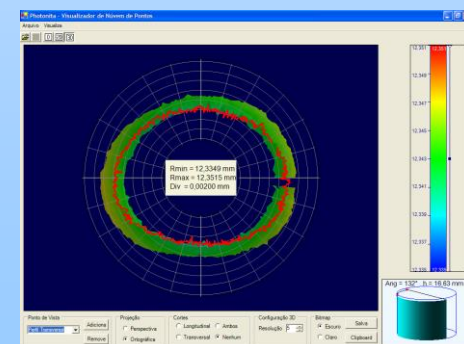
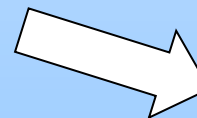
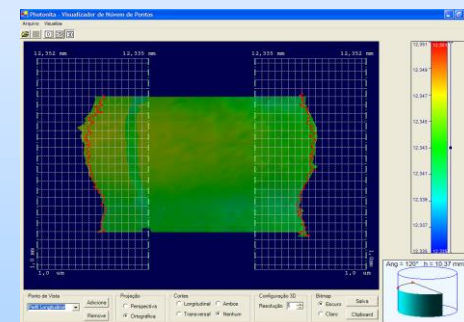
A evolução tecnológica não pára...

A medição da forma completa vai ser uma necessidade cada vez maior

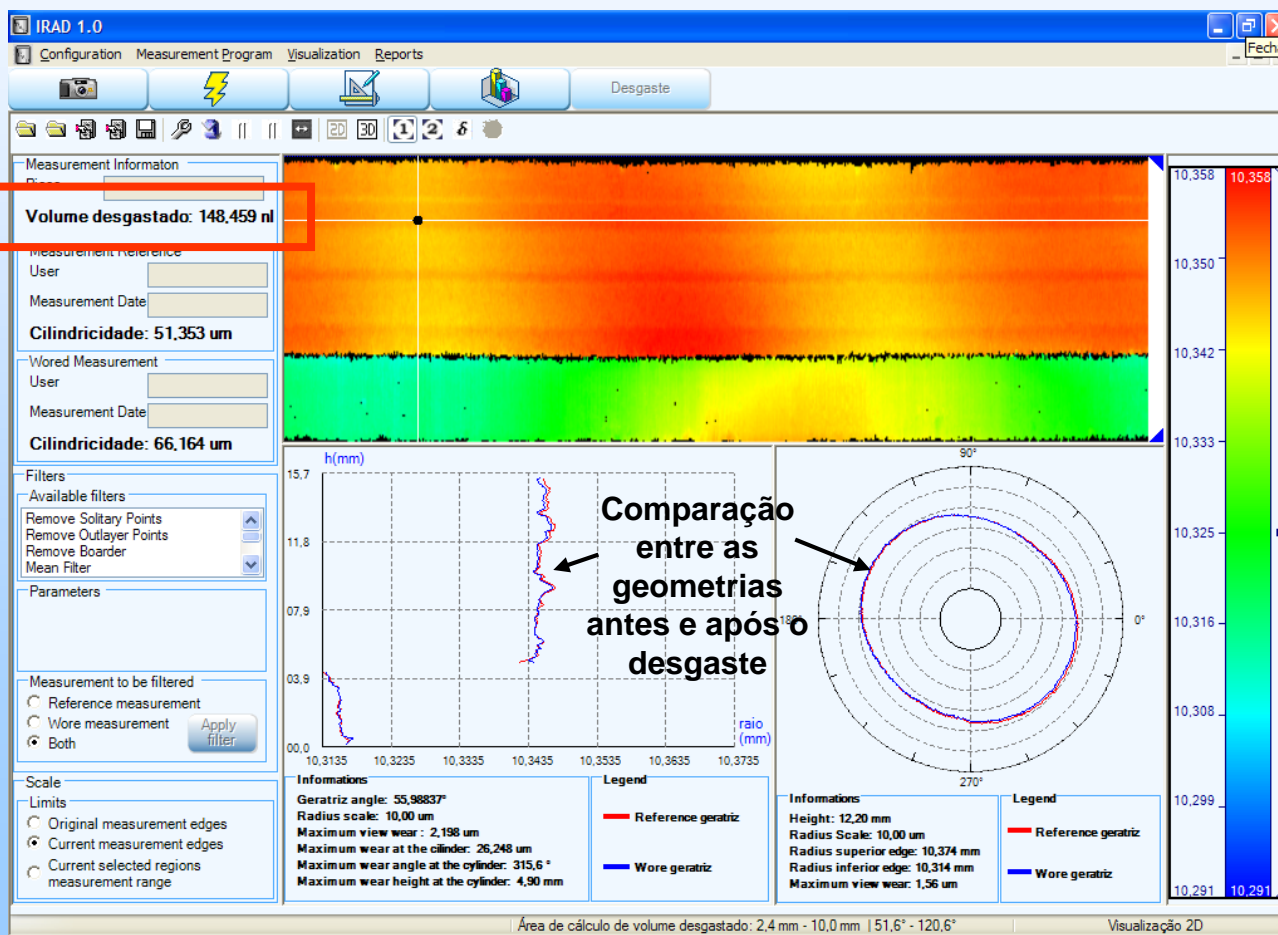
Medição 3D do olhal, com 1.000.000 de pontos e resolução sub-micrométrica



Avaliações de forma

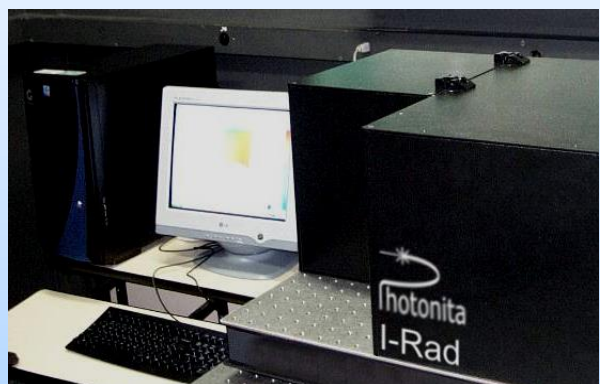


Avaliação dimensional de desgaste

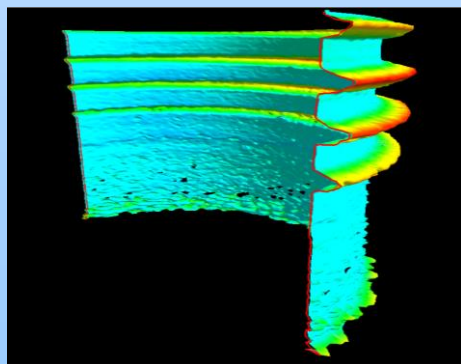


Novas tecnologias estão se disseminando...

Interferometria de luz branca



Photonita



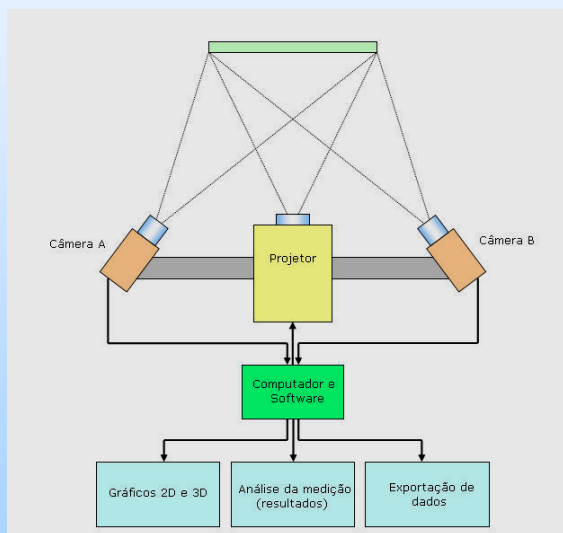
Fotogrametria digital



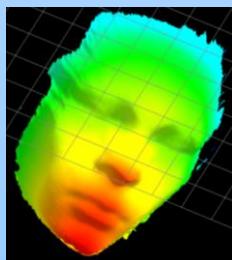
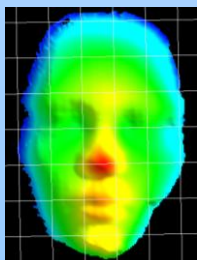
Gom

Novas tecnologias estão vindo...

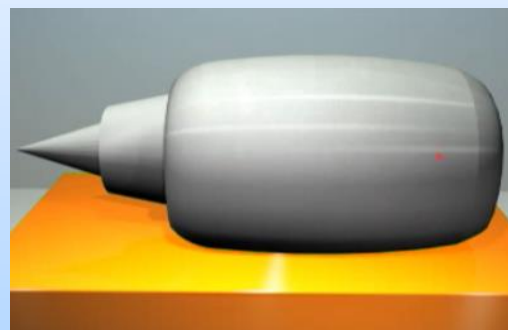
Projeção de luz estruturada



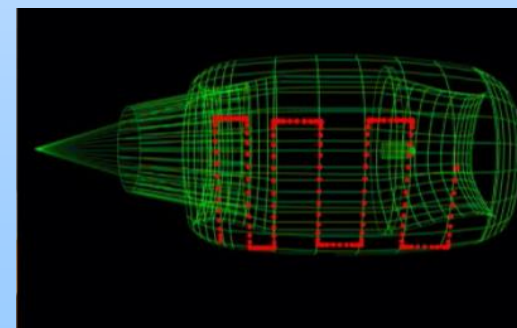
Photonita



Laser Radar



Metris



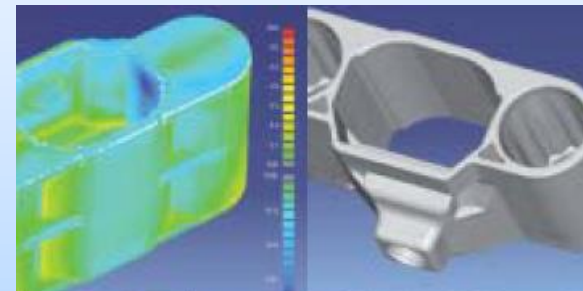
Novas tecnologias estão vindo...

GPS Indoor



Metris

Tomografia Industrial



Zeiss

Nada disso seria
possível sem este
documento, escrito há
exatos 133 anos.



Ano 0

CONVENTION DU MÈTRE

ARTICLE PREMIER (1875)

Les Hautes Parties contractantes s'engagent à fonder et entretenir, à frais communs, un *Bureau international des poids et mesures*, scientifique et permanent, dont le siège est à Paris⁽¹⁾.

ART. 2 (1875)

Le Gouvernement français prendra les dispositions nécessaires pour faciliter l'acquisition ou, s'il y a lieu, la construction d'un bâtiment spécialement affecté à cette destination, dans les conditions déterminées par le Règlement annexé à la présente Convention.

ART. 3 (1875)

Le Bureau international fonctionnera sous la direction et la surveillance exclusives d'un *Comité international des poids et mesures*, placé lui-même sous l'autorité d'une *Conférence générale des poids et mesures*, formée de délégués de tous les Gouvernements contractants.

ART. 4 (1875)

La présidence de la Conférence générale des poids et mesures est attribuée au président en exercice de l'Académie des Sciences de Paris.

(¹) Le 25 avril 1969 un accord de siège a été signé entre le Gouvernement de la République française et le Comité international des poids et mesures (le texte de cet accord a été publié au *Journal Officiel de la République française*, du 18 septembre 1970, pp. 8719-8721).

2008

Convenção
do metro



Obrigado pela atenção.