

Redução de Incertezas: do laboratório de calibração à medição em chão de fábrica

Prof. André Roberto de Sousa, Dr. Eng.
IFSC

São Paulo, Setembro de 2017

CONTEÚDO DA APRESENTAÇÃO

1. A METROLOGIA EM UM MUNDO DE INCERTEZAS
2. NECESSIDADE DE CONFIABILIDADE METROLÓGICA
3. FONTES DE ERRO EM CALIBRAÇÕES E MEDIÇÕES
4. REDUÇÃO DE INCERTEZAS EM CALIBRAÇÕES
5. REDUÇÃO DE INCERTEZAS EM MEDIÇÕES DE PRODUÇÃO
6. MONTAGEM DE PROCESSOS DE MEDIÇÃO CONFIÁVEIS
7. MANUTENÇÃO DE PROCESSOS DE MEDIÇÃO CONFIÁVEIS
8. IMPORTÂNCIA ESTRATÉGICA DA QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL

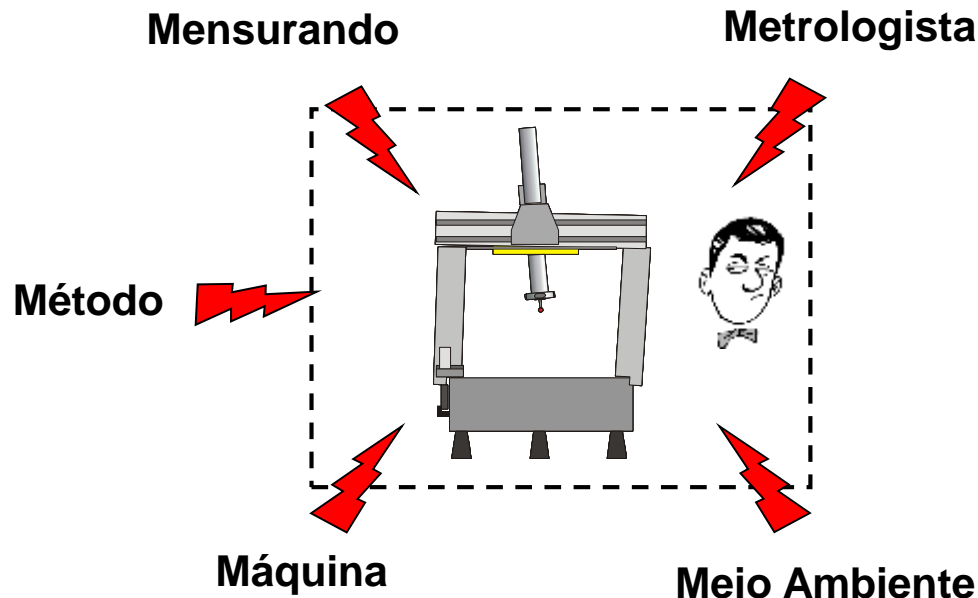
1. METROLOGIA EM UM MUNDO DE INCERTEZAS

O erro é parte integrante de qualquer medição

Perfeição só existe no mundo espiritual

Metrologia não é uma ciência exata

Toda medição é realizada sob condições reais, não ideais.



O lado difícil e desafiador da medição:

Conviver com as incertezas trazidas pelas imperfeições dos instrumentos, ambiente, operadores, etc. e, ainda assim, obter informações confiáveis que levem à tomada de decisões responsáveis e acertadas.

COMO OBTER RESULTADOS CONFIÁVEIS DE MEDIÇÕES IMPERFEITAS?



Consequências de medições e calibrações com incerteza de medição incompatível com os requisitos.

- Resultados de Calibrações incoerentes
- Correções impróprias em Instrumentos e máquinas de medir
- Erros em avaliação de produtos
- Erros em avaliação de processos
- Ações indevidas na manutenção de equipamentos
- Riscos de acidentes em sistemas
- Piora de produtos e processos
- Perdas com retrabalhos
- Degradação da sustentabilidade de empresas



CURIOSIDADE

O telescópio Hubble é famoso por suas belas imagens espaciais e é considerado hoje um grande sucesso para a Nasa. No entanto, no início não foi assim.

As primeiras imagens enviadas pelo telescópio estavam desfocadas e confusas porque o espelho principal do telescópio estava com uma curvatura errada.

Era um erro estimado em apenas $2,2 \mu\text{m}$ mas suficiente para colocar o projeto em risco. Uma das explicações para este erro é que uma mancha de tinta em um dispositivo óptico usado para medir o espelho gerou **erros de medição**

A Nasa solucionou o problema em 1993, através da instalação de um dispositivo de correção do erro neste espelho.



Wide Field/Photometry Camera 2

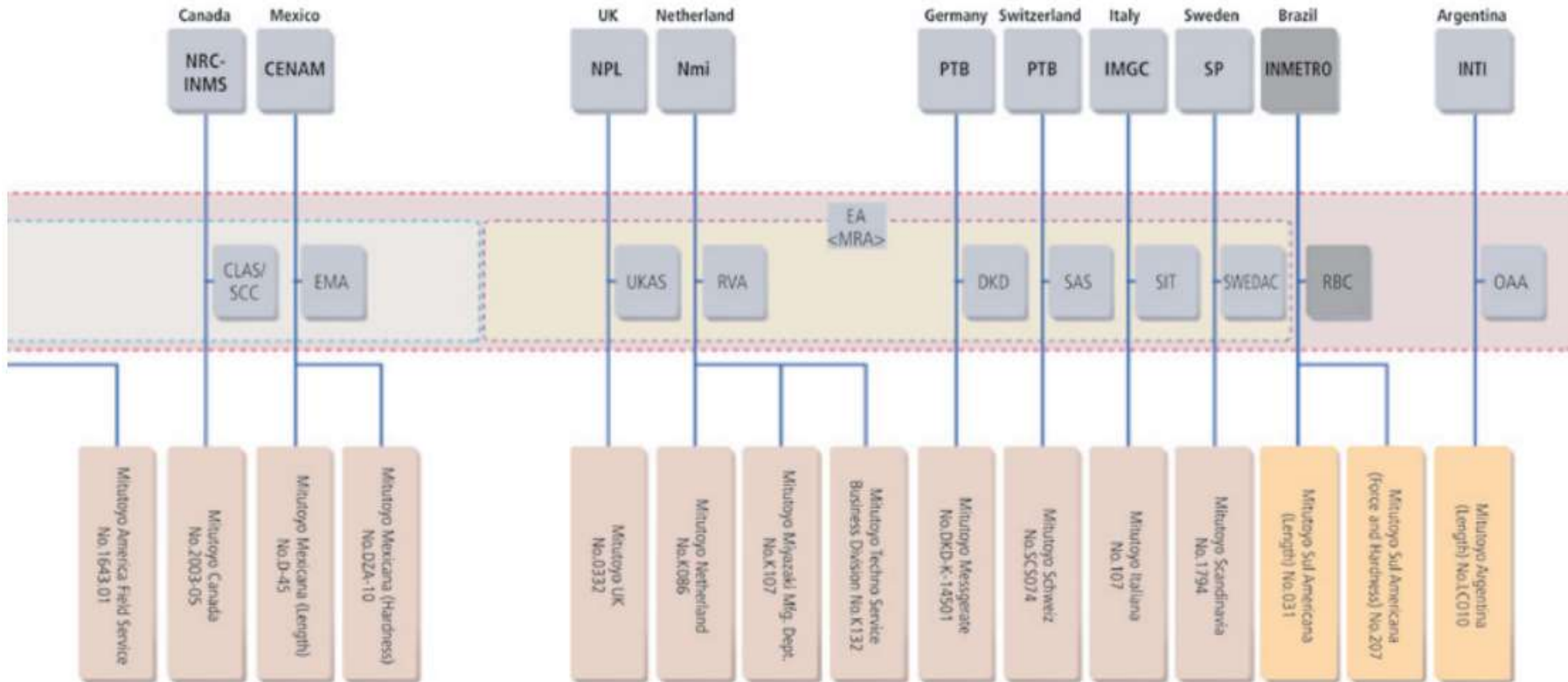
2. NECESSIDADE DE CONFIABILIDADE METROLÓGICA

A incerteza de um processo de medição deve ser conhecida e considerada nos resultados das medições e nas análises decorrentes destas medições.

Todos os resultados de medições têm que estar rastreados metrologicamente.

Rastreabilidade é a propriedade do resultado de uma medição ou do valor de um padrão estar relacionado a referências estabelecidas, que são os padrões nacionais ou mesmo internacionais, através de uma cadeia contínua de comparações, e com suas incertezas estabelecidas.

VIM – Vocabulário Internacional de Metrologia
Edição Luso-Brasileira 2012



Sistema de Rastreabilidade Mitutoyo Mundial

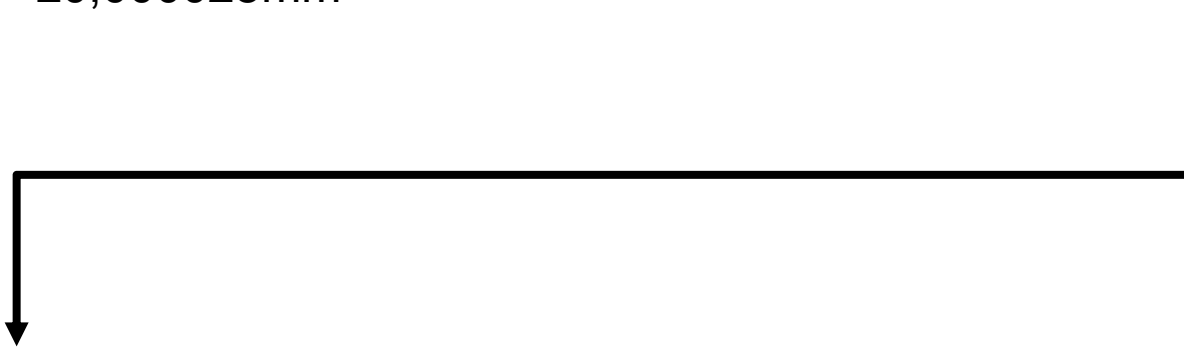
Exemplo:



Interferômetro
GBI – Mitutoyo
 $\pm 0,000025\text{mm}$



Bloco-padrão Classe 0
 $100,00012 \pm 0,00004\text{mm}$



Comparador de Bloco-padrão
GBCD-100A - Mitutoyo



Bloco-padrão Classe K
 $100,00033 \pm 0,00010\text{mm}$



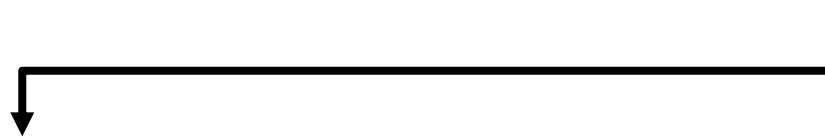
Máquina de Medir
 $\pm 0,0018 \text{ mm}$



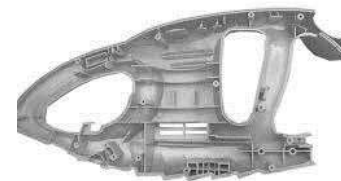
Bloco-padrão Classe K
 $100,00033 \pm 0,00010\text{mm}$



Máquina de Medir
 $\pm 0,0018 \text{ mm}$



Ferramental de produção
 $\pm 0,010 \text{ mm}$



Peça produzida
 $\pm 0,10 \text{ mm}$

0,000025mm



0,000040mm

0,000100mm

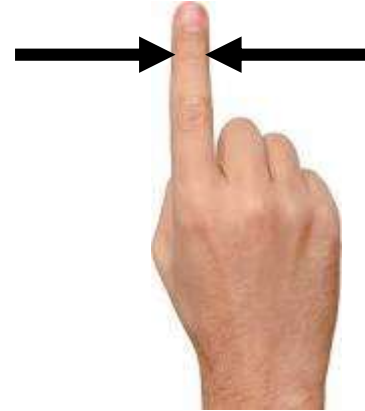
0,001800mm

0,010000mm

0,100000mm



~ 4000 vezes



Erro em calibração se propaga e se amplia!

A Incerteza de Medição é um diferencial técnico e econômico em laboratórios de calibração

Capacidade de Medição e Calibração (CMC) - RBC INMETRO

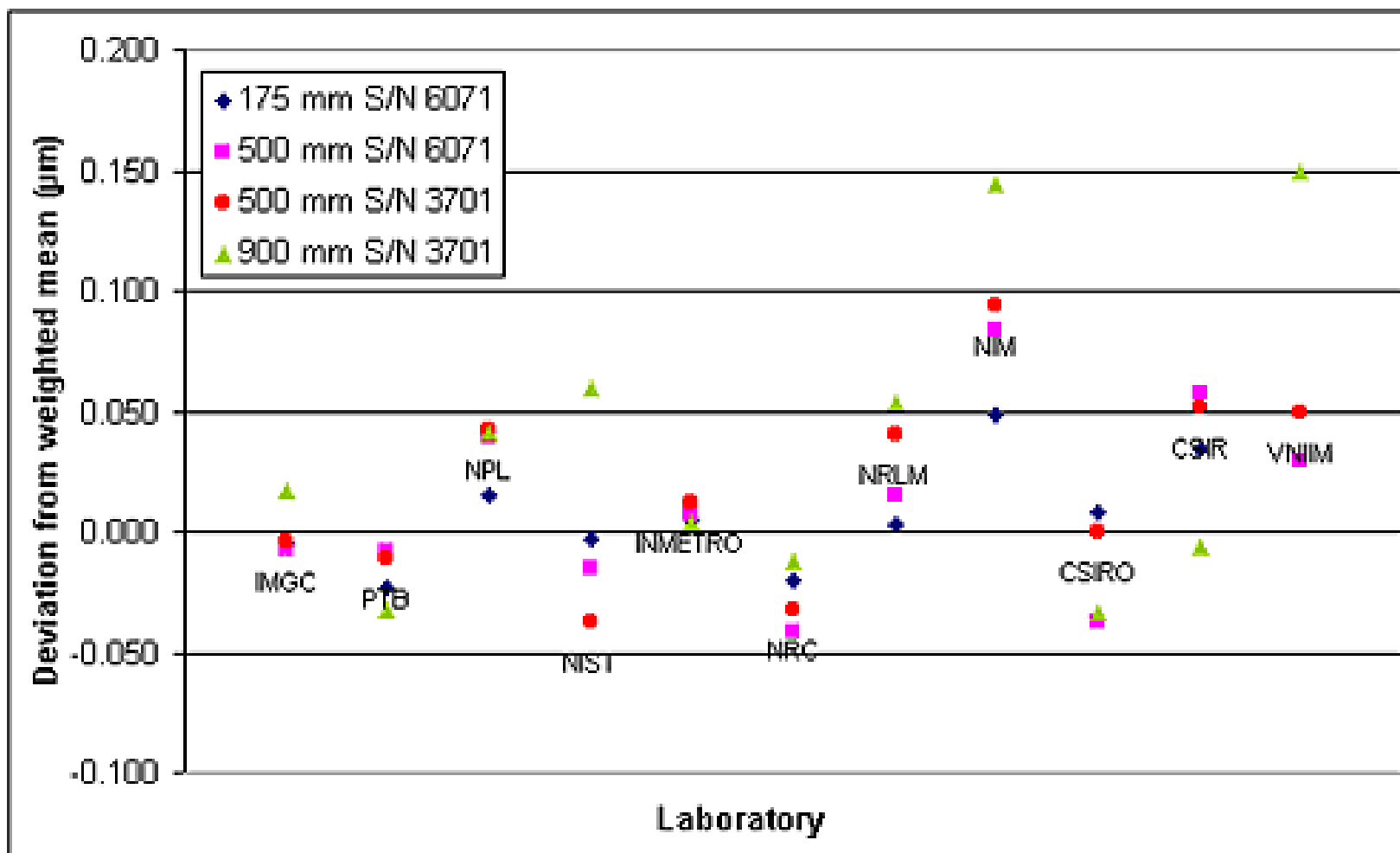
Menor incerteza de medição que um laboratório de calibração pode obter quando realiza calibrações ou medições dentro do escopo da sua acreditação.

➔ Laboratórios de calibração com melhor CMC se destacam no mercado, atraem mais clientes e possuem serviços mais valorizados economicamente.



Descrição do Serviço	Faixa	Capacidade de Medição e Calibração (CMC)
INSTRUMENTOS E GABARITOS DE MEDIÇÃO DE COMPRIMENTO		
Apalpador Eletrônico	até 2 mm	0,2 μ m
Calibrador de Relógio Comparador / Apalpador	até 200 mm	0,11 μ m
Comparador de Deslocamento	até 100 mm	0,2 μ m
Comparador de Diâmetros Internos	até 300 mm	0,6 μ m
Gabarito de Folga	Até 5mm	0,5 μ m
Gabarito de Raio	Até 1500 mm	0,5 μ m
Medidor de Altura	até 1000 mm	[1,5 + (L/1000)] μ m
Medidor de Espessura com Relógio Comparador	Até 25 mm	1,0 μ m
Micrômetro Externo	até 300 mm	1 μ m
	>300 mm até 600 mm	3 μ m
	>600 mm até 1500 mm	5 μ m
Micrômetro Interno de 2 pontas	3 mm até 100 mm	2 μ m
	>100 mm até 300 mm	3 μ m
	>300 mm até 600 mm	4 μ m
Micrômetro Interno de 3 pontas	3 mm até 100 mm	2 μ m
	>100 mm até 300 mm	3 μ m
Paquímetro	até 300 mm	0,01 mm
	>300 mm até 1500 mm	0,02 mm

Resultado de intercomparação internacional na medição de artefatos de 175 mm, dois de 500 mm e um de 900 mm.



3. FONTES DE ERRO EM CALIBRAÇÕES E MEDIÇÕES

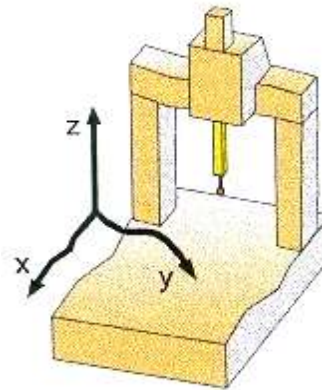
Máquinas

Meio Ambiente
Método
Mensurando
Metrologista

Limitações das tecnologias empregadas nas medições
Equipamentos de medição danificados e/ou desajustados
Padrões danificados ou com dimensões incorretamente calibradas



Padrão errado



Calibração errada



Medição errada

3. FONTES DE ERRO EM CALIBRAÇÕES E MEDIÇÕES

Máquinas

Meio Ambiente

Método

Mensurando

Metrologista

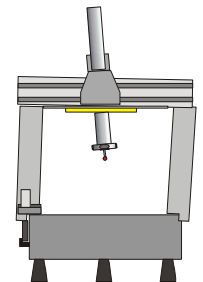
Variáveis ambientais influentes nos resultados

- Temperatura
- Umidade do ar
- Pressão atmosférica
- Vibrações
- Ruídos elétricos
- Etc.



Bloco padrão de aço

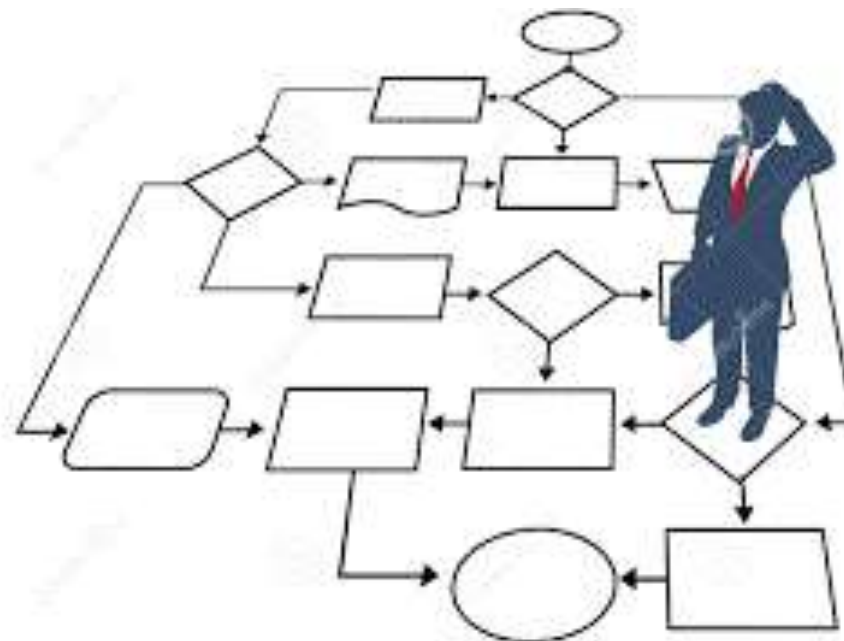
500,000 mm	20°C
~500,006 mm	21°C
~500,030 mm	25°C



3. FONTES DE ERRO EM CALIBRAÇÕES E MEDIÇÕES

Máquinas
Meio Ambiente
Método
Mensurando
Metrologista

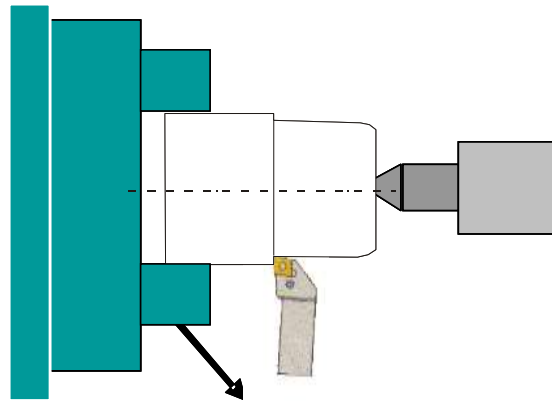
- Procedimento de medição em desacordo com a correta caracterização do mensurando
- Erros em processamentos de resultados e estimativa de incertezas



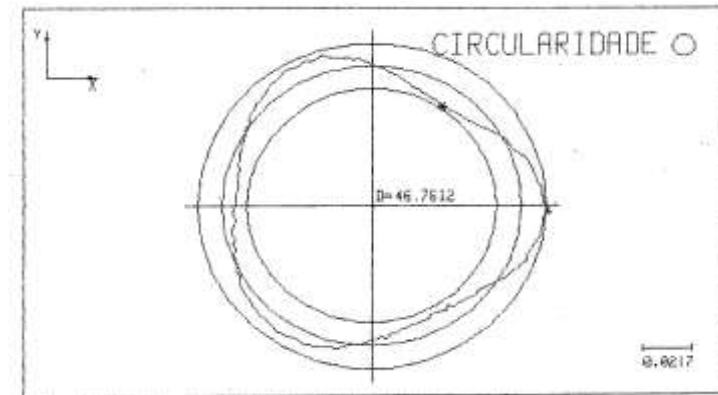
3. FONTES DE ERRO EM CALIBRAÇÕES E MEDIÇÕES

Máquinas
Meio Ambiente
Método
Mensurando
Metrologista

Definição incompleta do que se deve medir
Instabilidade temporal do mensurando
Erros de forma e deformações



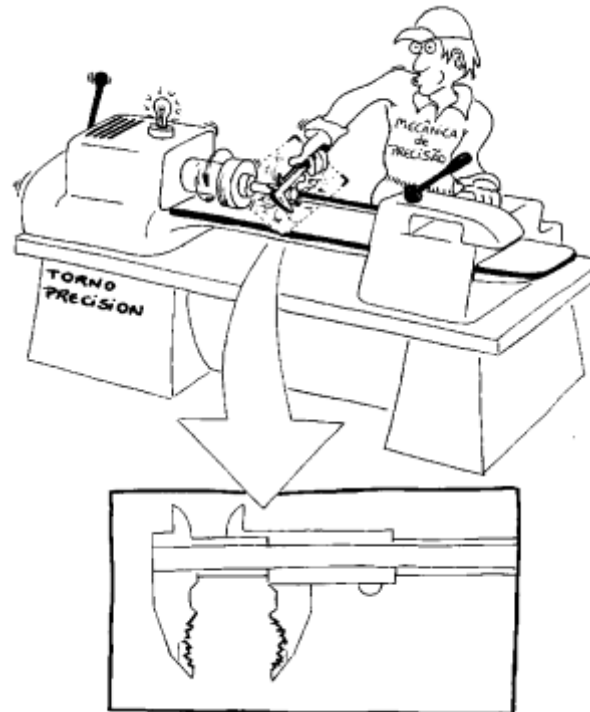
Castanhas da Placa



3. FONTES DE ERRO EM CALIBRAÇÕES E MEDIÇÕES

Máquinas
Meio Ambiente
Método
Mensurando
Metrologista

Erros na execução de procedimentos
Falta de orientação e treinamento



4. REDUÇÃO DE INCERTEZAS EM CALIBRAÇÕES

Qualificação dos Metrologistas

Conhecimentos para entender os processos e fenômenos que ocorrem na medição

Habilidades para operar os equipamentos do modo definido nos procedimentos de calibração

Atitudes comportamentais à altura do rigor metrológico das atividades de calibração

Competência Metrológica



Conhecimentos

Habilidades

Atitudes

4. REDUÇÃO DE INCERTEZAS EM CALIBRAÇÕES

Ambientes adequados às normas e bem organizados



McHUMOR.com by T. McCracken



"Cleaning goes against entropy
and the natural order."

4. REDUÇÃO DE INCERTEZAS EM CALIBRAÇÕES

- Procedimentos de calibração criteriosos e constantemente melhorados
- Sistema da Qualidade constantemente auditado
- Obediência às normas técnicas e de sistema da qualidade



4. REDUÇÃO DE INCERTEZAS EM CALIBRAÇÕES

Equipamentos com tecnologia atual



4. REDUÇÃO DE INCERTEZAS EM CALIBRAÇÕES

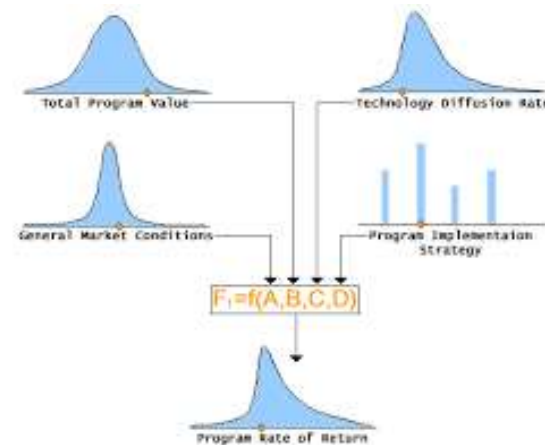
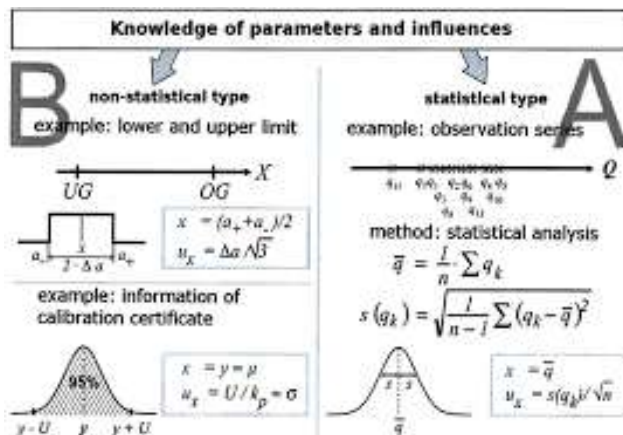
Uso de padrões rastreados com menor incerteza



4. REDUÇÃO DE INCERTEZAS EM CALIBRAÇÕES

Melhores métodos de calibração e de processamento

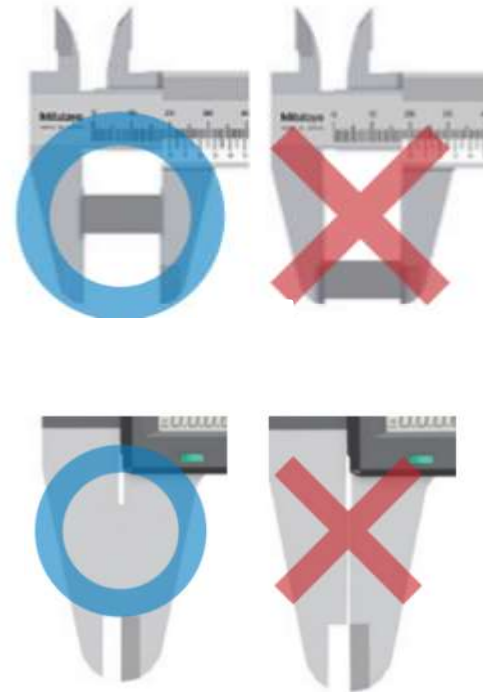
- Estimativa realista da incerteza dos resultados e da capacidade de medição e calibração (RBC)
- Emprego de métodos atuais para estimativa da incerteza
- Melhores tempos de estabilização
- Maior número de repetições
- Determinação e correção de variáveis de influência nas calibrações



5. REDUÇÃO DE INCERTEZAS EM MEDIÇÕES DE PRODUÇÃO

Qualificação dos Operadores

- Quanto à boas práticas de medição
- Quanto ao uso e conservação dos instrumentos



5. REDUÇÃO DE INCERTEZAS EM MEDIÇÕES DE PRODUÇÃO

Eficiência operacional do sistema de medição

- Capacidade de extrair a informação de interesse
- Insensibilidade às fontes de erro
- Praticidade e Rapidez
- Flexibilidade operacional
- Durabilidade em uso



5. REDUÇÃO DE INCERTEZAS EM MEDIÇÕES DE PRODUÇÃO

Cuidados com a exatidão

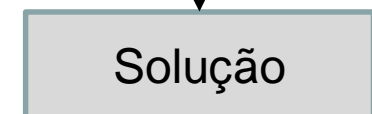
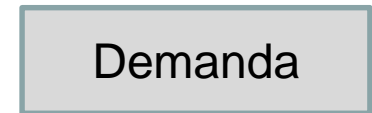
- Verificações frequentes
- Pouca ou nenhuma interferência na peça a medir
- Estabilidade no período entre calibrações



6. MONTAGEM DE PROCESSOS DE MEDIÇÃO CONFIÁVEIS

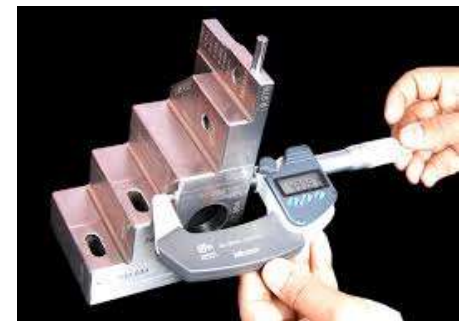
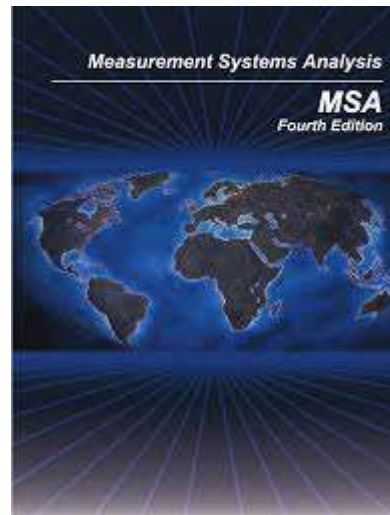
Planejamento do processo de medição

- Análise da demanda
- Definição de procedimento
- Planejamento dos meios materiais necessários
- Seleção de sistemas de Medição, Instrumentos, Padrões, Dispositivos
- Adequação do ambiente de calibração ou medição
- Aquisição dos meios
- Treinamento dos operadores
- Validação metrológica e operacional do procedimento
- Documentação e disseminação



7. MANUTENÇÃO DE PROCESSOS DE MEDIÇÃO CONFIÁVEIS

- Auditoria do sistema da qualidade
- Ensaio de proficiência e intercomparações laboratoriais
- Verificação periódica dos meios de medição
- Avaliação e revisão de processos de medição
- Melhoria contínua
- Atualização de instrumental



8. IMPORTÂNCIA ESTRATÉGICA DA QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL

Em todos os processos de medição, seja em calibração ou em controle na produção, é enorme a necessidade de formação das pessoas que coordenam e executam as medições.

PROFISSIONAIS DE MEDIÇÃO QUALIFICADOS, QUE ENTENDEM OS PRINCÍPIOS E FENÔMENOS QUE OCORREM EM UMA MEDIÇÃO, NÃO SÓ MEDEM COM MAIOR EXATIDÃO COMO TAMBÉM SÃO MAIS MOTIVADOS PARA EMPREENDER AÇÕES QUE LEVEM À MELHORIA DE QUALIDADE DE PRODUTOS E PROCESSOS.

NPL – National Physical Laboratory

Instituto Nacional de Metrologia da Inglaterra

Agradecimentos



www.forma3d.com.br