



Complementos de Fabricação Mecânica

PMR 3301

Profa. Izabel Machado

machadoi@usp.br



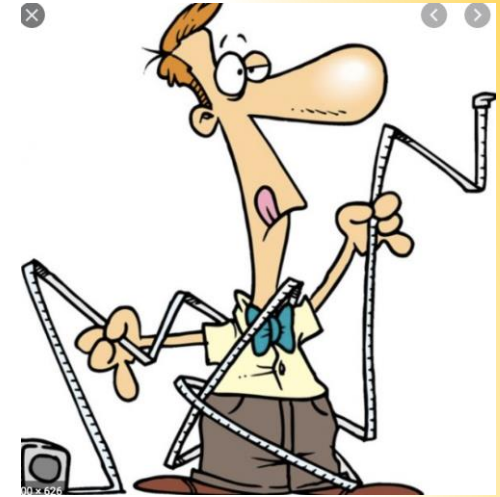
Conceito de Metrologia

A metrologia é uma palavra de origem grega: metron = medida; logos = ciência. E é a ciência das medidas e das medições.

“Quando você pode medir aquilo de que fala e expressá-lo em números, você sabe alguma coisa sobre isto. Mas quando você não pode medi-lo, quando você não pode expressá-lo em números, o seu conhecimento é limitado e insatisfatório. Se você não pode medir algo, não pode melhorá-lo.” (Lord Kelvin)

Ciência da medição que abrange todos os aspectos teóricos e práticos relativos às medições, qualquer que seja a incerteza, em quaisquer campos da ciência ou tecnologia. (INMETRO. VIM - 2. ed. Brasília, SENAI/DN, 2000 75p).

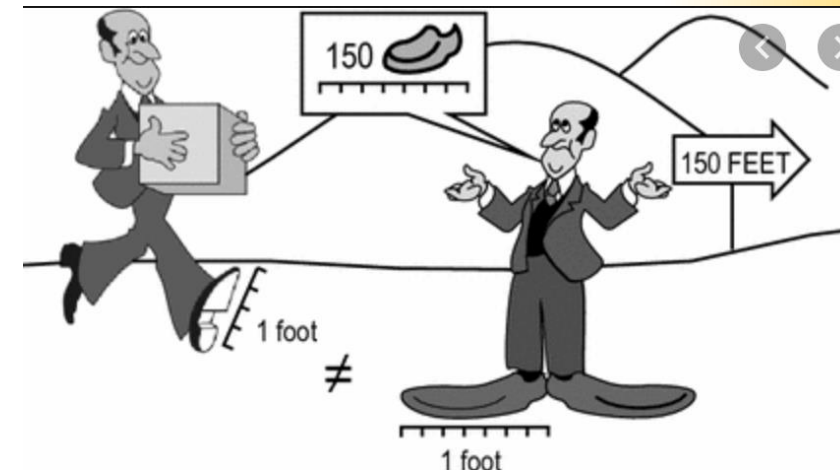
É um **conjunto de conhecimentos científico e tecnológico abrangendo todos os aspectos teóricos e práticos relativos** às medições.





A Metrologia é a ciência das medições:

- Abrangendo todos os aspectos teóricos e práticos que asseguram a exatidão exigida no processo produtivo,
- Procurando garantir a qualidade de produtos e serviços através da calibração de instrumentos e da realização de ensaios,
- Sendo a base fundamental para a competitividade das empresas.
- A metrologia é uma ferramenta imprescindível para:
 - Avaliar a conformidade de produtos e processos;
 - Garantia de justas relações de troca (relações comerciais);
 - Promover a cidadania (saúde, segurança e meio ambiente);
 - Qualidade, inovação e competitividade;
 - Assegurar reconhecimento nacional e internacional.





Áreas da Metrologia

A Metrologia Científica: que se utiliza de instrumentos laboratoriais e das pesquisas e metodologias científicas que têm por base padrões de medição nacionais e internacionais para o alcance de altos níveis de qualidade metrológica.

A Metrologia Industrial: cujos sistemas de medição controlam processos produtivos industriais e são responsáveis pela garantia da qualidade dos produtos acabados.

A Metrologia Legal: que está relacionada a sistemas de medição usados nas áreas de saúde, segurança e meio ambiente.



http://www.inmetro.rs.gov.br/cicmac/materialdidatico/polig_conceito_metrologia.pdf



Objetivos da Metrologia

- Traduzir a confiabilidade nos sistemas de medição.
- Garantir que especificações técnicas, regulamentos e normas existentes,
- Proporcionem as mesmas condições de perfeita aceitabilidade na montagem e encaixe
- de partes de produtos finais, independente de onde sejam produzidas.
- Melhoria do nível de vida das populações:
 - Consumo de produtos com qualidade;
 - Preservação da segurança, saúde e do meio ambiente.





Metrologia

Metrologia

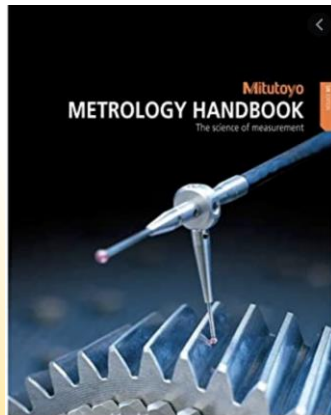
- Garante a qualidade do produto final
- Favorece as negociações pela confiança do cliente
- Diferenciador tecnológico e comercial para as empresas.
- Reduz o consumo e o desperdício de matéria prima
- Devido à calibração de componentes e equipamentos,
- Aumento da produtividade.
- Elimina a possibilidade de rejeição do produto,
- Resguarda os princípios éticos e morais da empresa no atendimento das necessidades da sociedade em que está inserida,
- Evita desgastes que podem comprometer sua imagem no mercado.



Objetivos da Metrologia?

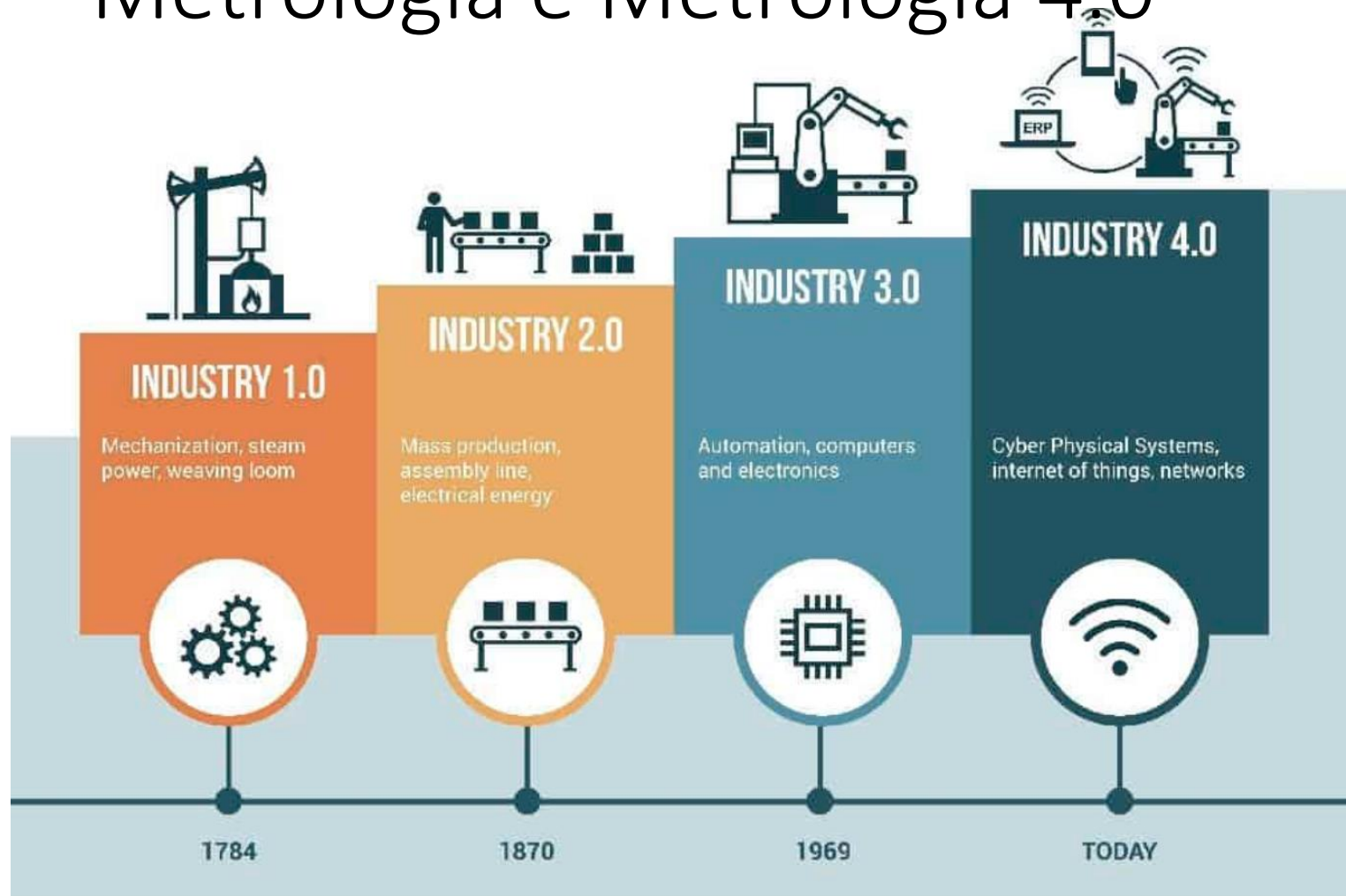
- Traduzir a confiabilidade nos sistemas de medição.
- Garantir que especificações técnicas, regulamentos e normas existentes,
- Proporcionem as mesmas condições de perfeita aceitabilidade na montagem e encaixe
- de partes de produtos finais, independente de onde sejam produzidas.
- Melhoria do nível de vida das populações:
 - [?] Consumo de produtos com qualidade;
 - [?] Preservação da segurança, saúde e do meio ambiente.







Metrologia e Metrologia 4.0



<https://eylemet.com/2018/10/12/the-place-of-metrology-in-industry-40/>



Metrologia e Metrologia 4.0

A produção em grandes volumes depende de uma estratégia de inspeção por amostragem. Um exemplo está nos fabricantes de componentes automotivos, que usam um pequeno número de peças de cada lote para garantir a consistência ao longo da produção.

No entanto, qualquer aplicação que dependa da segurança geralmente precisará de inspeção 100%. Isso incluiria fabricantes aeroespaciais, já que precisão e segurança são fundamentais para um bom histórico de longa data.

A Indústria 4.0 traz tecnologias de manufatura inteligentes que, por si só, adicionam complexidades novas e diversas ao processo de inspeção. As fábricas inteligentes, que estão sendo desenvolvidas considerarão essas tecnologias de fabricação essenciais para seu sucesso.

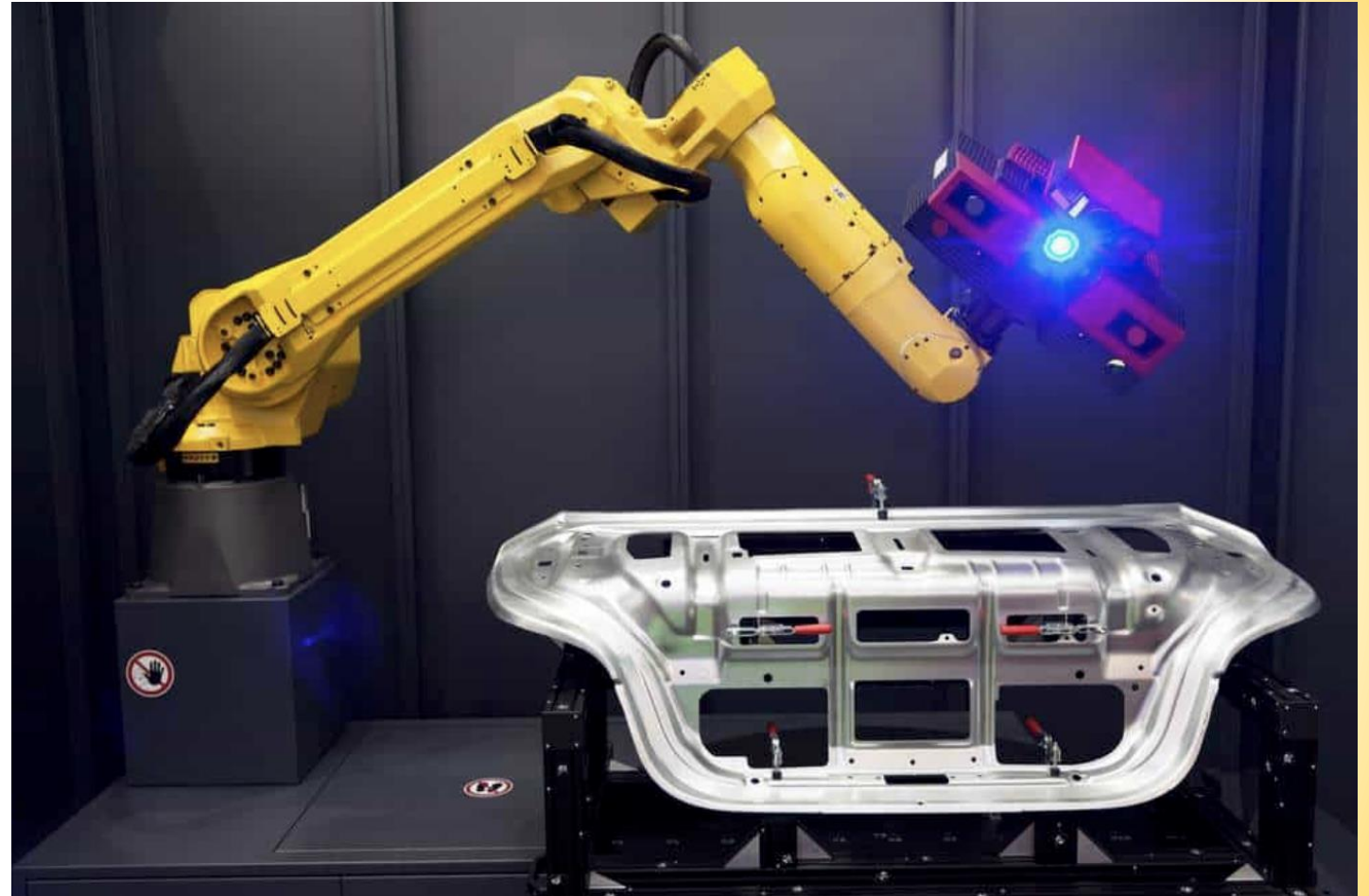


O objetivo é desenvolver uma manufatura mais eficiente que permita a customização dos produtos. Um estudo realizado pela Accenture prevê que a Indústria 4.0 pode adicionar até US \$ 14,2 trilhões à economia global até 2030 e que isso será impulsionado por soluções de fábrica inteligentes.

Para tornar a indústria 4.0 uma realidade, é claro que as organizações precisam trabalhar juntas. As soluções da Indústria 4.0 dependem fortemente da conectividade, tanto técnica quanto organizacionalmente. A interconexão requer melhor fluxo de dados e mais visibilidade, o que significa que é essencial haver interoperabilidade.



A metrologia sem contato, que inclui scanners a laser, varredura a laser baseada em fase e sistemas ópticos, são cruciais para fábricas inteligentes. Este tipo de medição permite a varredura de alta resolução de peças, bem como manobras de longa distância de dispositivos de medição.



<https://eylemet.com/2018/10/12/the-place-of-metrology-in-industry-40/>



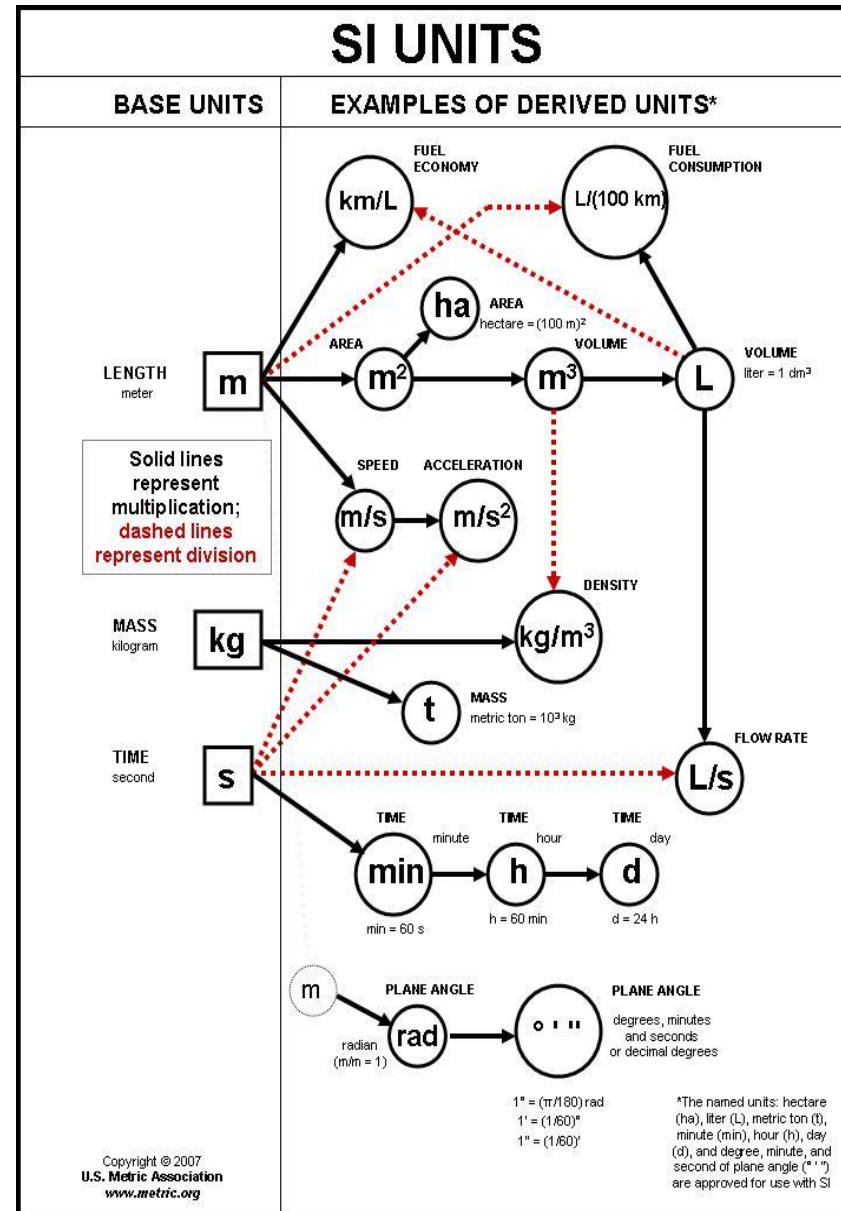
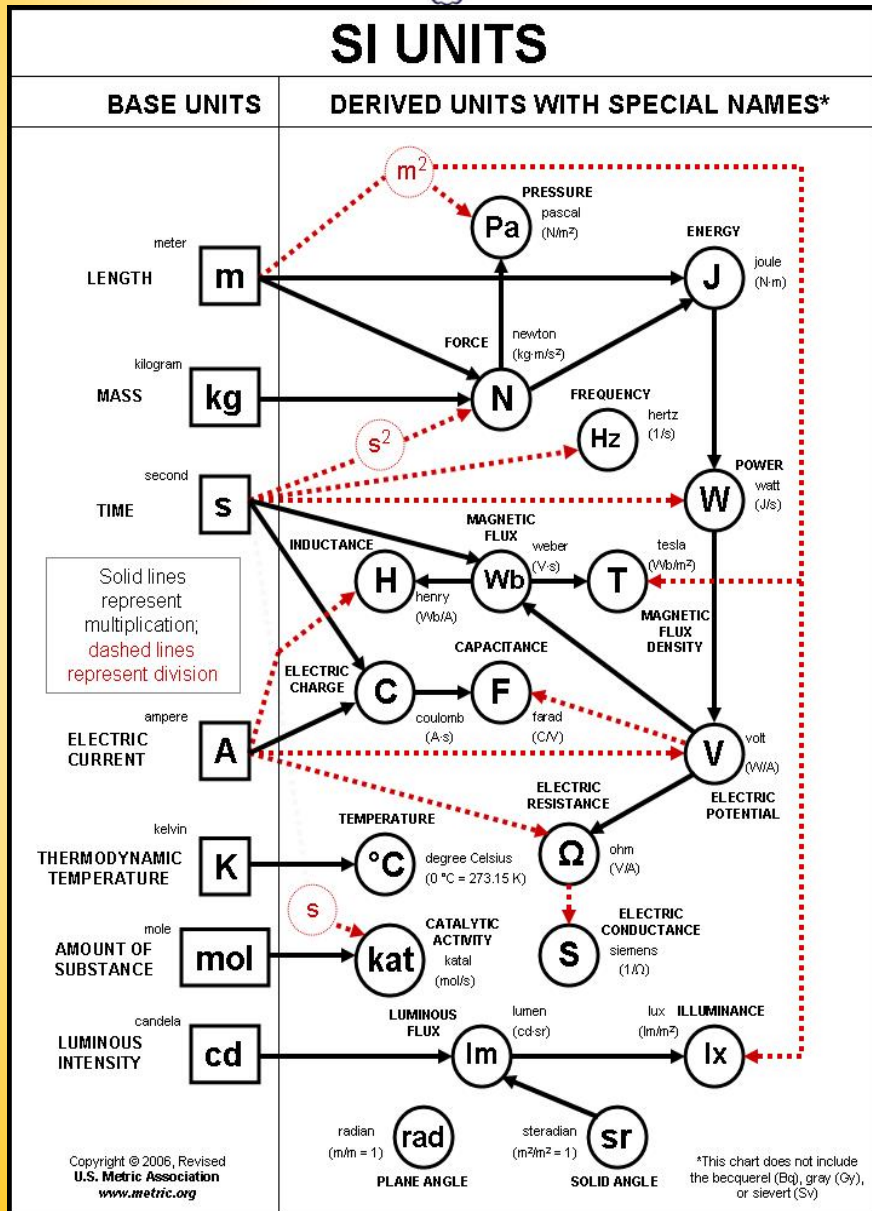
Sistema Internacional de Unidades

- O Sistema Internacional de unidades, abreviado de SI (do francês *Système International d'Unités*) é a moderna forma do sistema métrico.
- Geralmente é originário de sete unidades básicas, das quais todas as outras são derivadas
- É o sistema mais utilizado no mundo, tanto no dia a dia quanto em engenharia e ciência

Sistema Internacional de Unidades

- As sete unidades de base

Grandeza	unidade	símbolo
Comprimento	metro	m
Massa	quilograma	kg
Tempo	segundo	s
Corrente elétrica	ampere	A
Temperatura	kelvin	K
Intensidade luminosa	candela	cd
Quantidade de matéria	mol	mol



Relações entre as unidades base do SI e as unidades derivadas



Metrologia Industrial

- A metrologia industrial está fortemente relacionada com os conceitos de teste e controle da produção.
- Exerce uma forte ação primária nos sistemas de gerenciamento da qualidade
- Não se limita somente aos procedimentos de teste e medição
- Enfrenta desafios constantes no sentido da melhoria contínua da qualidade das peças de produção



Definições

- **Objeto de medição** – pode ser uma peça, ferramenta, ferramental, máquina, dispositivo de fixação, dispositivo de produção ou dispositivo de medição, dentro da visão de um sistema integrado de medição e monitoramento do processo de produção.
- **Mensurado:** é a quantidade física ser medida
- **Medição:** é a execução de um procedimento planejado visando quantificar e comparara o mensurado com a unidade
- **Testes:** forma de estabelecer se a extensão de uma unidade preenche a demanda, ou requisito.



Definições

- **Contagem:** é a determinação do valor do mensurado, ou seja número de itens em uma quantidade.
- **Resultado de medição:** refere-se ao valor estimado do valor verdadeiro do mensurado, o qual é obtido das medições
- **Elemento de medição:** é um instrumento ou sistema de medição o qual se destina a medir o mensurado.
- **Calibração:** refere-se a determinação da relação entre o mensurado ou valor esperado fornecido pela medição e o valor verdadeiro, ou valor correto apropriado a grandeza a medir existente.



Definições

- **Ajustagem:** é a operação realizada para alinhar ou posicionar o sistema de medição de forma a eliminar o máximo possível os desvios sistemáticos da medição.
- **Princípio de medição:** constitui-se da forma física da medição
- **Método de medição:** é um procedimento especificado para a medição e independe do princípio de medição
- **Procedimento de medição:** define a aplicação prática dos princípios de medição

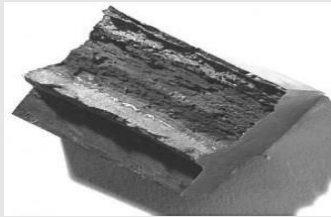


Testes e medições dentro da metrologia industrial

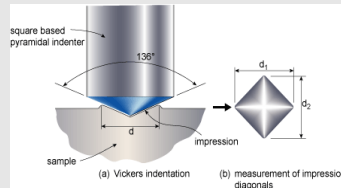
Testes de Materiais



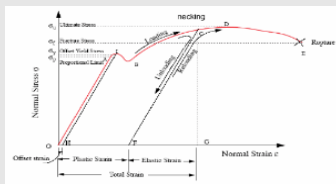
Textura



Fratura

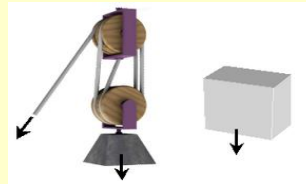


Dureza

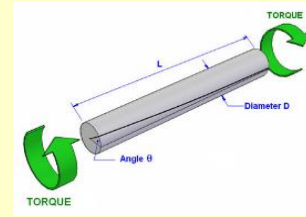


E, G, σ

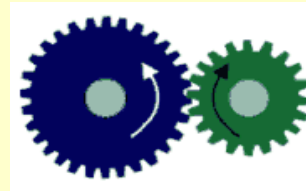
Testes operacionais



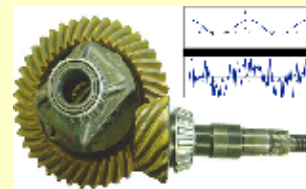
Força



Momento



Rotação

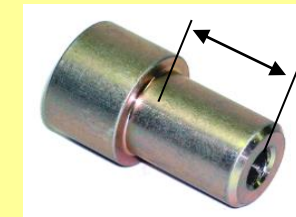


Ruído

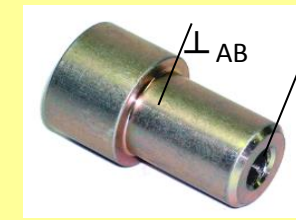
Teste geométricos



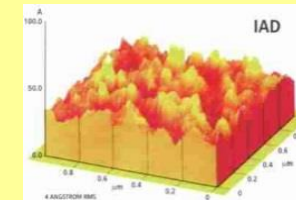
Formas



Dimensões



Localização



Rugosidade

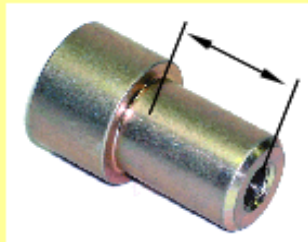


Testes e medições dentro da metrologia industrial

Teste geométricos



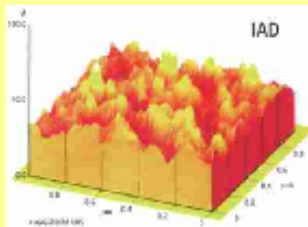
Formas



Dimensões



Localização

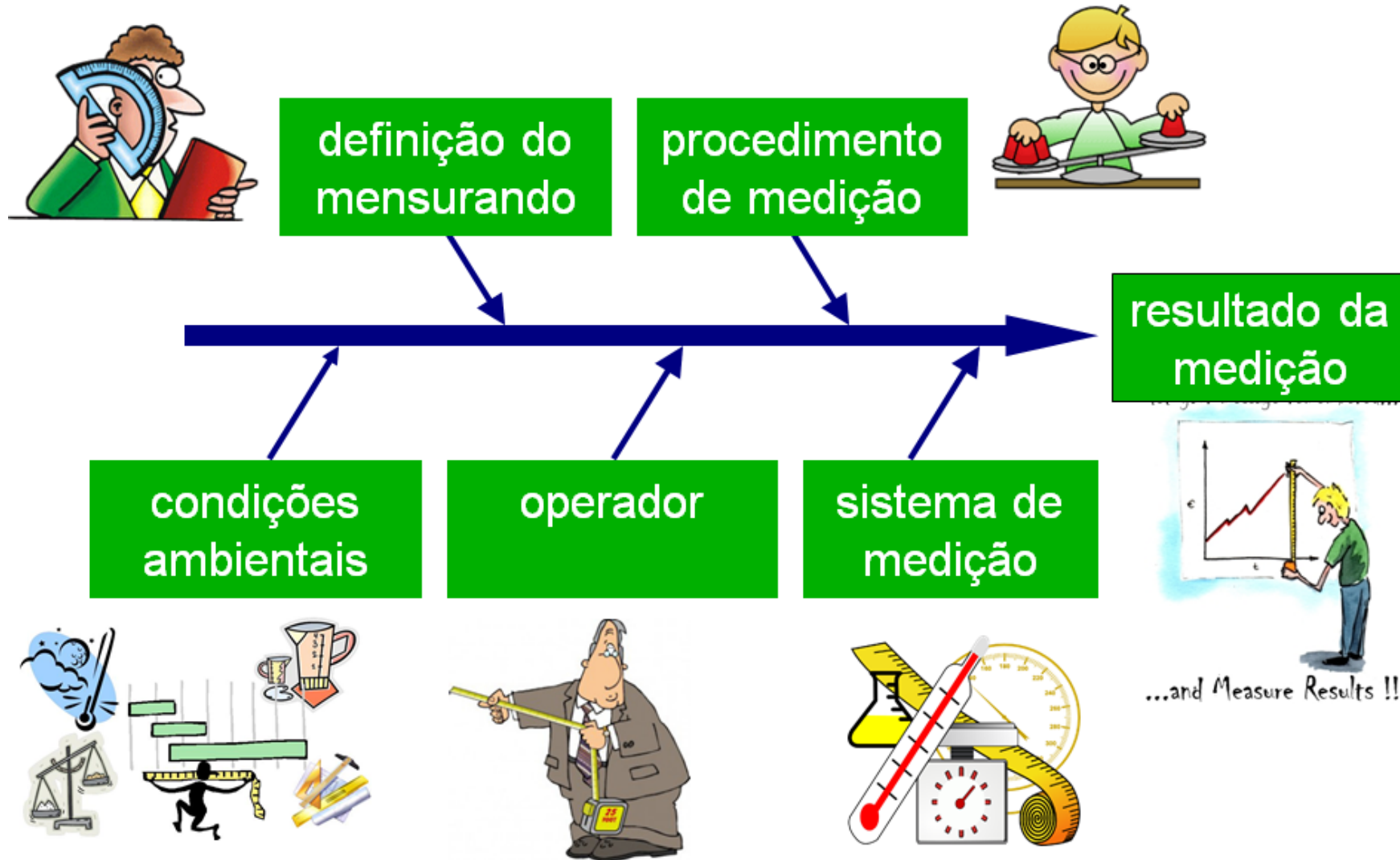


Rugosidade

90% dos testes realizados dentro da Metrologia Industrial são Testes Geométricos



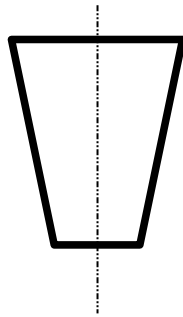
Relações que envolvem a qualidade de medição de uma peça



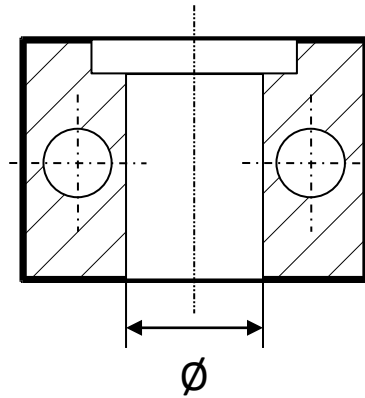


Análise Geométrica

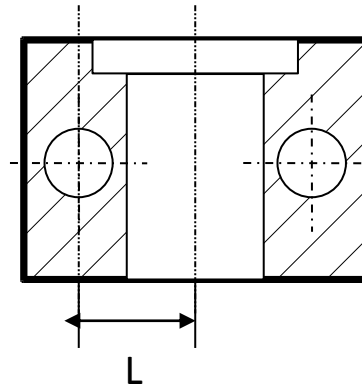
FORMA



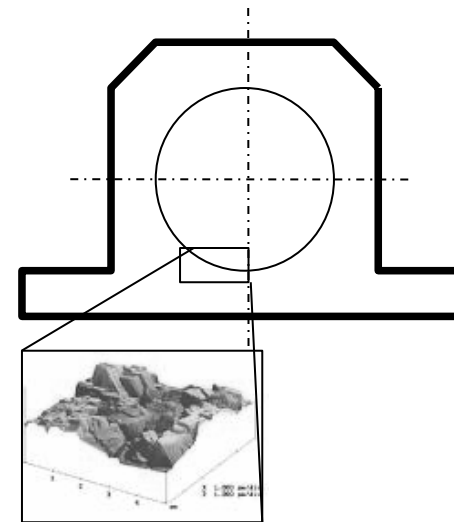
DIMENSÃO



POSIÇÃO

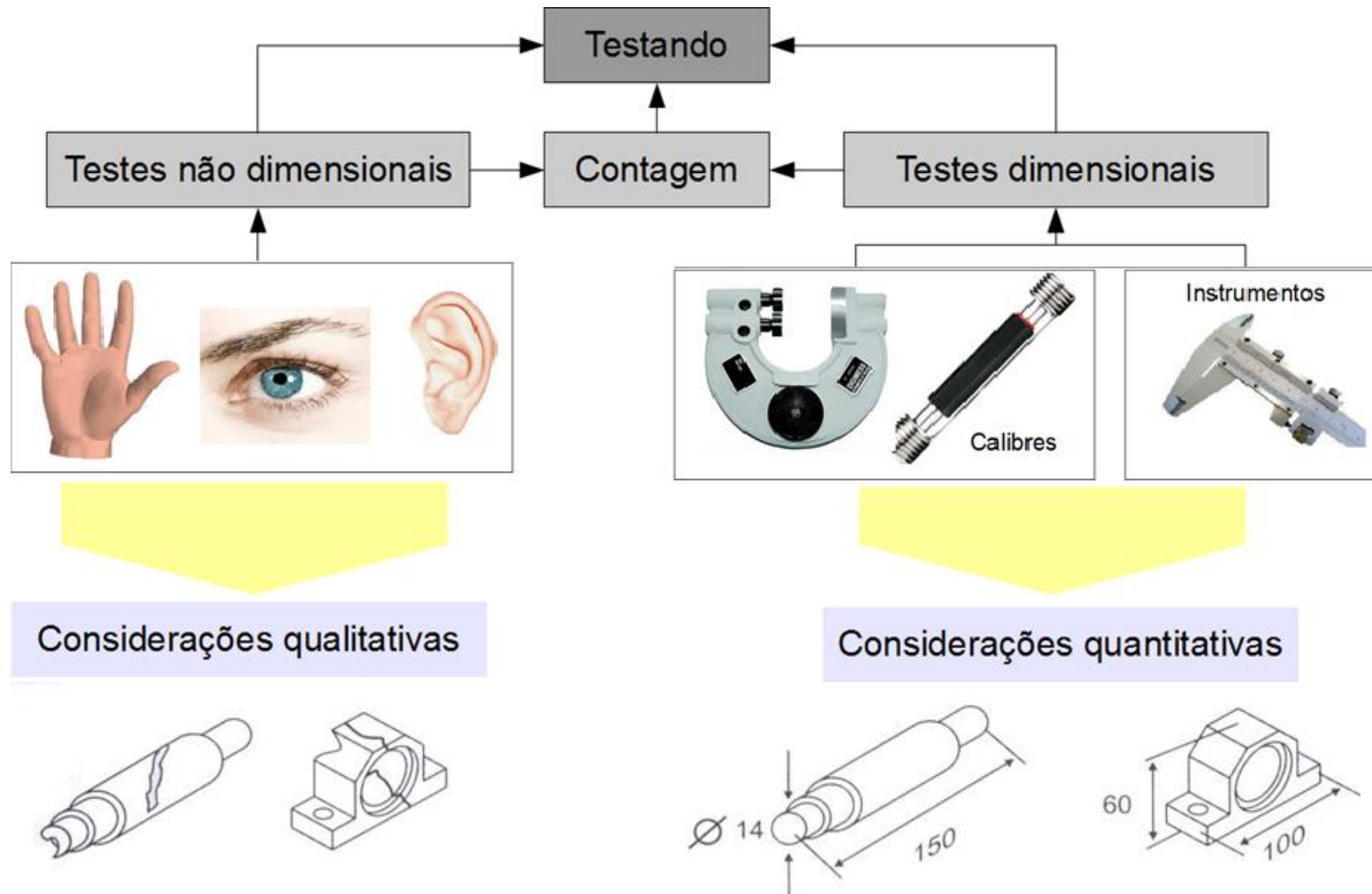


TEXTURA



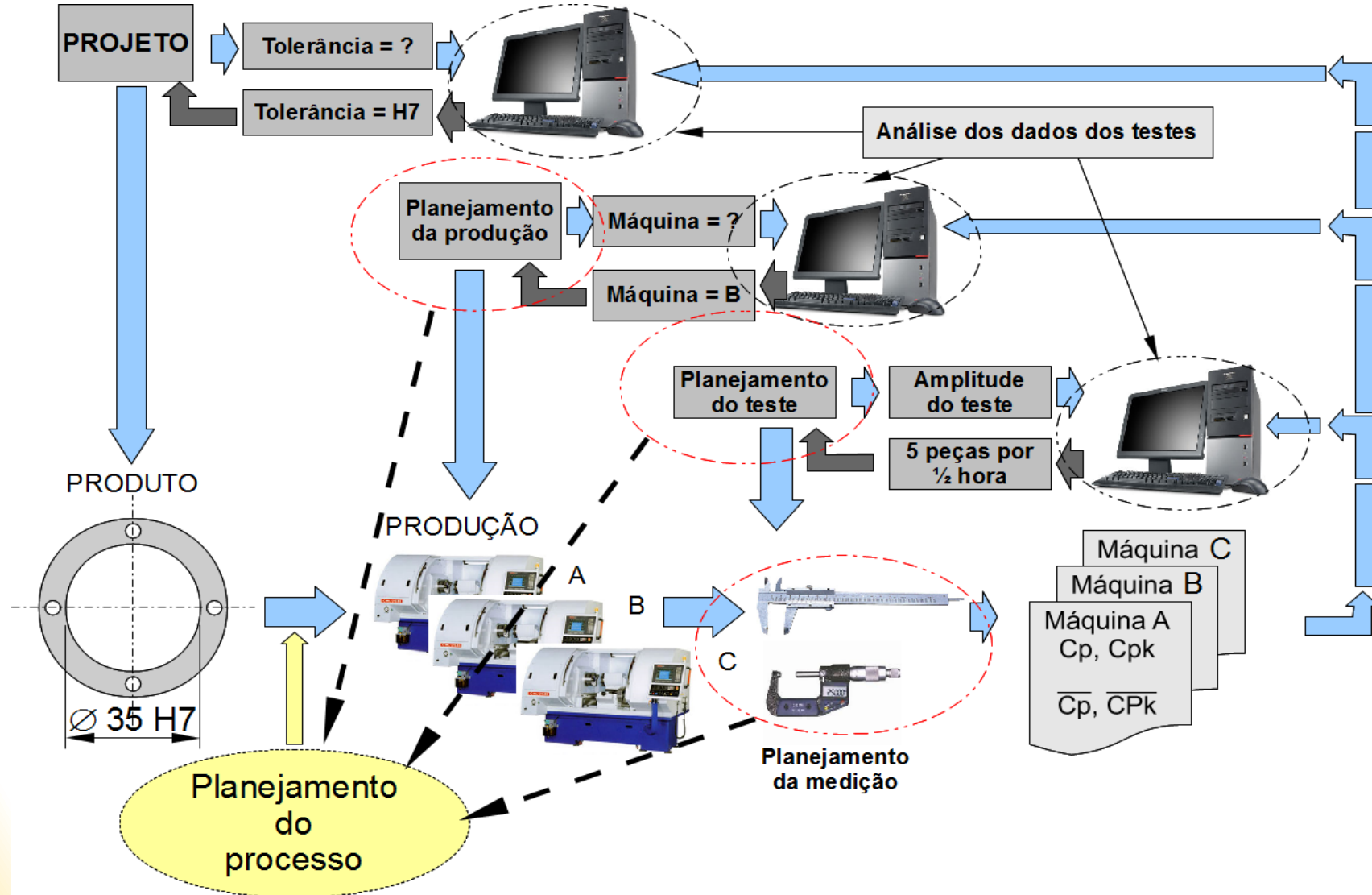


Formas de avaliação e quantificação dos erros de uma peça





Medição no processo de produção



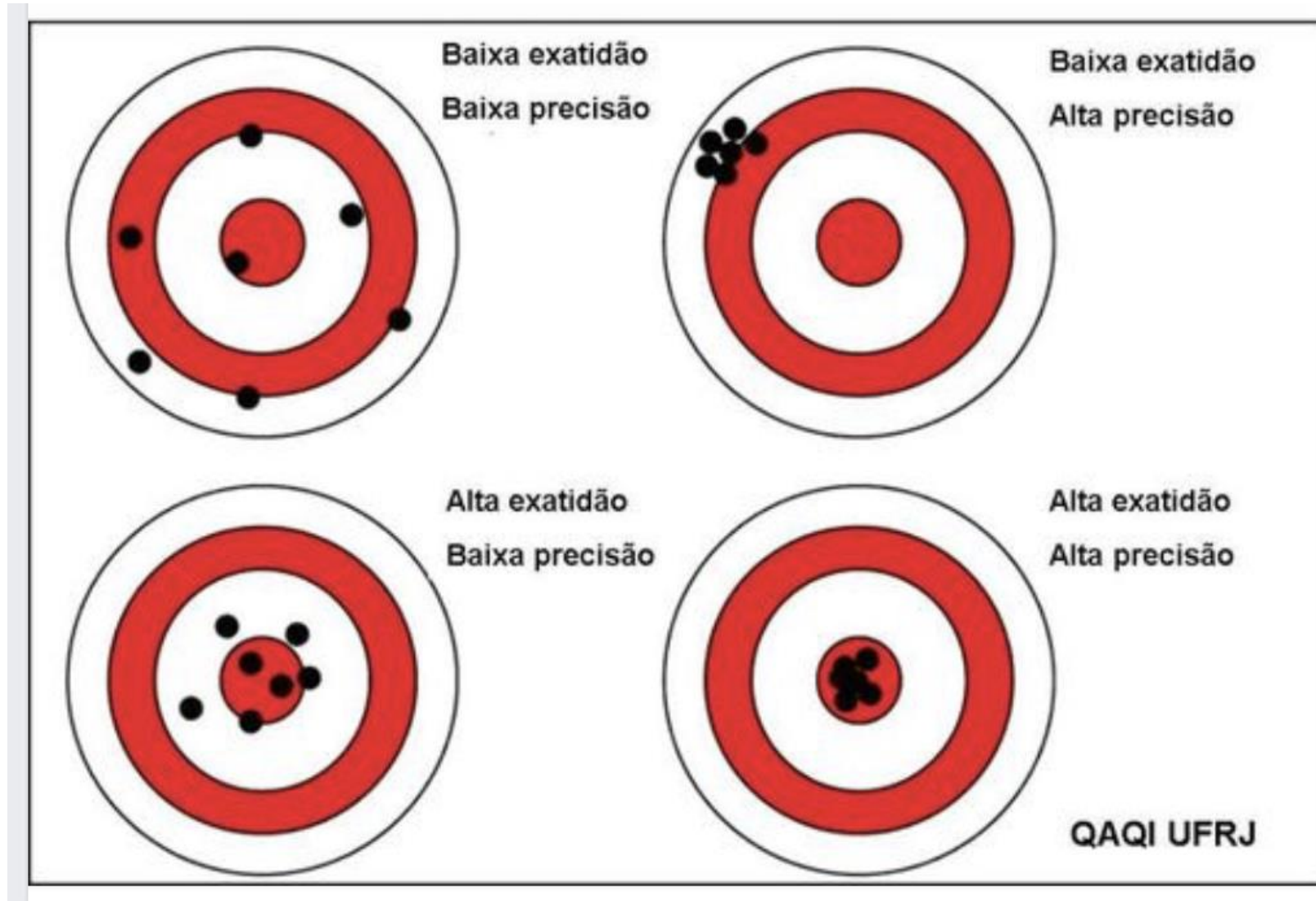


Exatidão e precisão

- São parâmetros **qualitativos** associados ao desempenho de um sistema.
- Um sistema com ótima **precisão** repete bem, com **pequena dispersão**.
- Um sistema com excelente **exatidão** praticamente **não apresenta erros**.



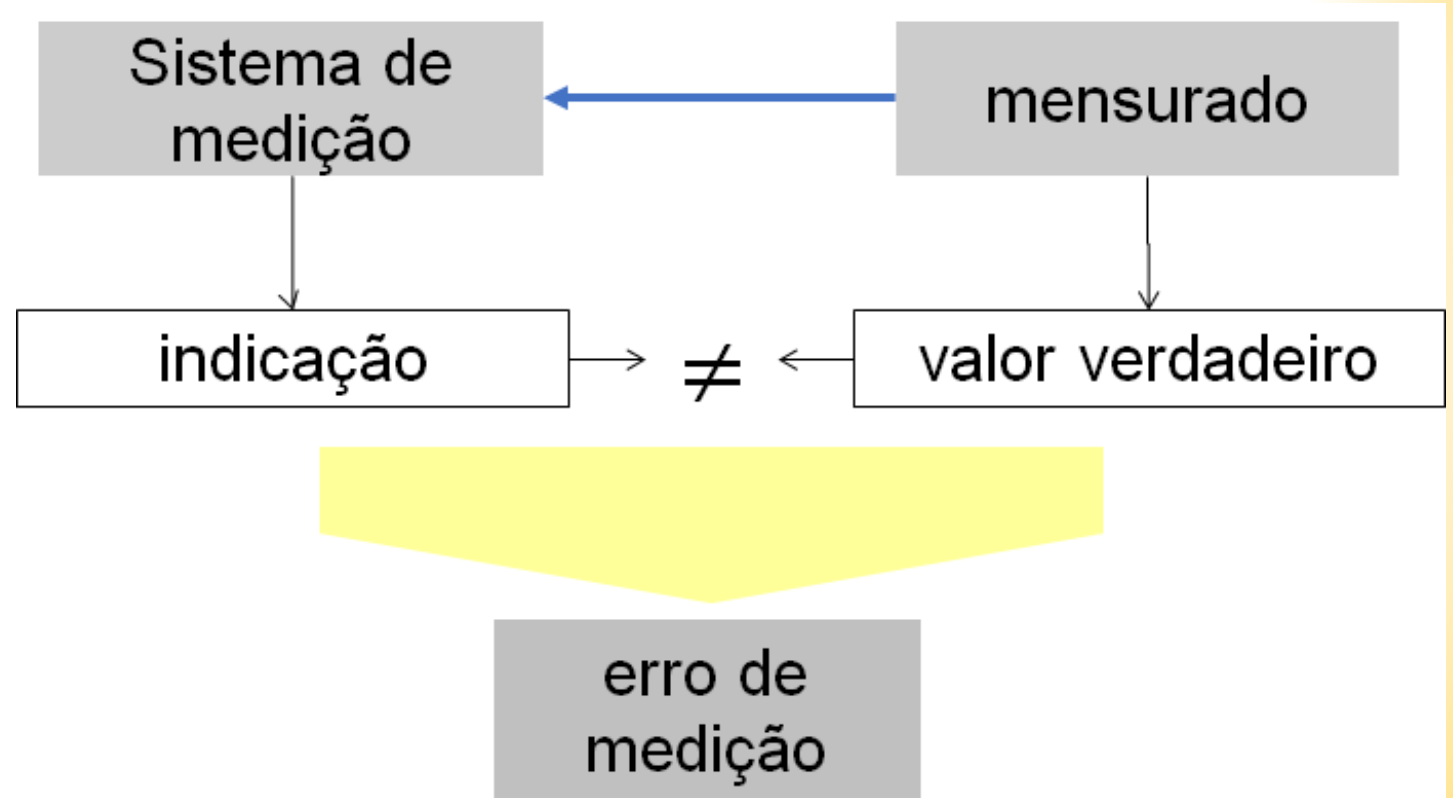
Exatidão e precisão





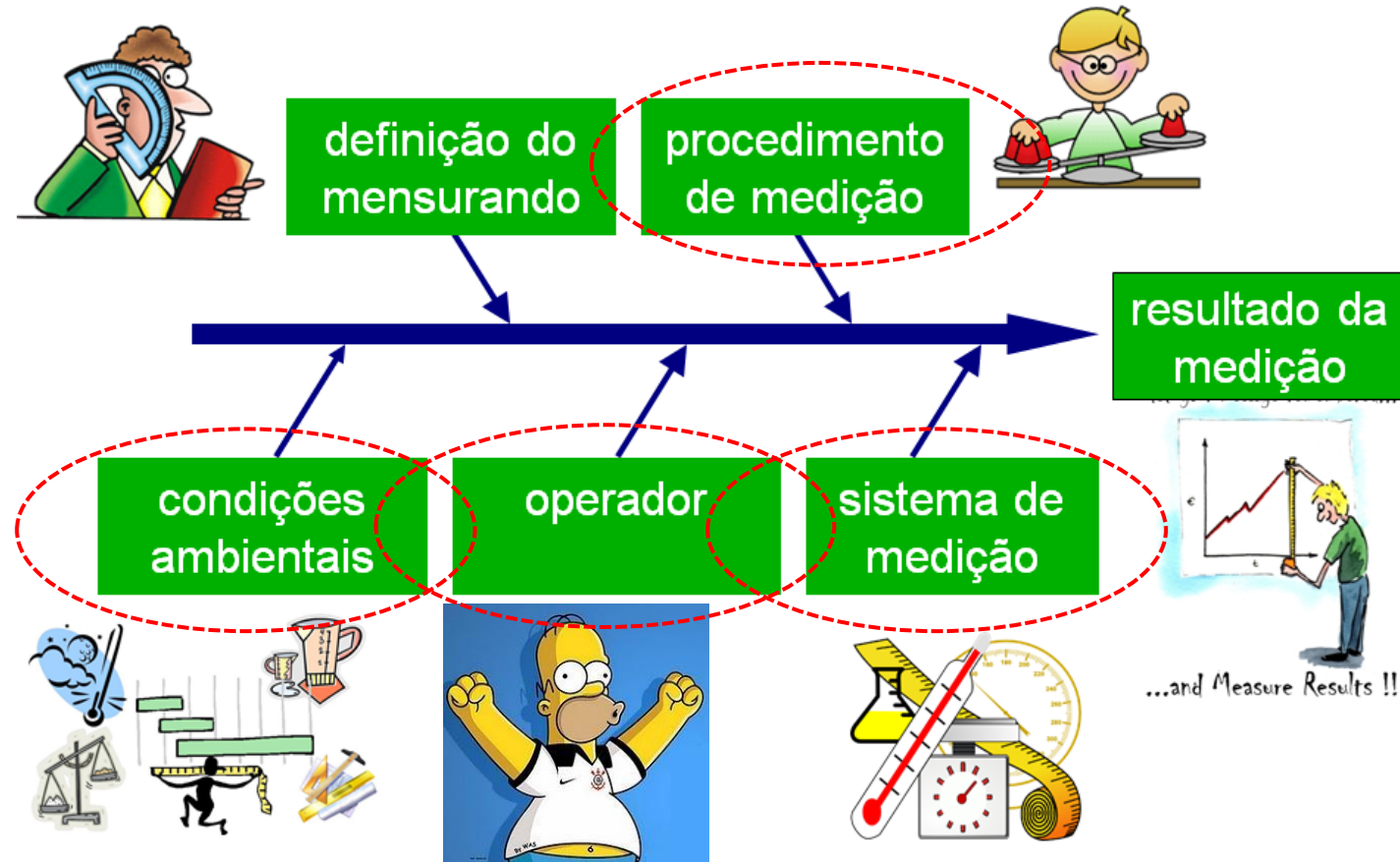
Erro de medição

É a diferença entre o valor indicado no sistema de medição e o valor verdadeiro do mensurando





Fontes de erro no processo de medição de uma peça





Erros provocados por fatores internos

- Imperfeições dos componentes e conjuntos (mecânicos, elétricos etc).
- Não idealidades dos princípios físicos.

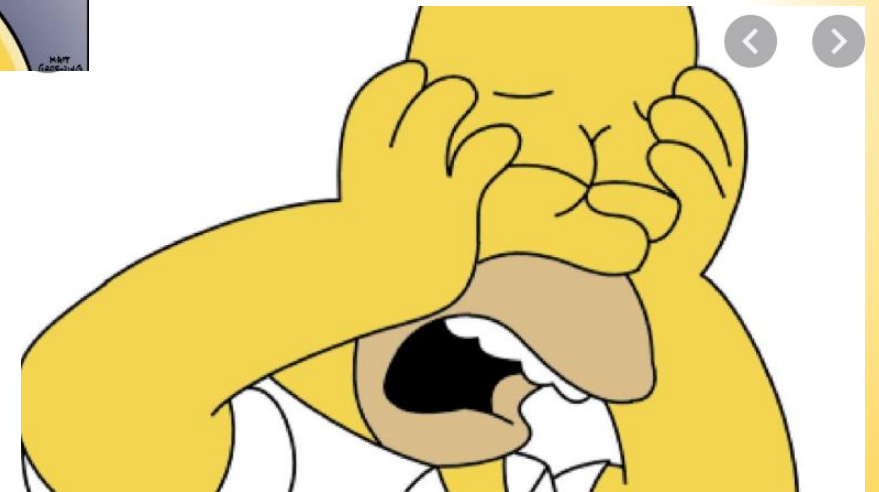
Erros provocados por fatores externos

- Condições ambientais
 - temperatura, pressão atmosférica, umidade
- Tensão e frequência da rede elétrica
- Contaminações



Erros induzidos pelo operador

- Habilidade
- Acuidade visual
- Técnica de medição
- Cuidados em geral
- Força de medição





Incerteza e erros de medição

- **Erro máximo** - É o maior valor em módulo do erro que pode ser cometido pelo sistema de medição nas condições em que foi avaliado.
- **Erro de medição** - é o número que resulta da diferença entre a indicação de um sistema de medição e o valor verdadeiro do mensurando.
- **Incerteza de medição** - é o parâmetro, associado ao resultado de uma medição, que caracteriza a faixa dos valores que podem fundamentadamente ser atribuídos ao

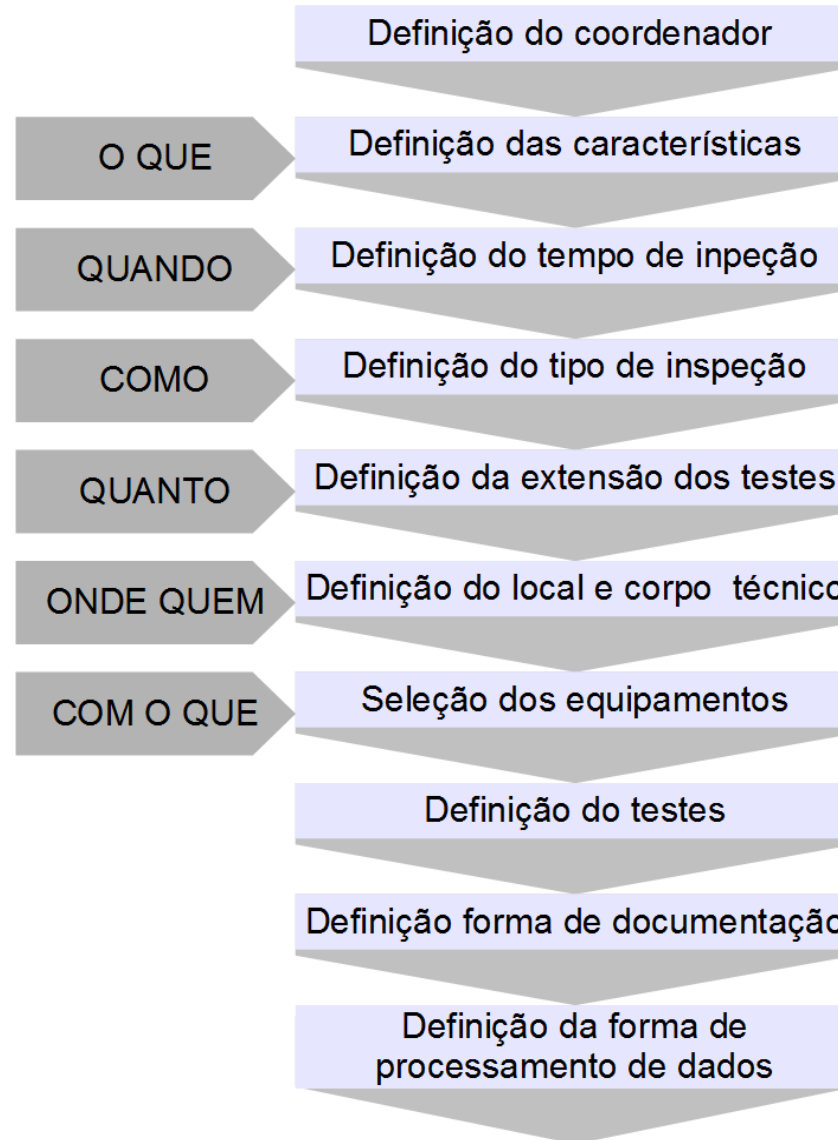


Tipos de erros de medição

- **Erro sistemático:** é a parcela previsível do erro. Corresponde ao erro médio.
- **Erro aleatório:** é a parcela imprevisível do erro. É o agente que faz com que medições repetidas levem a distintas indicações.



Questionamentos associados a medição de uma peça





Métodos de medição

- Existem dois métodos de medição: método direto e método indireto

Método direto

- Neste a quantidade a ser medida é diretamente comparada com um padrão que tem as mesmas dimensões físicas





Métodos de medição

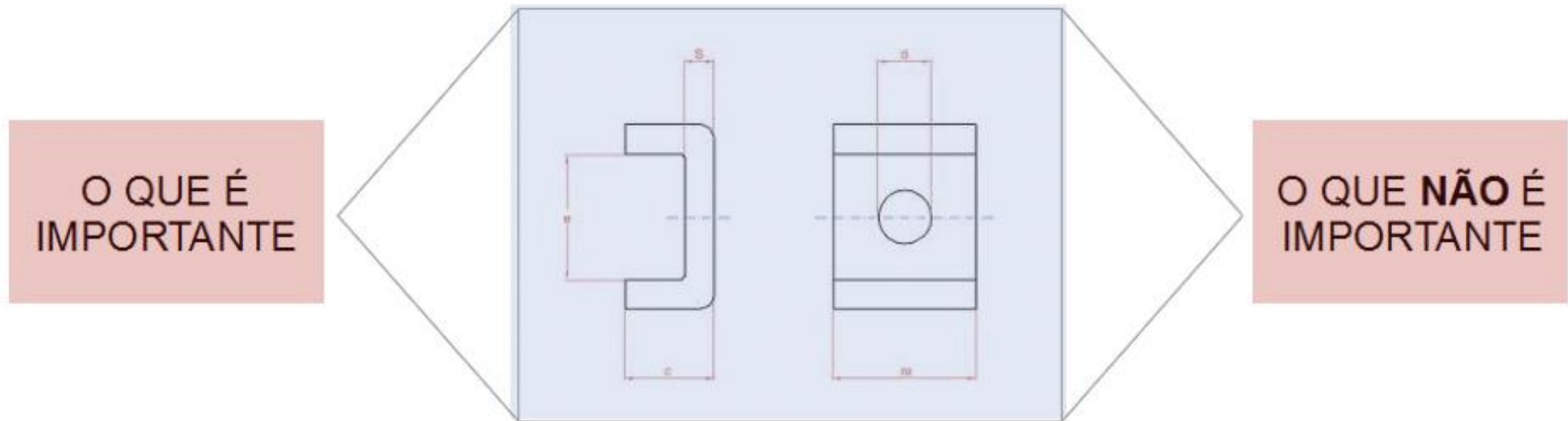
Método indireto

- Neste a quantidade a ser medida não é quantificada de forma direta, mas é obtida por uma quantidade intermediária proporcional a grandeza a ser medida.





Questionamentos associados a medição de uma peça





Qual o equipamento mais apropriado para a medição

REQUISITOS

- faixa de operação
- Incerteza de medição
- aplicabilidade
- capacidade
- adaptabilidade a produção
- custo
- outros

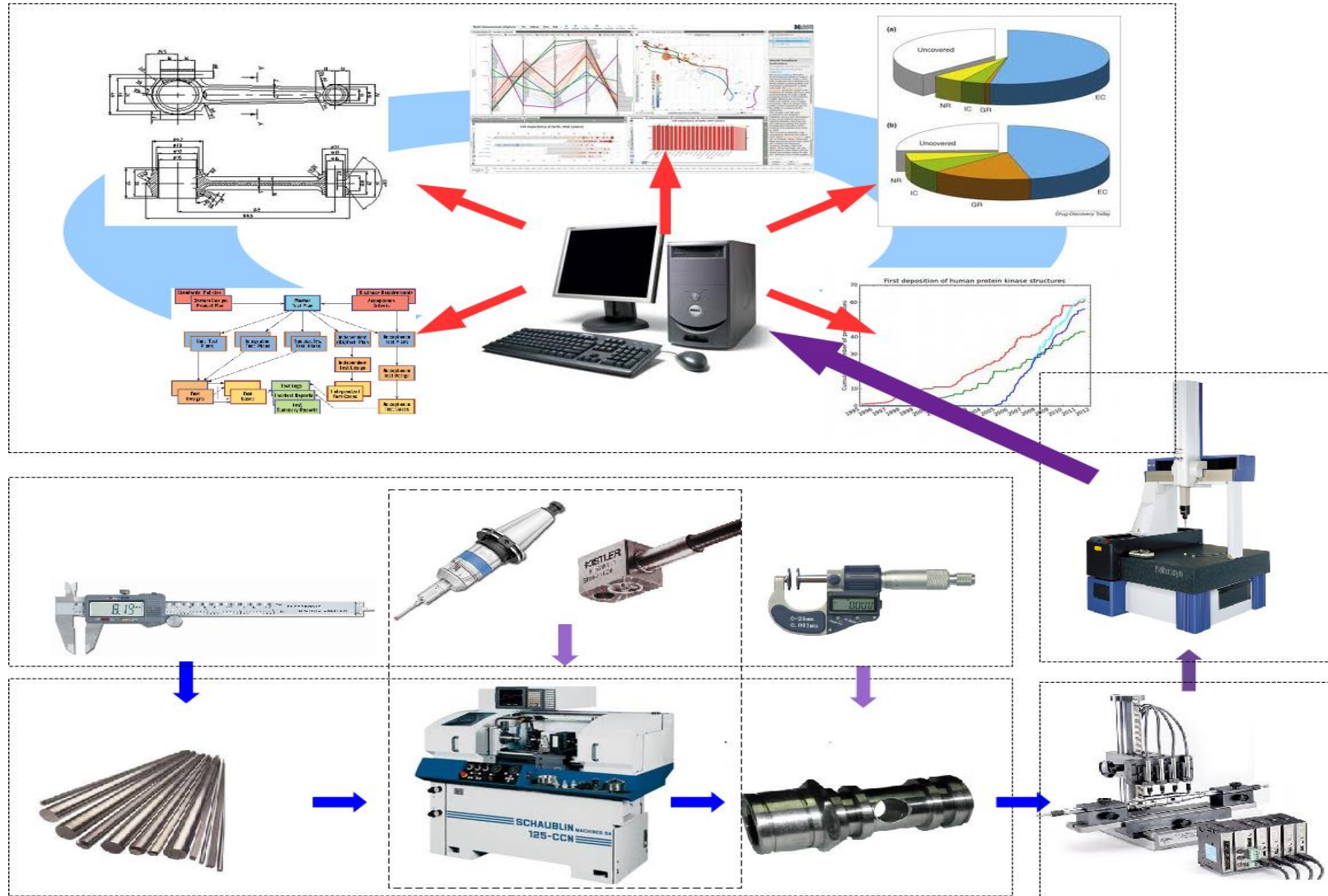


SELEÇÃO



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Níveis de medição





Equipamentos básicos de medição

→ Instrumentos manuais

PAQUÍMETRO



MEDIDORES DE ÂNGULOS

MICRÔMETRO



Equipamentos básicos de inspeção



MEDIDORES DE ÂNGULOS

COMPARADORES

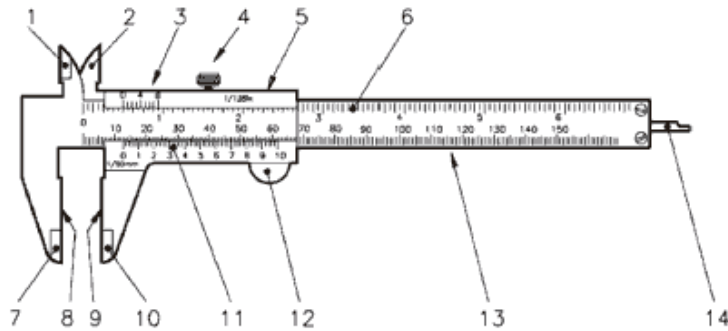


INSTRUMENTOS ANALÓGICOS

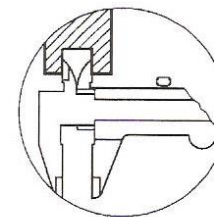
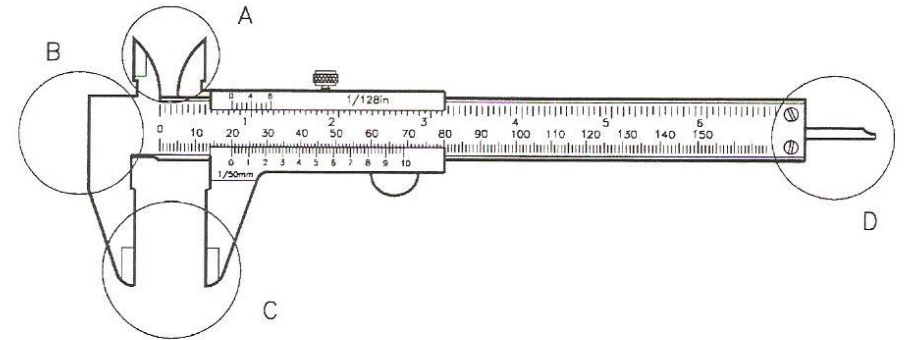


Paquímetro

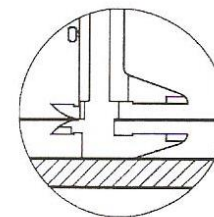
➤ Paquímetros são instrumentos de medição utilizados para medir de distâncias.



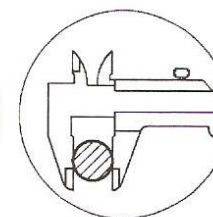
1. Orelha fixa.
2. Orelha móvel.
3. Nônio ou vernier (polegada).
4. Parafuso de trava.
5. Cursor.
6. Escala fixa de polegada.
7. Bico fixo.
8. Encosto fixo.
9. Encosto móvel.
10. Bico móvel.
11. Nônio ou vernier (milímetro).
12. Impulsor.
13. Escala fixa de milímetros.
14. Haste de profundidade.



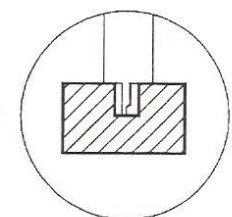
A
interna



B
de ressalto



C
externo

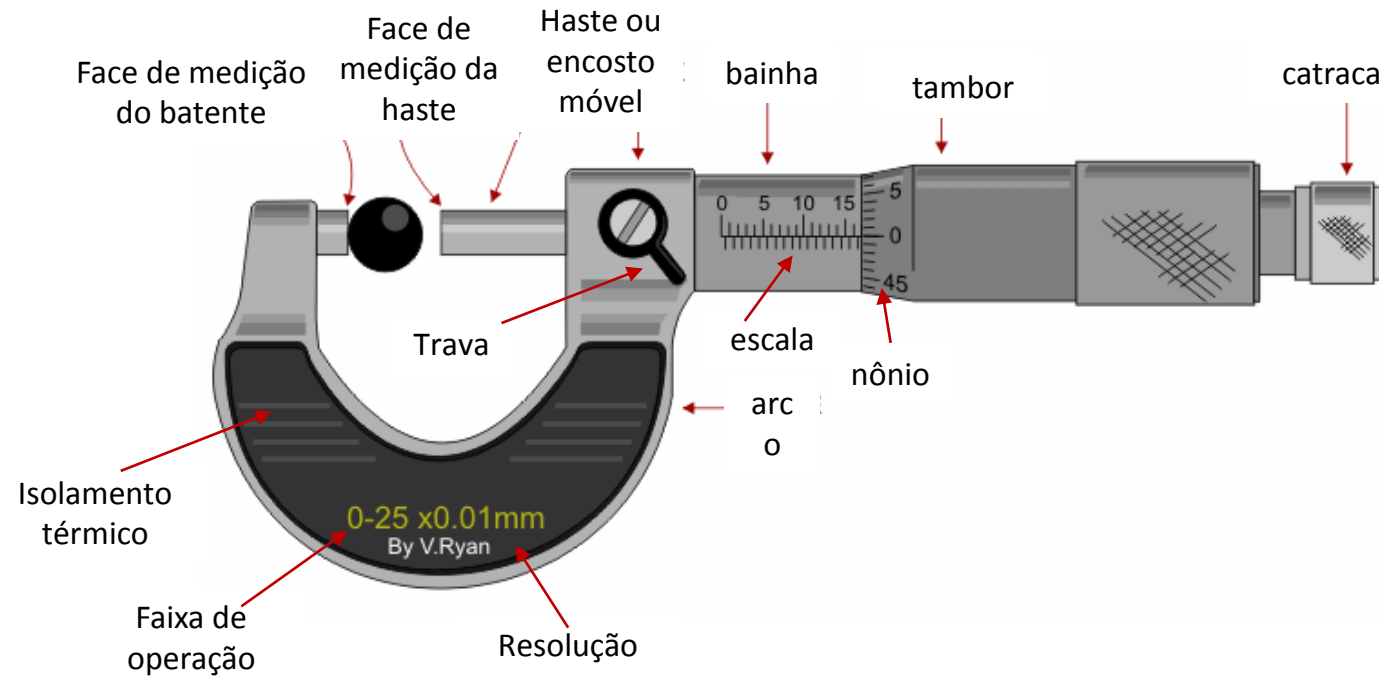


D
de profundidade



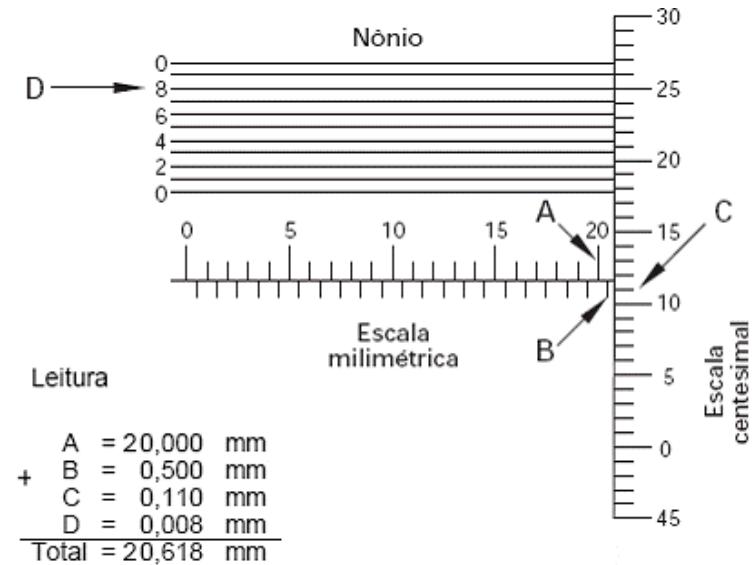
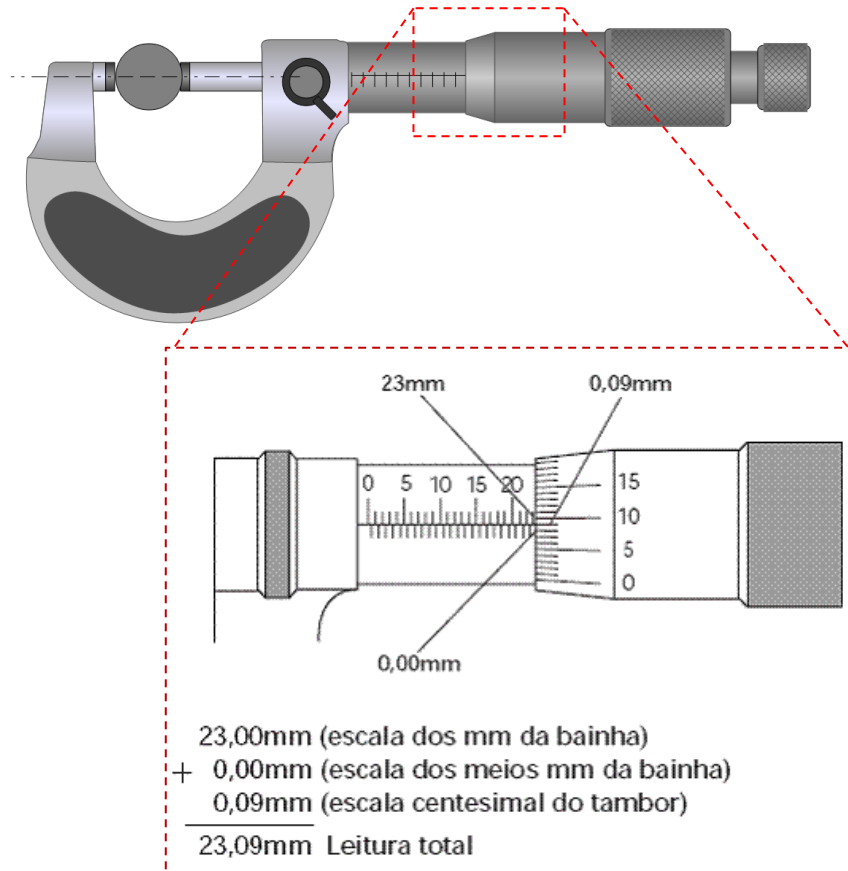
Micrometro

- Micrometros são instrumentos de medição lineares que incorporam um parafuso de precisão para realização da medição



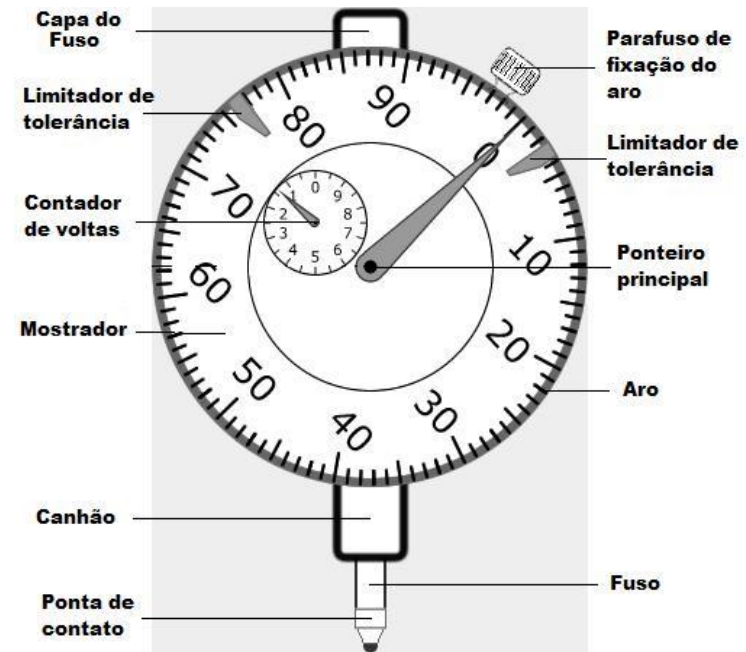


Leitura do Micrometro





Relógio comparador





Leitura do relógio comparador





Tipos de relógios comparadores





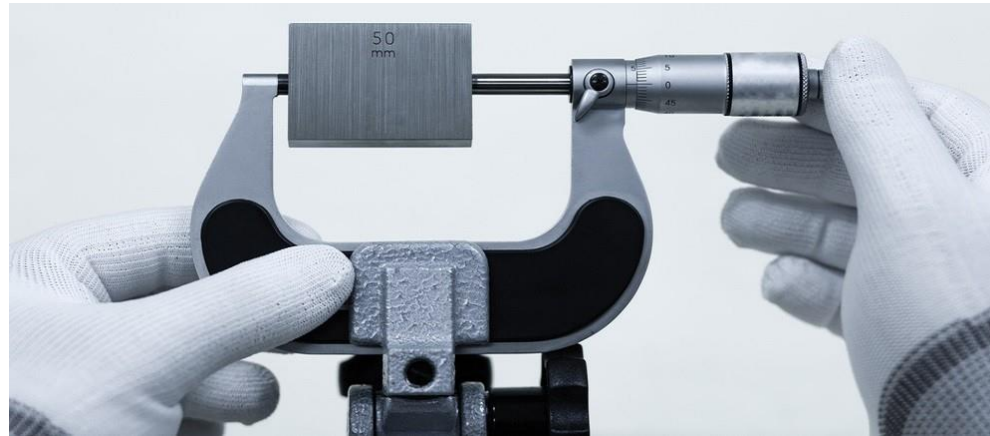
Blocos padrão





Blocos padrão

Emprego de blocos padrão





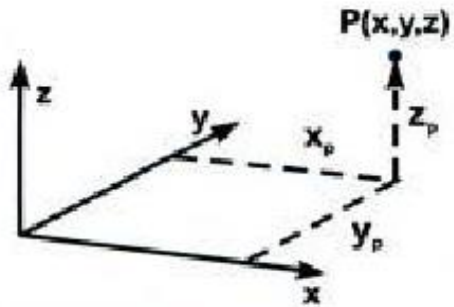
Equipamentos avançados de medição

Máquina de medir por coordenadas

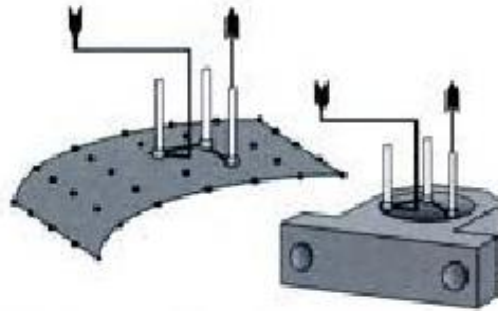
- MMC – são sistemas de medição que utilizados para caracterizar dimensional e geometricamente um objeto.
- São controladas por computador e a interferência do operador é mínima durante o processo de medição
- A medição é realizada por meio de um sensor apalpador.
- MMC não permitem identificar porque um componente está fora das tolerâncias.
- Estas permitem identificar o quanto uma determinada *feature* do componente (por exemplo um furo) está com relação a dimensão ou forma geométrica.



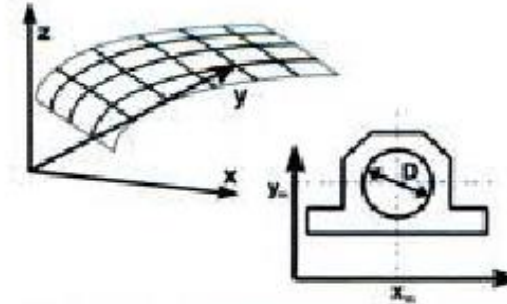
Máquina de medir por coordenadas



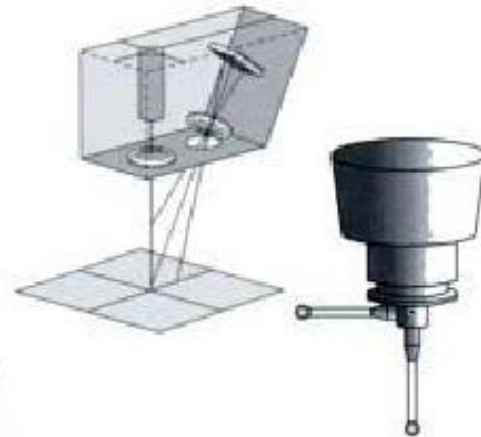
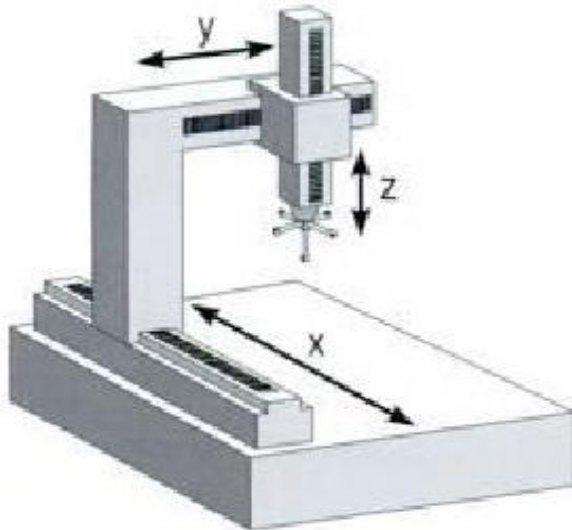
Definição da área de medição (MMC)



Ajuste e correção da área (medição)

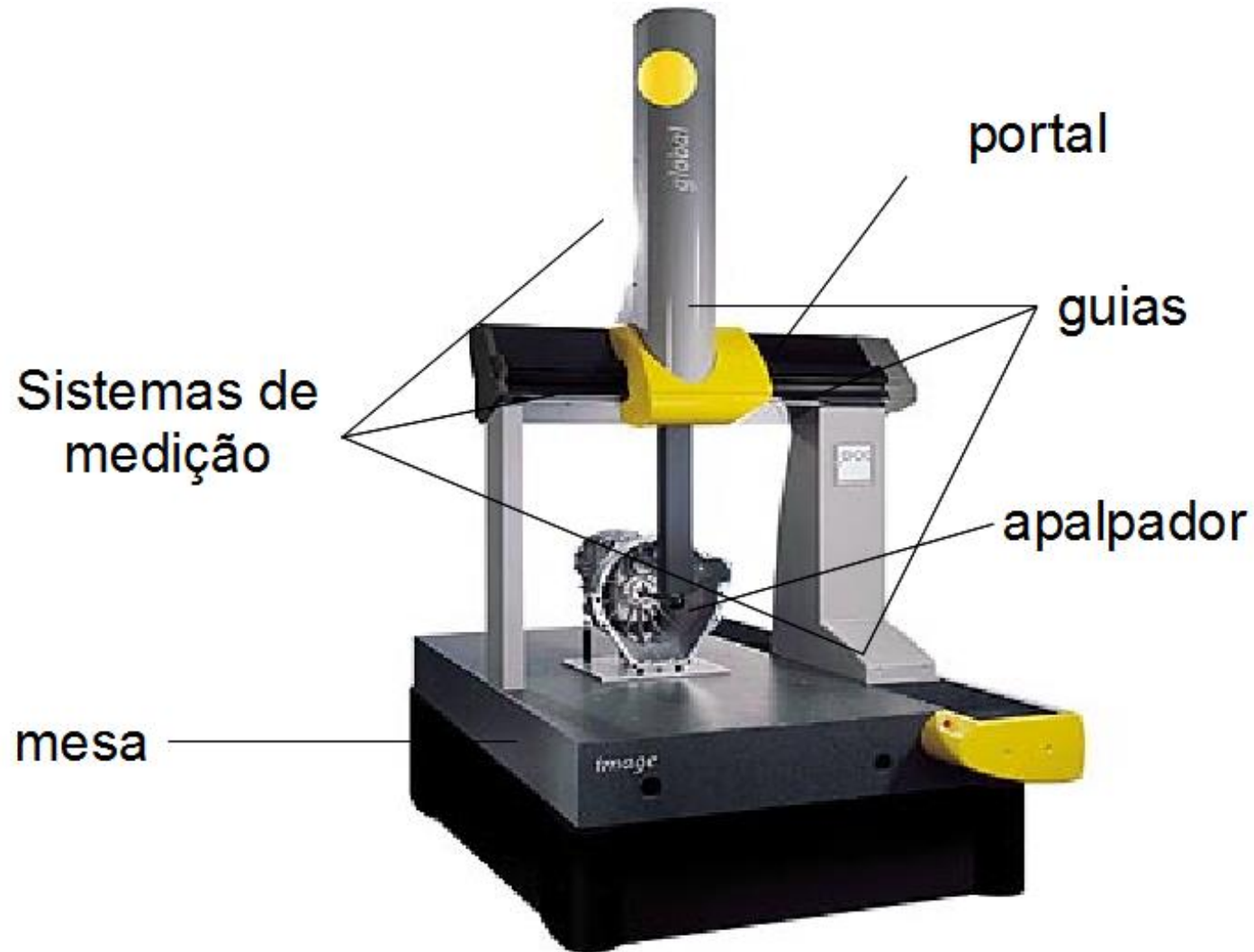


Combinação com a área (análise)





Constituintes de uma MMC





Sensor, Apalpador ou Probe de medição

Eletro-mecânicos



óptico-eletrônicos
(Laser)





A Metrologia 4.0 traz a integração entre padrões de calibração, sistema de calibração e outros sistemas podendo gerar ações inovadoras e customizadas.

Os resultados serão cada vez mais colaborativos no processo de tomada de decisão entre ajustar, somente calibrar ou substituir um instrumento em calibração.

<https://manufatura-inteligente.com.br/setor-de-metrologia-se-adequa-industria-4-0-e-apresenta-novidades-durante-feimec/>

<https://consultoriamd.com.br/artigo/calibracao-metrologia-4-0/>

<https://www.consultoria17025.com.br/metrologia-4/>



Metrologia 4.0 é a total independência e ao mesmo tempo a Interdependência do instrumento de medição, Instrumento de Calibração (Padrão) e o sistema de Calibração e o ERP utilizado pelo cliente.

Os calibradores medem de forma automática e podem funcionar sem fio (WIRELESS), REMOTE ACCESS ou através de cabo de rede TCP/IP.

<https://manufatura-inteligente.com.br/setor-de-metrologia-se-adequa-industria-4-0-e-apresenta-novidades-durante-feimec/>

<https://consultoriamd.com.br/artigo/calibracao-metrologia-4-0/>

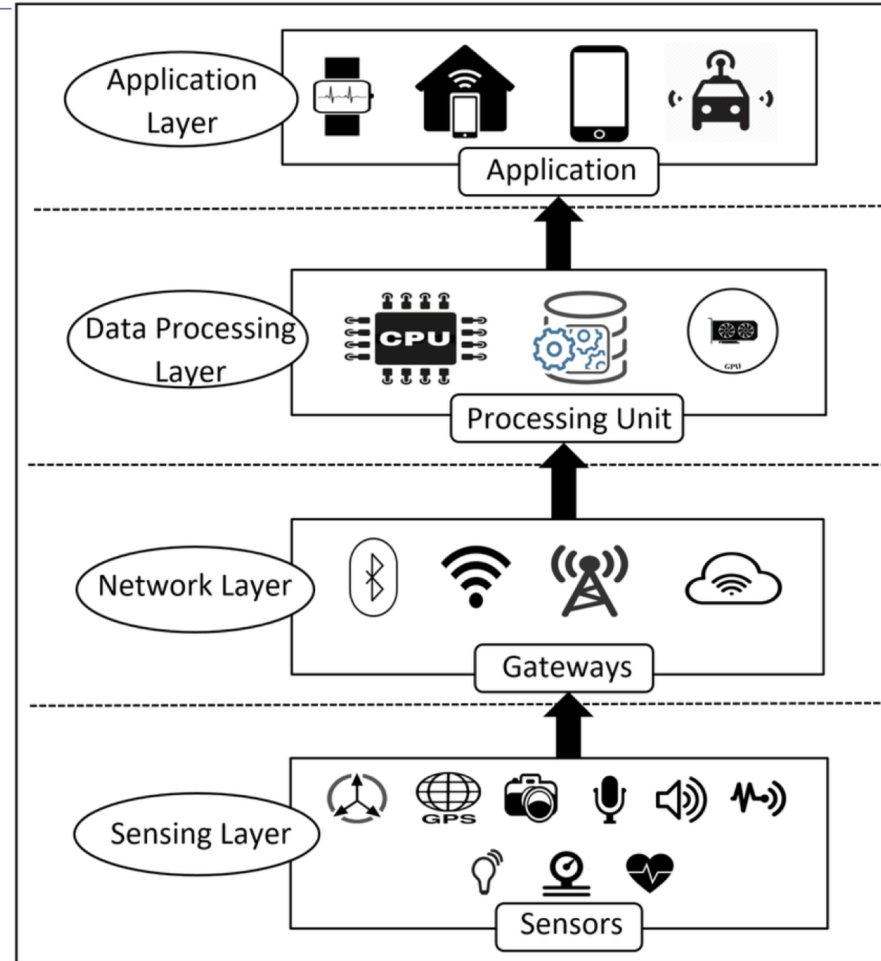
<https://www.consultoria17025.com.br/metrologia-4/>



IoT

É um modelo de referência, como cliente servidor, desktop ou mainframe.

Produz-se uma imagem do mundo real no mundo virtual. Em cima desta, decisões são tomadas por algoritmos computacionais avançados



<https://www4.inmetro.gov.br/sites/default/files/arquivos/eventos/7-metrologia-4-0.pdf>

National Institute of Standards and Technology

<https://www.nist.gov/noac>



Metrologia 4.0

- IoT é problema de transmissão de informação, algoritmos de decisão, banco de dados e
- **Sensoreamento → METROLOGIA**
- **Garantia de qualidade dos dados – garbage in, garbage out**
 - IA é poderoso mas não é mágico
- **Bilhões de sensores – mudança no conceito de calibração**
 - Somente parte dos sensores serão calibrados
 - Algoritmos avaliarão o estado de cada sensor
 - Uma imagem do mundo real será reproduzida no virtual
 - **Metrologia envolverá a calibração dos sensores, e validação dos algoritmos, e da imagem da realidade**



Metrologia 4.0

- **Medições tradicionais de temperatura, pressão, tensão elétrica, vibração, iluminação, entre muitos – mais processamento = mais medidas**
- **Aumento da resolução temporal e de amplitude das medições**
 - mais processamento = mais capacidade de tratar números
- **Nova metodologia de acompanhar a validade de calibração (monitorar mais, calibrar menos)**
- **Equipamentos de medição definidos por software**
- **Novas “grandezas” a serem medidas**
- **Novas formas de obter rastreabilidade (novo SI)**
- **Segurança Cibernética**



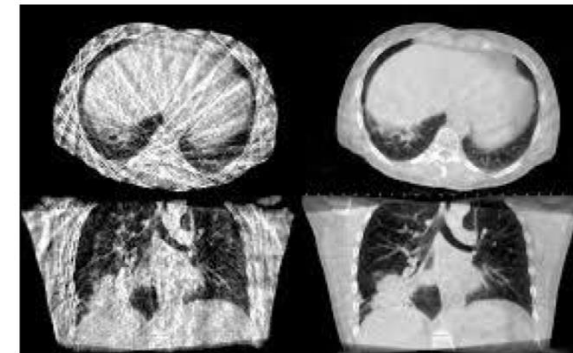
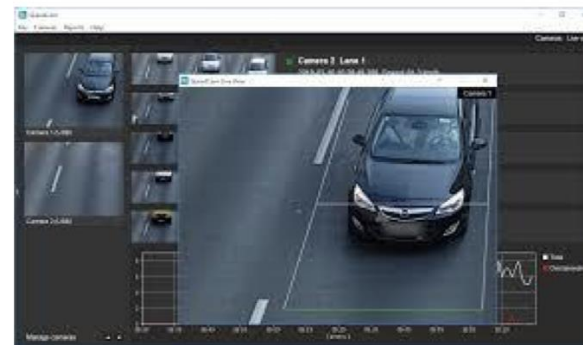
<https://consultoriamd.com.br/artigo/calibracao-metrologia-4-0/>

<https://www.consultoria17025.com.br/metrologia-4/>

<https://manufatura-inteligente.com.br/setor-de-metrologia-se-adequa-industria-4-0-e-apresenta-novidades-durante-feimec/>



Novas “grandezas” – ex: Metrologia de Imagem



<https://www4.inmetro.gov.br/sites/default/files/arquivos/eventos/7-metrologia-4-0.pdf>

National Institute of Standards and Technology

<https://www.nist.gov/noac>



As principais vantagens de Metrologia 4.0 são:

- . Controle Estatístico de Processos em tempo real, no andamento da calibração;
- . Coleta de dados automática do instrumento a ser calibrado;
- . Eliminação total de digitação de dados de calibração;
- . Gestão Multi Usuário, com cadastro dos usuários dos calibradores, visando integridade de dados e identificação de quem realizou a atividade.

Conector USB, a porta Ethernet e ao sistema de Wi-Fi os calibradores poderão ser conectados diretamente ao Software de Calibração para troca de informações de TAGs, dados de calibração, procedimentos, tarefas, vídeos. Isto permitirá obter e processar resultados de medição com maior facilidade reduzindo erros e aumentando a produtividade.

A característica mais marcante e que não pode faltar numa calibração é a INCERTEZA DE MEDIÇÃO DO INSTRUMENTO. Sem ela, uma calibração não é considerada uma calibração. O documento decorrente de uma calibração é o certificado de calibração do instrumento. Seja a calibração convencional ou seja na Metrologia 4.0.

<https://consultoriamd.com.br/artigo/calibracao-metrologia-4-0/>



Além de executar a ação de calibração, o técnico instrumentação/metrologista passará a ter além de suas atribuições, uma função muito mais analítica do que operacional, o que certamente impulsionará a produtividade, de modo a minimizar erros e aumentar a qualidade do serviço.

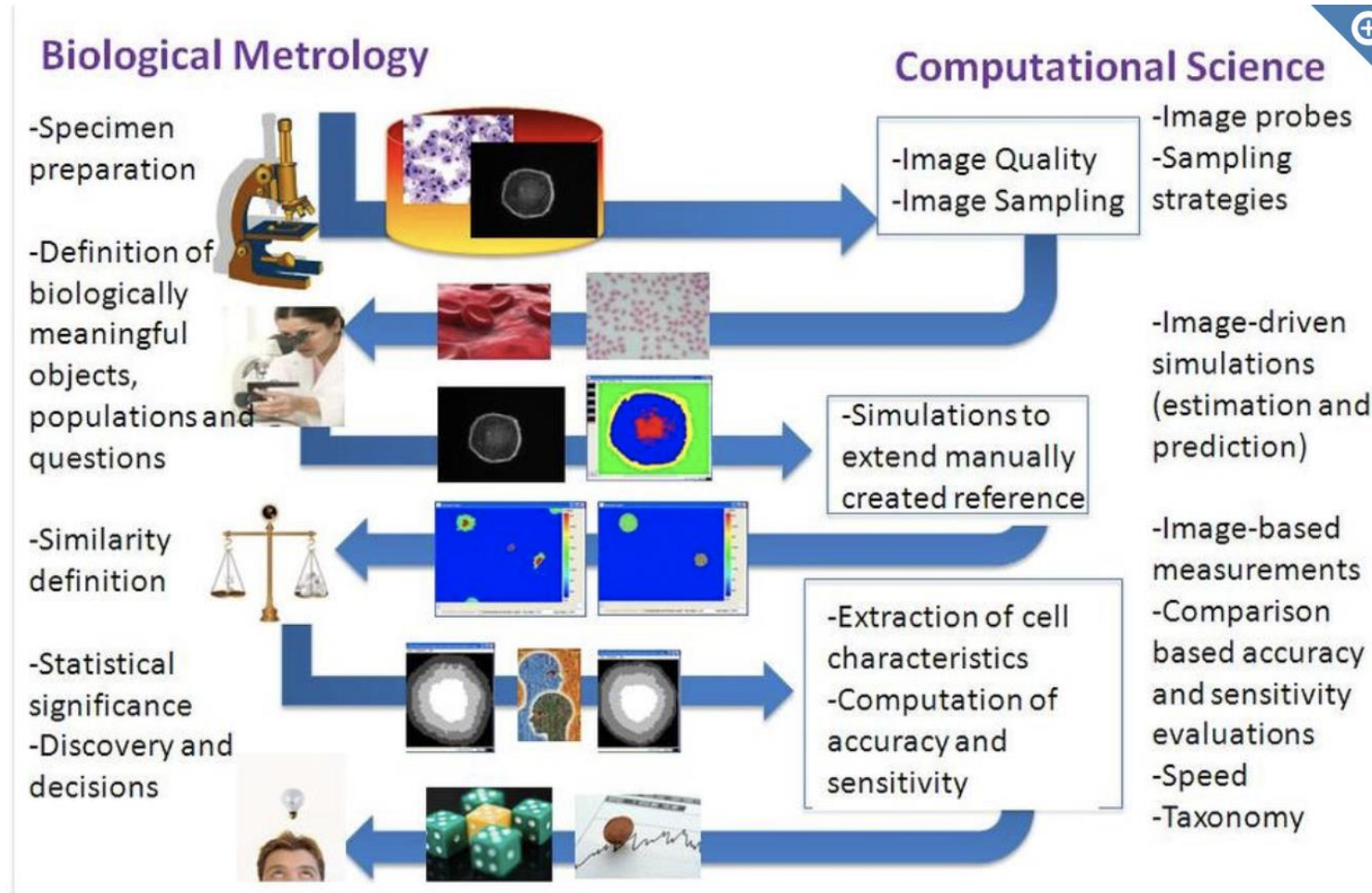
Enfim, a Metrologia 4.0 trará a elevação do hardware e software aliados ao capital humano, tornando a calibração mais confiável e produtiva na instrumentação e conseqüentemente dentro da indústria. Auxiliará os times para a melhora contínua dos controles de processo e análise crítica. Com certeza será o ingresso de uma planta industrial à quarta revolução industrial através da METROLOGIA.

<https://consultoriamd.com.br/artigo/calibracao-metrologia-4-0/>

Newton Bastos



Exemplo



<https://www.nist.gov/programs-projects/computational-science-bio-metrology>



<https://www.youtube.com/watch?v=tPefNi0G2wM>

<https://www.facebook.com/mitutoyobrasil/videos/webinar-soluções-de-medição-40/265414941052935/>





Sumário

Conceitos Fundamentais de Metrologia

Introdução à Metrologia 4.0