



EPRi004 - Laboratório de Metrologia

Aula 01 - Controle Geométrico e Condições Ambientais

Prof. Dr. Rogério Fernandes Brito (IEI/UNIFEI)

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3904933874349969>

2026.1

Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI

Importância de Medir

Metrologia é a ciência da medição e está presente em diversas atividades do dia a dia.

Exemplos:

Supermercado: produtos vendidos por peso.

Combustível: volume abastecido é medido.

Internet e telefone: cobrança baseada no consumo.

Compras: comparação de preços baseada em medidas.



Importância de Medir

2. Na Saúde

- **Equipamentos médicos:** metrologia garante precisão em termômetros, balanças e medidores de pressão.
- **Dosagem de medicamentos:** doses corretas são essenciais para a segurança do paciente.



Importância de Medir

3. Na Indústria

- **Controle de qualidade:** garante que produtos atendam aos padrões.
- **Calibração de instrumentos:** assegura precisão e confiabilidade das medições.
- **Inovação e segurança:** reduz desperdícios e aumenta a segurança no trabalho.

Resumo:

A metrologia está presente do cotidiano à indústria e é essencial para a qualidade de vida.





METROLOGIA NA ÁREA DA SAÚDE:

1. **Termômetro:** verificar a temperatura do corpo.
2. **Esfigmomanômetro:** Verificar pressão arterial.
3. **Eletrocardiógrafo:** Coletar, amplificar e desenhar um sinal cardíaco.
4. **Oxímetro:** Mensuração da quantidade de oxigênio no sangue.





Medição de comprimento:

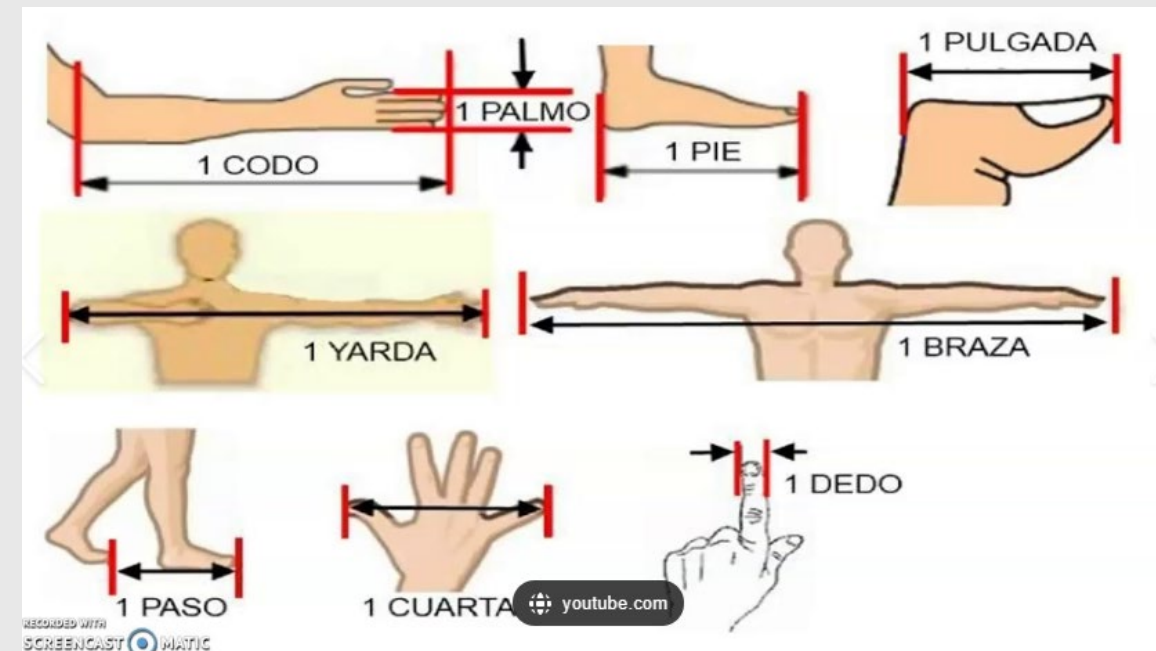
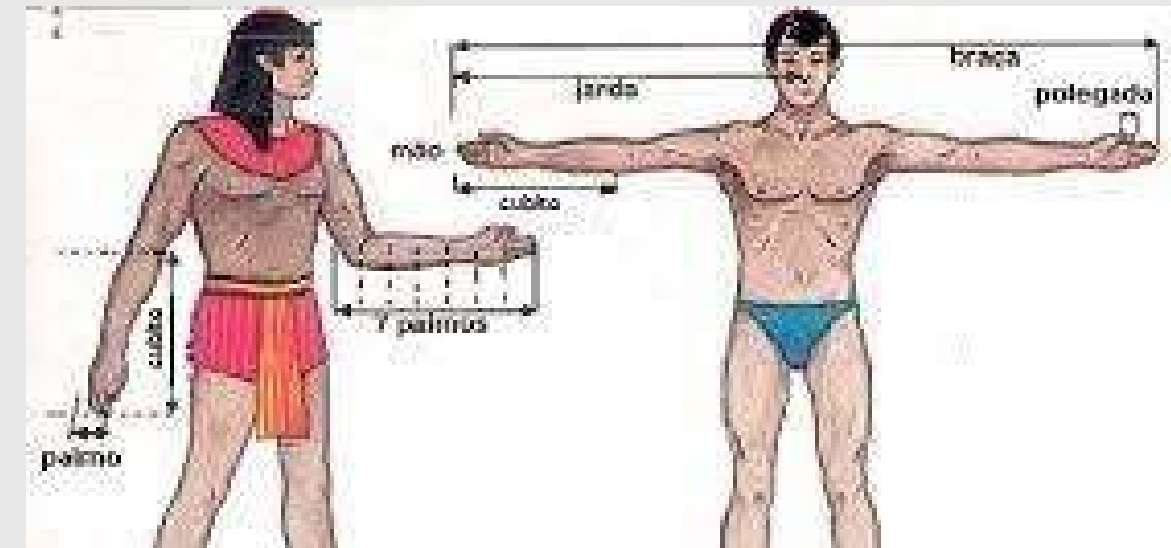
As medidas de comprimento permitem quantificar distâncias e dimensões, sendo fundamentais para comparar tamanhos e calcular áreas e volumes.

Exemplos de unidades:

- **Mútiplos do metro:** quilômetro km (1000 m), hectômetro hm (100 m), decâmetro dam (10 m).
- **Submútiplos:** decímetro dm (0,1 m), centímetro cm (0,01 m), milímetro mm (0,001 m).
- **Outras unidades:** polegada, palmo e pé.

Relação aproximada com o metro:

- 1 polegada [in] = 0,0254 [m]
- 1 palmo $\approx$ 0,22 [m] (aproximado)
- 1 pé [ft] = 0,3048 [m]
- **OBS:** usar as unidades em colchetes [m] e adimensional [-]



1 polegada = 2,54 cm
1 pé = 30,48 cm
1 jarda = 91,44 cm

A figura ilustra antigas unidades de medida baseadas no corpo humano, utilizadas antes da padronização do sistema métrico.

Nessas formas de medição, partes do corpo serviam como referência para estimar comprimentos no cotidiano. Entre as unidades representadas estão:

Polegada: largura aproximada do polegar.

Palmo: distância entre a ponta do polegar e a ponta do dedo mínimo com a mão aberta.

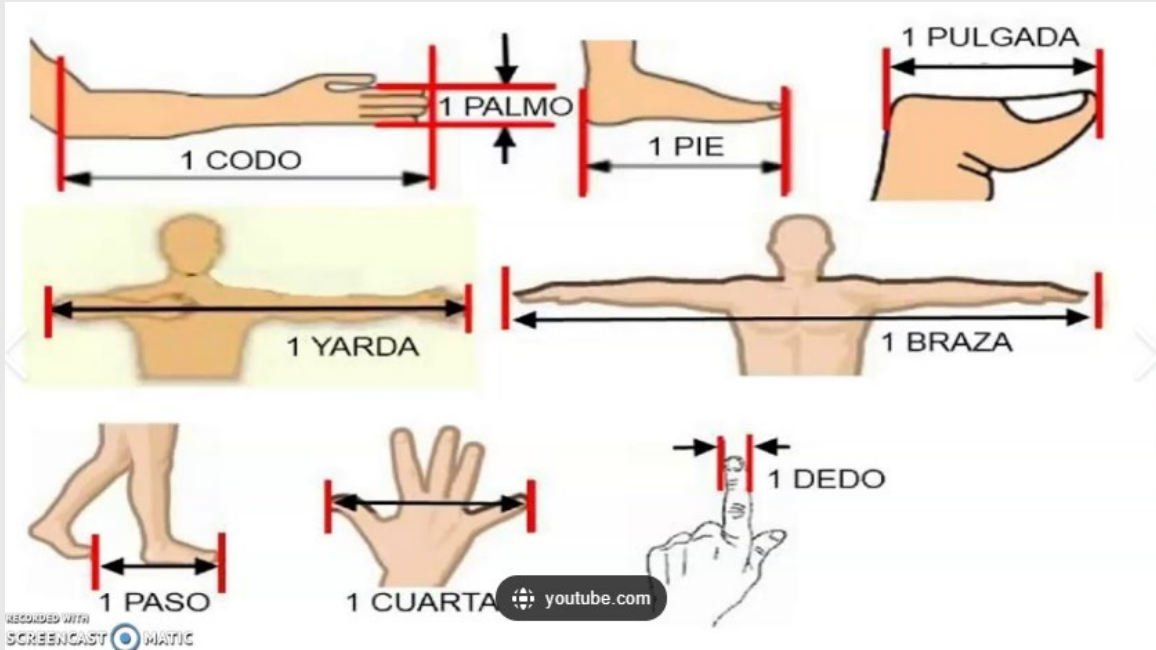
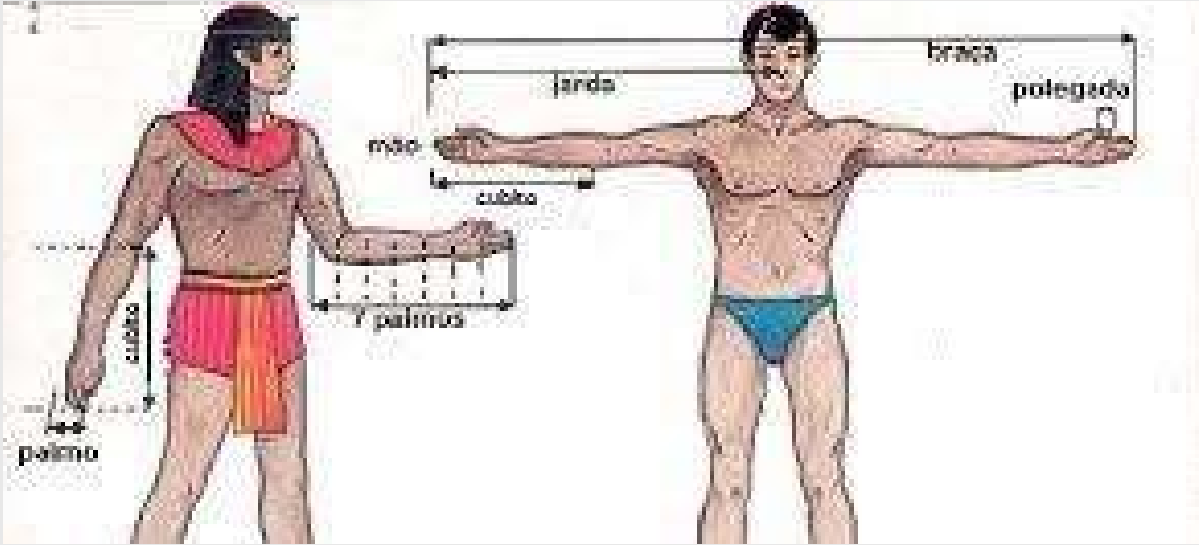
Codo (côvado): distância do cotovelo até a ponta da mão.

Pé: comprimento aproximado de um pé humano.

Passo: distância percorrida em um passo.

Braça: distância entre as extremidades das mãos com os braços totalmente abertos.

Jarda: medida semelhante à distância entre os braços estendidos de uma pessoa.



1 polegada = 2,54 cm
1 pé = 30,48 cm
1 jarda = 91,44 cm

Dedo: largura aproximada de um dedo da mão.

Cuarta (ou quarto): medida associada à abertura parcial da mão.

A figura também apresenta algumas equivalências no sistema métrico, mostrando a conversão dessas unidades tradicionais para centímetros:

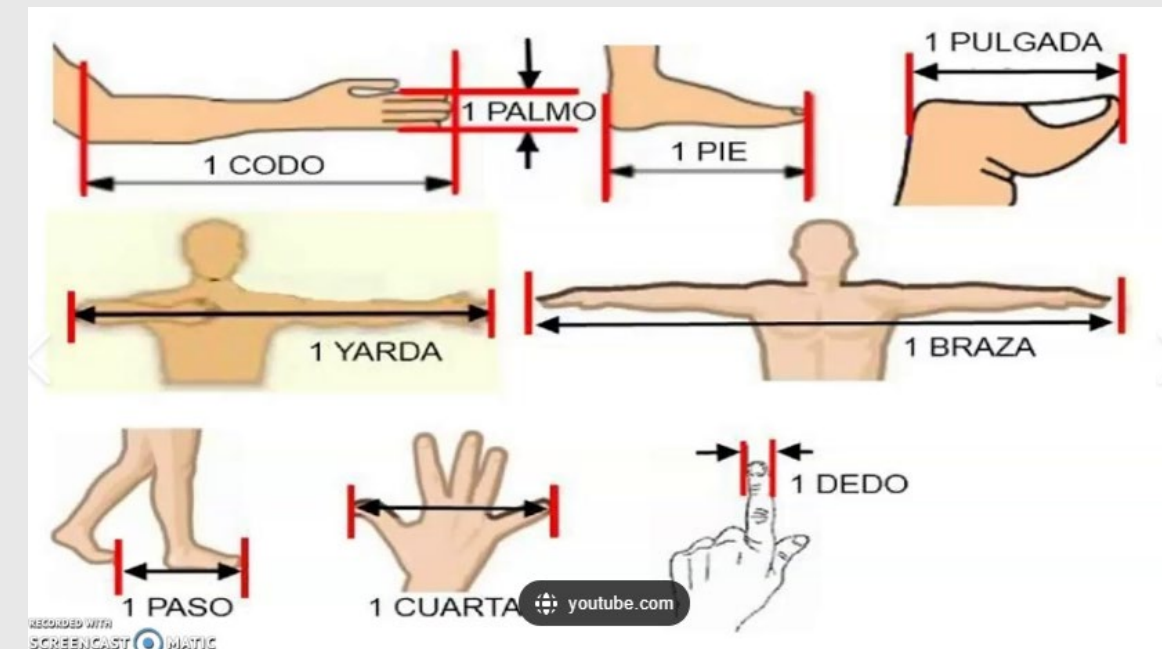
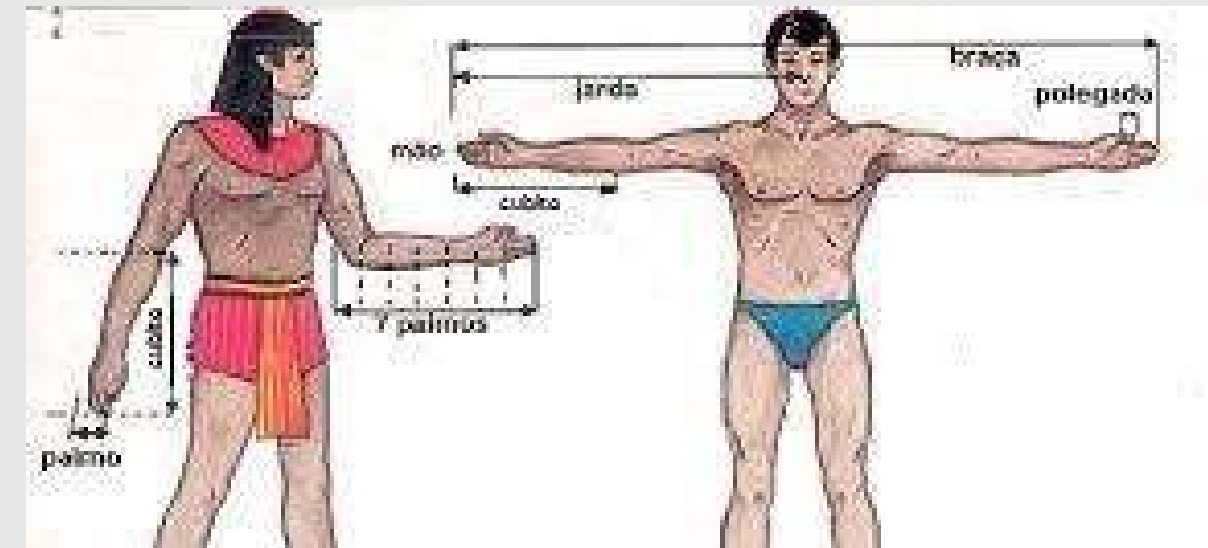
1 **polegada** = 2,54 cm;

1 **pé** = 30,48 cm;

1 **jarda** = 91,44 cm.

Essa representação mostra que, no passado, as medidas eram baseadas no corpo humano, gerando variações e imprecisões.

Por isso surgiram sistemas padronizados, como o **Sistema Internacional de Unidades (SI)**.



1 polegada = 2,54 cm
1 pé = 30,48 cm
1 jarda = 91,44 cm

Controle Geométrico

1. **Dimensão:** medidas básicas do objeto (comprimento, largura, altura, espessura).
2. **Comprimento:** distância linear entre dois pontos.
3. **Ângulo:** inclinação entre linhas ou superfícies.
4. **Forma:** configuração geral do objeto (esférica, cúbica, cilíndrica).
5. **Circularidade:** grau de aproximação de um círculo perfeito.
6. **Cilindricidade:** uniformidade de uma superfície cilíndrica.
7. **Retilidade:** verificação se uma linha é reta.
8. **Planeza:** verificação se uma superfície é plana.



Controle Geométrico

- 9. Perpendicularidade:** verifica se duas linhas ou superfícies formam 90° .
- 10. Rugosidade:** irregularidades microscópicas da superfície.
- 11. Posição:** localização de um objeto em relação a um sistema de referência.
- 12. Coordenadas:** valores que definem a posição de um ponto (x, y, z).
- 13. Posicionamento:** precisão da posição de um objeto dentro das tolerâncias.

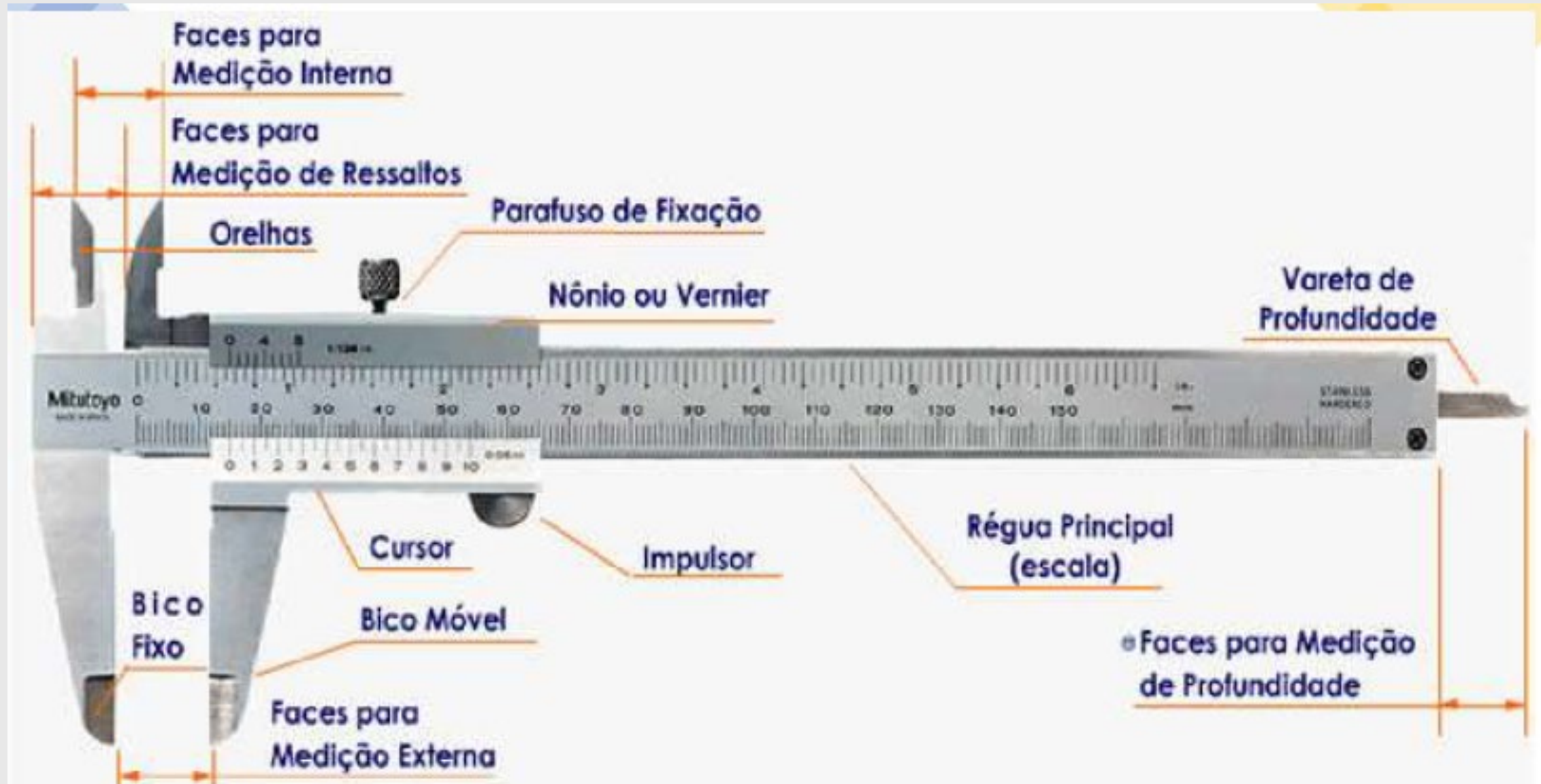
Resumo: Esses conceitos garantem qualidade, precisão e conformidade nos processos industriais.



Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- Paquímetros (analógico e digital)

Quais as medidas possíveis com o paquímetro?



Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

Quais as medidas possíveis com o paquímetro?

Com o **paquímetro** é possível realizar principalmente **quatro tipos de medições**:

1. Medição externa

1. Utilizando os **bicos externos**.
2. Ex.: diâmetro de eixos, espessura de chapas, largura de peças.

2. Medição interna

1. Utilizando as **orelhas (bicos internos)**.
2. Ex.: diâmetro interno de furos ou tubos.

3. Medição de profundidade

1. Utilizando a **vareta de profundidade**.
2. Ex.: profundidade de furos, cavidades ou rasgos.

4. Medição de ressalto (degrau)

1. Utilizando as **faces para medição de degraus**.
2. Ex.: diferença de altura entre duas superfícies.

✓ **Resumo:**

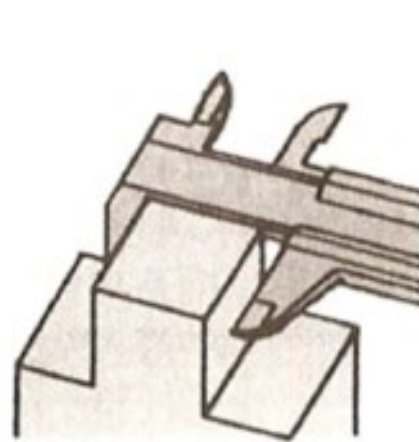
O paquímetro permite medir **dimensões externas, internas, profundidades e degraus (ressaltos)** de uma peça.



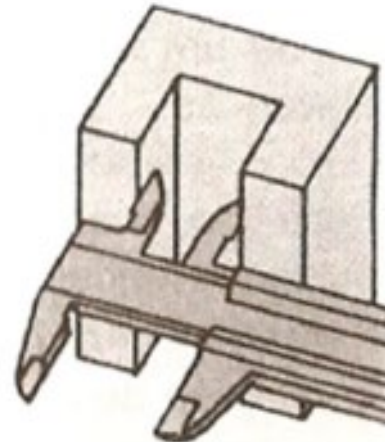
Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- Paquímetros (analógico e digital)

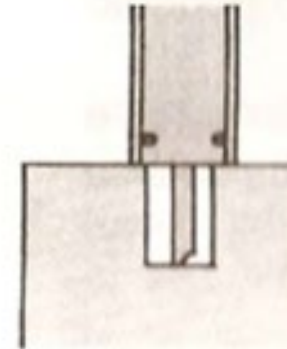
Quatro recursos de acesso ao lugar da medida (quadrimensional)



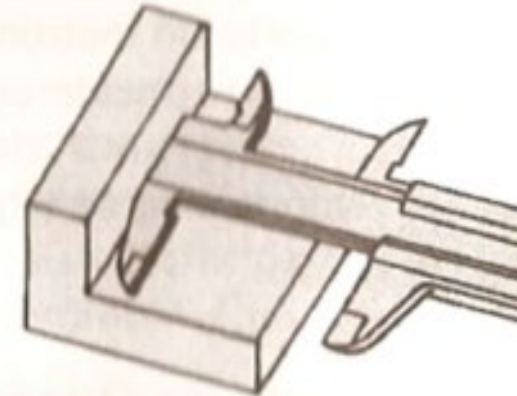
1. Medição externa



2. Medição interna



3. Medição de Profundidade

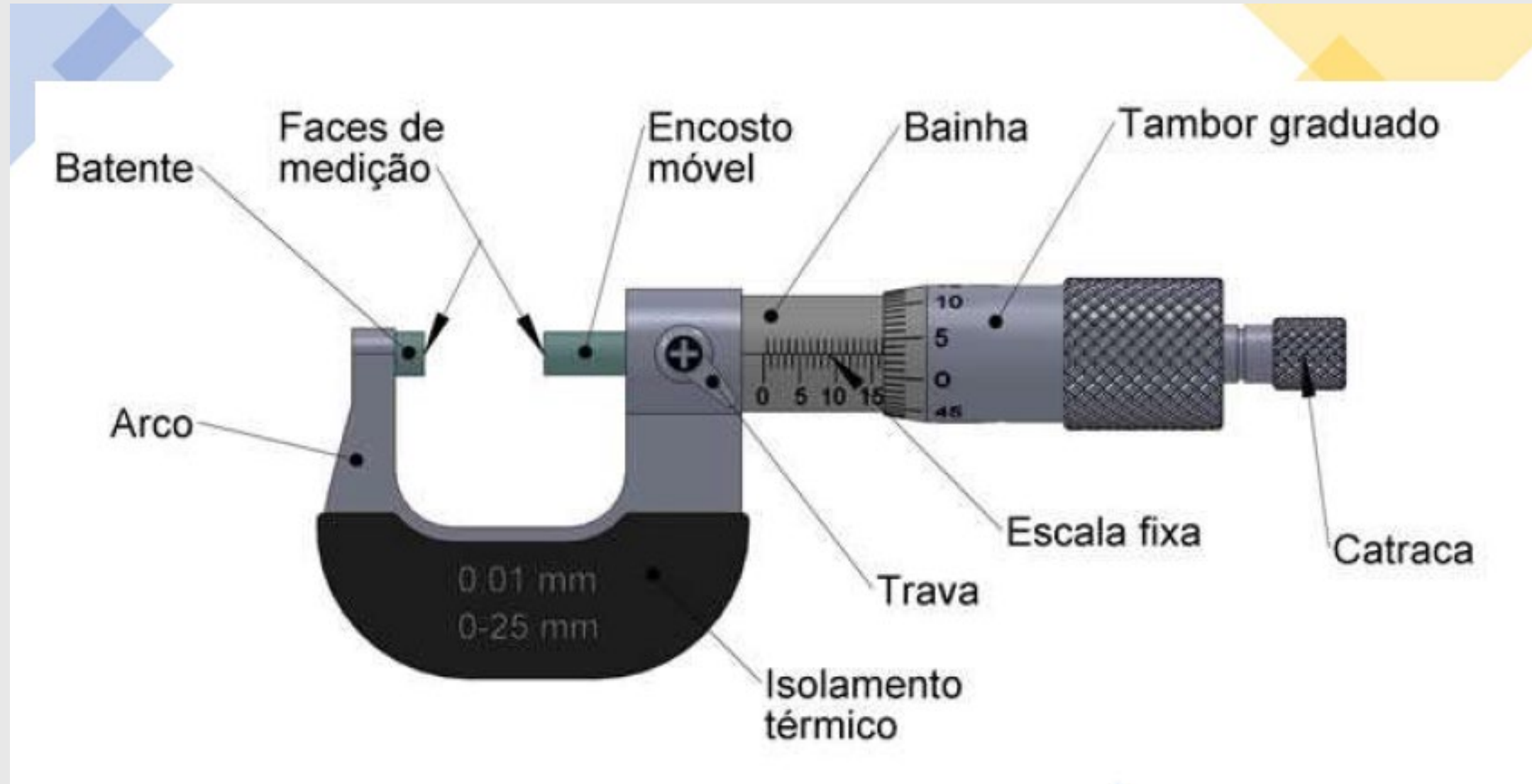


4. Medição de altura de Ressalto



Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- **Micrômetros (analógico e digital)**



Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)



Quais as medidas possíveis com o micrometro?

O **micrômetro** é um instrumento de alta precisão utilizado principalmente para medir **dimensões muito pequenas**. As medições mais comuns são:

Medição externa

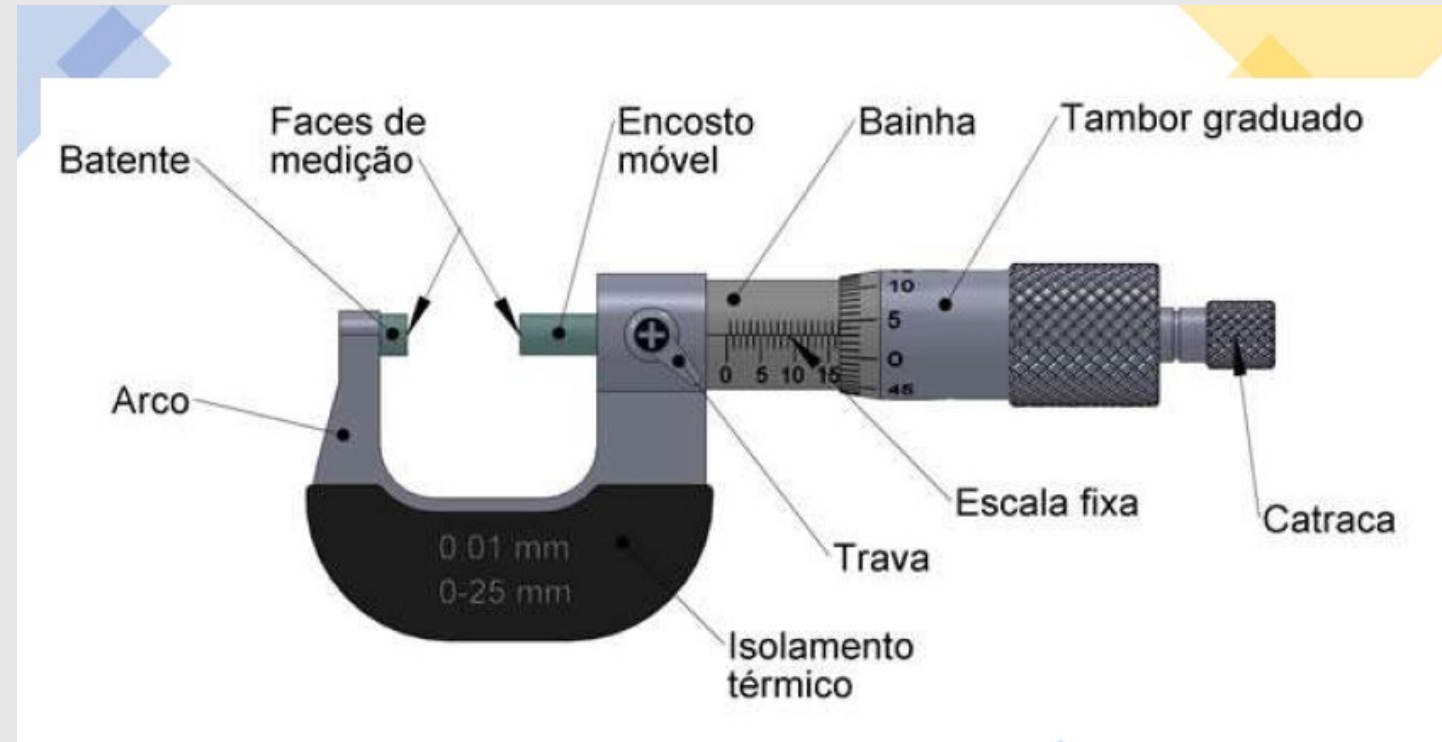
Medida de diâmetros externos, espessuras e larguras de peças.
Ex.: diâmetro de eixos, espessura de chapas, fios ou lâminas.

Medição interna *(com micrômetro interno)*

Medida de diâmetros internos de furos ou cavidades.

Medição de profundidade *(com micrômetro de profundidade)*

Medida da profundidade de furos, rasgos ou cavidades.



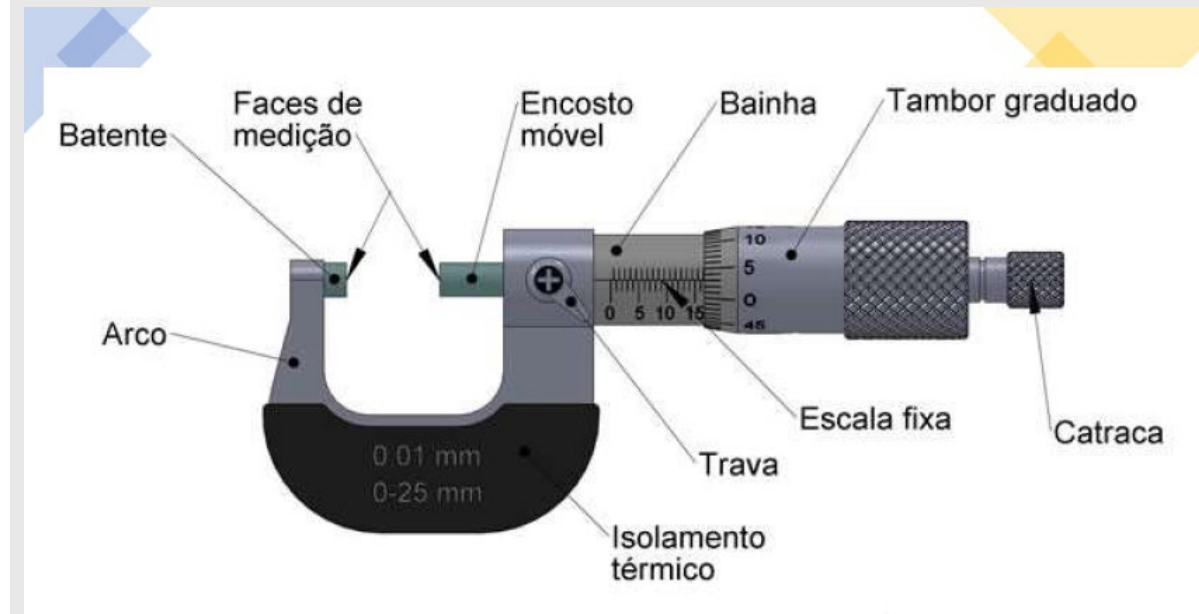
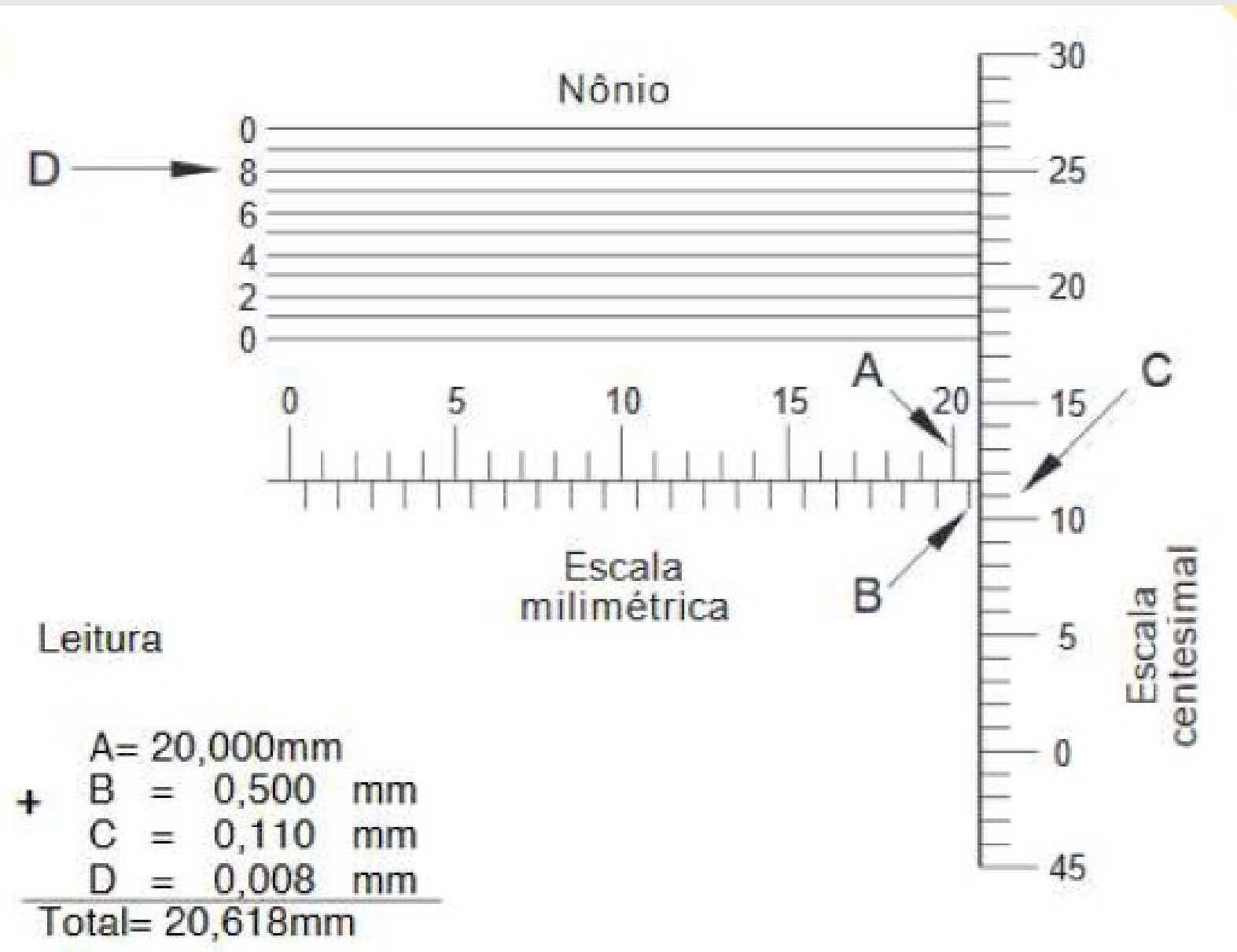
Resumo:

O micrômetro permite medir **dimensões externas, internas e profundidades**, com **alta precisão** (geralmente até 0,01 mm ou 0,001 mm).

Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)



- **Micrômetros (analógico e digital)**



Medidores de deslocamentos:

(i) mecânicos: relógio comparador e relógio apalpador;

(ii) elétricos: relógio comparador digital;

(iii) elétrico pneumático: evita erro de paralaxe e transdutor indutivo, para medição de deslocamento; e

(iv) medidor de deslocamento elétrico pneumático: usa a diferença de pressão via sinal elétrico.



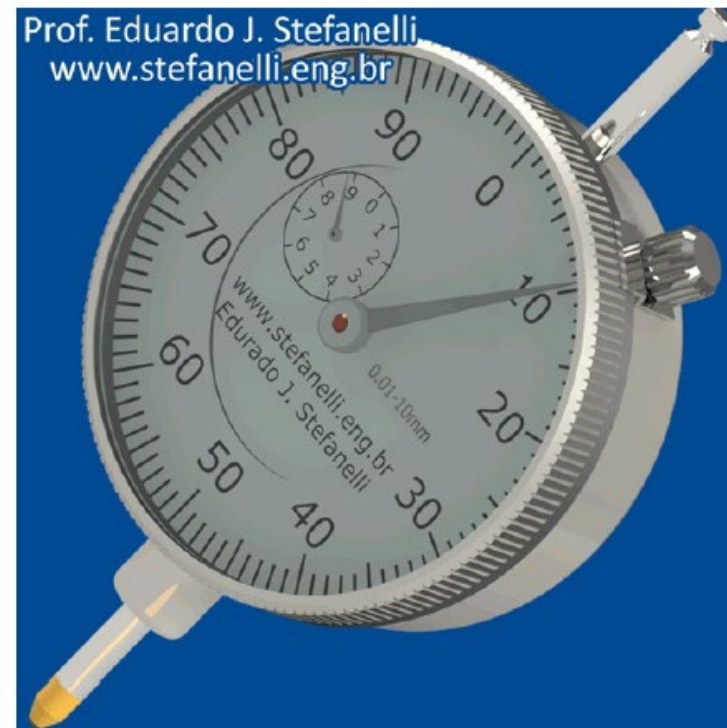
Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- Medidores de deslocamentos:

(i) **mecânicos**: relógio comparador e relógio apalpador; (ii) **elétricos**: relógio comparador digital; (iii) **elétrico pneumático**: evita erro de paralaxe e transdutor indutivo, para medição de deslocamento; (iv) **medidor de deslocamento elétrico pneumático**: usa a diferença de pressão via sinal elétrico.

(i)

Relógio
Comparador



Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- Medidores de deslocamentos:

(i) **mecânicos**: relógio comparador e relógio apalpador; (ii) **elétricos**: relógio comparador digital; (iii) **elétrico pneumático**: evita erro de paralaxe e transdutor indutivo, para medição de deslocamento; (iv) **medidor de deslocamento elétrico pneumático**: usa a diferença de pressão via sinal elétrico.

(i)



A figura mostra um **relógio comparador montado em uma base com suporte**, utilizado para **medição diferencial**.

Nesse método, o instrumento compara uma **peça padrão com outra peça**, indicando no mostrador pequenas **variações ou desvios dimensionais** em relação à referência.

Esse sistema é muito usado no **controle de qualidade para verificar precisão e alinhamento de peças**.

Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- Medidores de deslocamentos:

(i) **mecânicos**: relógio comparador e relógio apalpador; (ii) **elétricos**: relógio comparador digital; (iii) **elétrico pneumático**: evita erro de paralaxe e transdutor indutivo, para medição de deslocamento; (iv) **medidor de deslocamento elétrico pneumático**: usa a diferença de pressão via sinal elétrico.

(ii)

Relógio com indicador digital



É um **dispositivo de leitura/registro de dados** que recebe as medições do **relógio comparador digital** e **imprime ou armazena os valores medidos** para controle de qualidade.



Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)



- Medidores de deslocamentos:

(i) **mecânicos**: relógio comparador e relógio apalpador; (ii) **elétricos**: relógio comparador digital; (iii) **elétrico pneumático**: evita erro de paralaxe e transdutor indutivo, para medição de deslocamento; (iv) **medidor de deslocamento elétrico pneumático**: usa a diferença de pressão via sinal elétrico.

Relógio Apalpador



O **relógio apalpador** é um instrumento de medição usado para **detectar pequenas variações de posição ou alinhamento em peças**.

Ele possui uma **ponta de contato sensível** que se move ao tocar a superfície, indicando no mostrador **desvios muito pequenos**, sendo comum em ajustes, alinhamentos e inspeções de precisão.

Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- Medidores de deslocamentos:

(i) **mecânicos**: relógio comparador e relógio apalpador; (ii) **elétricos**: relógio comparador digital; (iii) **elétrico pneumático**: evita erro de paralaxe e transdutor indutivo, para medição de deslocamento; (iv) **medidor de deslocamento elétrico pneumático**: usa a diferença de pressão via sinal elétrico.

(ii)



Relógio
Apalpador
Digital

O relógio apalpador digital é um instrumento de medição que **detecta pequenas variações de posição ou alinhamento em peças**, mostrando o **valor do desvio diretamente em um visor digital**, com alta precisão.



Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)



- Medidores de deslocamentos:

(i) **mecânicos**: relógio comparador e relógio apalpador; (ii) **elétricos**: relógio comparador digital; (iii) **elétrico pneumático**: evita erro de paralaxe e transdutor indutivo, para medição de deslocamento; (iv) **medidor de deslocamento elétrico pneumático**: usa a diferença de pressão via sinal elétrico.

(iii)



Medidor de
Deslocamento
com
Transdutor
Eletroindutivo

O medidor de deslocamento com **transdutor eletroindutivo** é um instrumento de alta precisão usado para **medir pequenos deslocamentos ou variações dimensionais em peças**, convertendo o movimento em **sinal elétrico**, que é exibido em um **visor digital** para análise e controle de qualidade.

Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

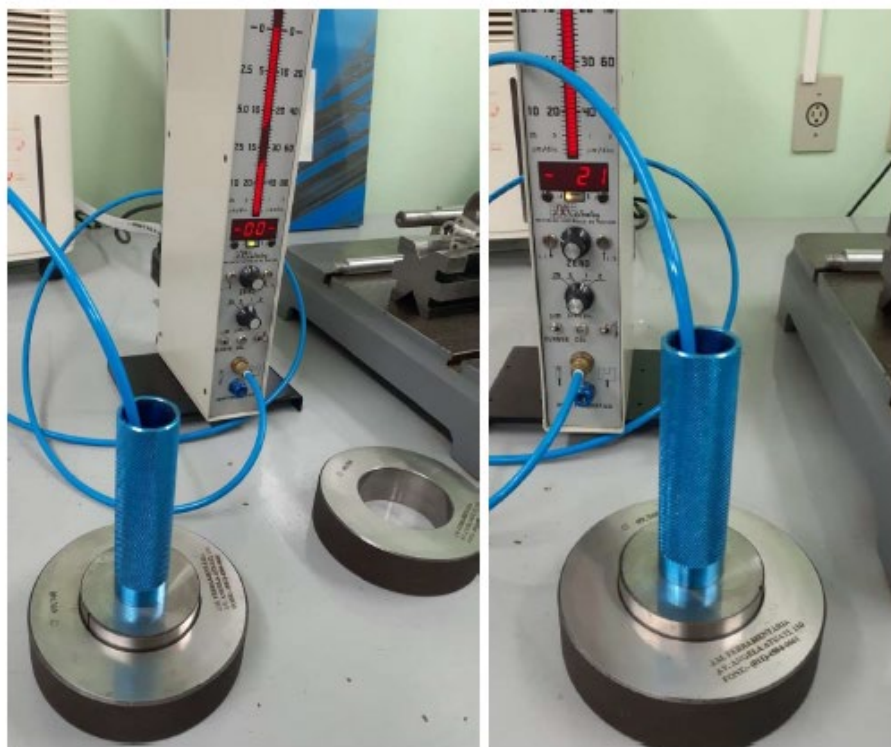


- Medidores de deslocamentos:

(i) **mecânicos**: relógio comparador e relógio apalpador; (ii) **elétricos**: relógio comparador digital; (iii) **elétrico pneumático**: evita erro de paralaxe e transdutor indutivo, para medição de deslocamento; (iv) **medidor de deslocamento elétrico pneumático**: usa a diferença de pressão via sinal elétrico.

(iv)

Medidor de
Deslocamento
Eletro
pneumático



O medidor de deslocamento **eletropneumático** é um instrumento utilizado para **medir pequenas variações dimensionais em peças**, utilizando **pressão de ar combinada com sensores eletrônicos**, permitindo medições de **alta precisão no controle de qualidade**.

Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- Goniômetros ou Transferidores de Ângulos



O **goniômetro simples** é um instrumento utilizado para **medir ou verificar ângulos**.

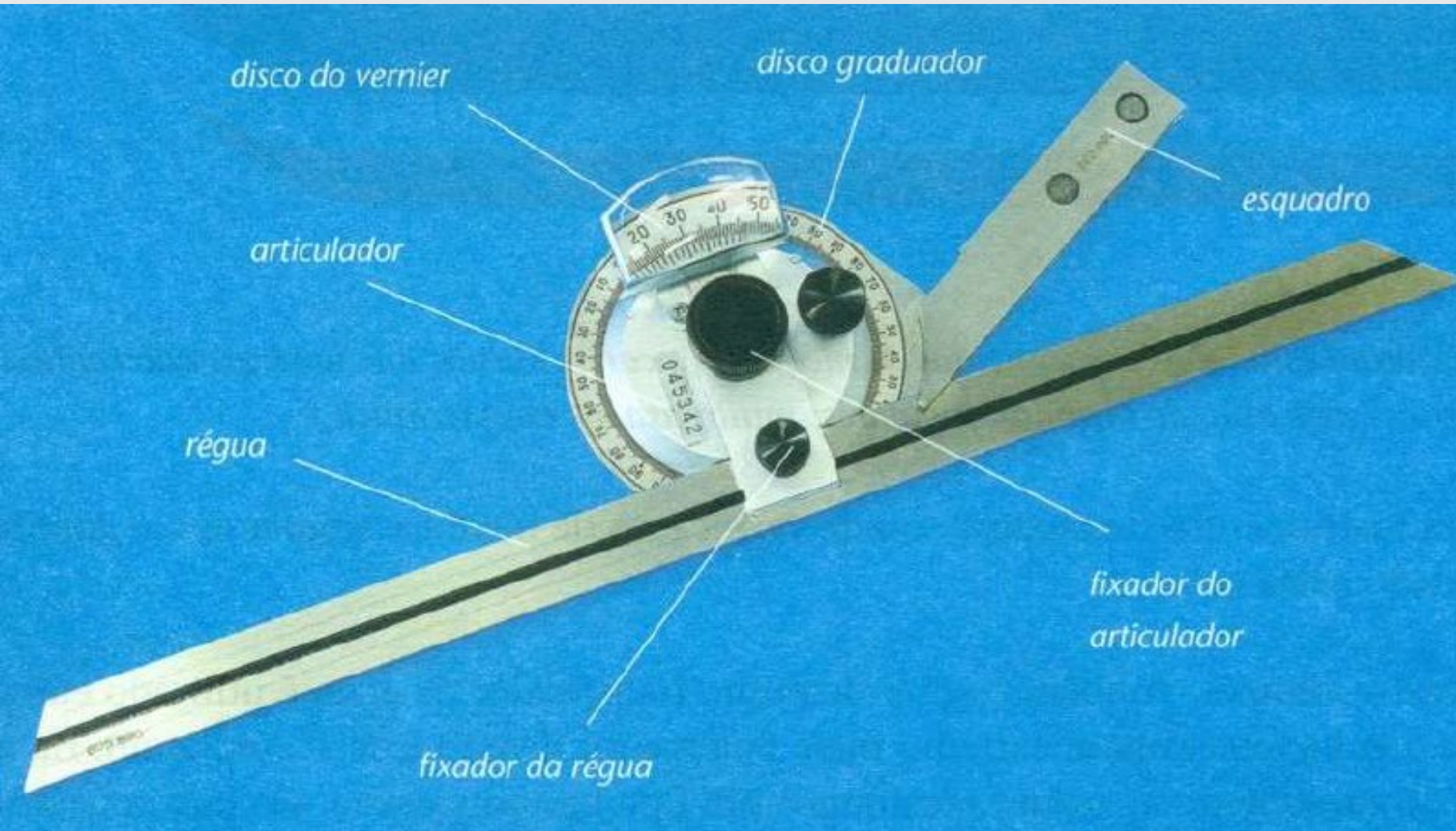
Ele possui uma **escala graduada em graus e uma régua móvel**, sendo usado em medições básicas de ângulos em peças ou superfícies.



Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)



- Goniômetros ou Transferidores de Ângulos



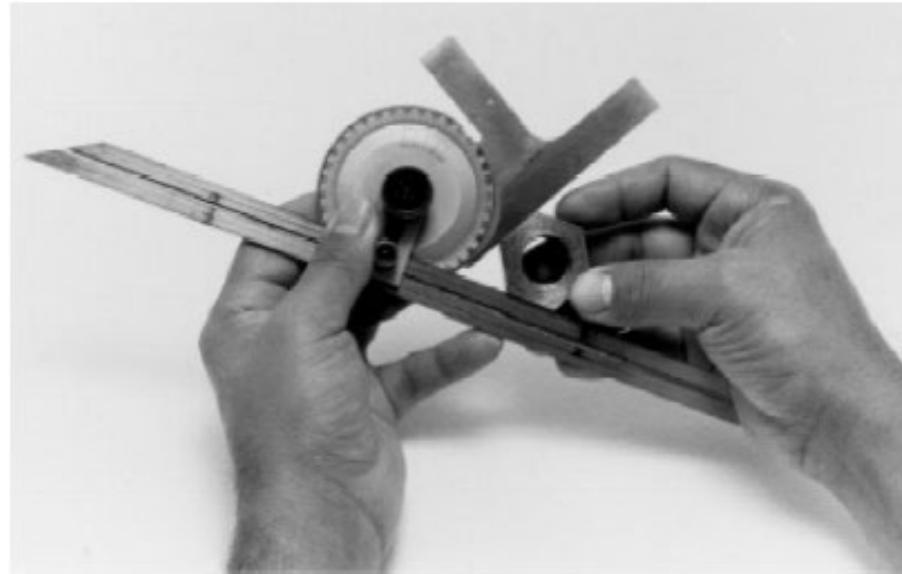
A figura mostra um **transferidor universal com nônio (vernier)**, instrumento usado para **medir e verificar ângulos com alta precisão**.

Ele possui régua, disco graduado e sistema de ajuste, sendo utilizado no **controle dimensional e na inspeção de peças mecânicas**.

Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)



- Goniômetros ou Transferidores de Ângulos



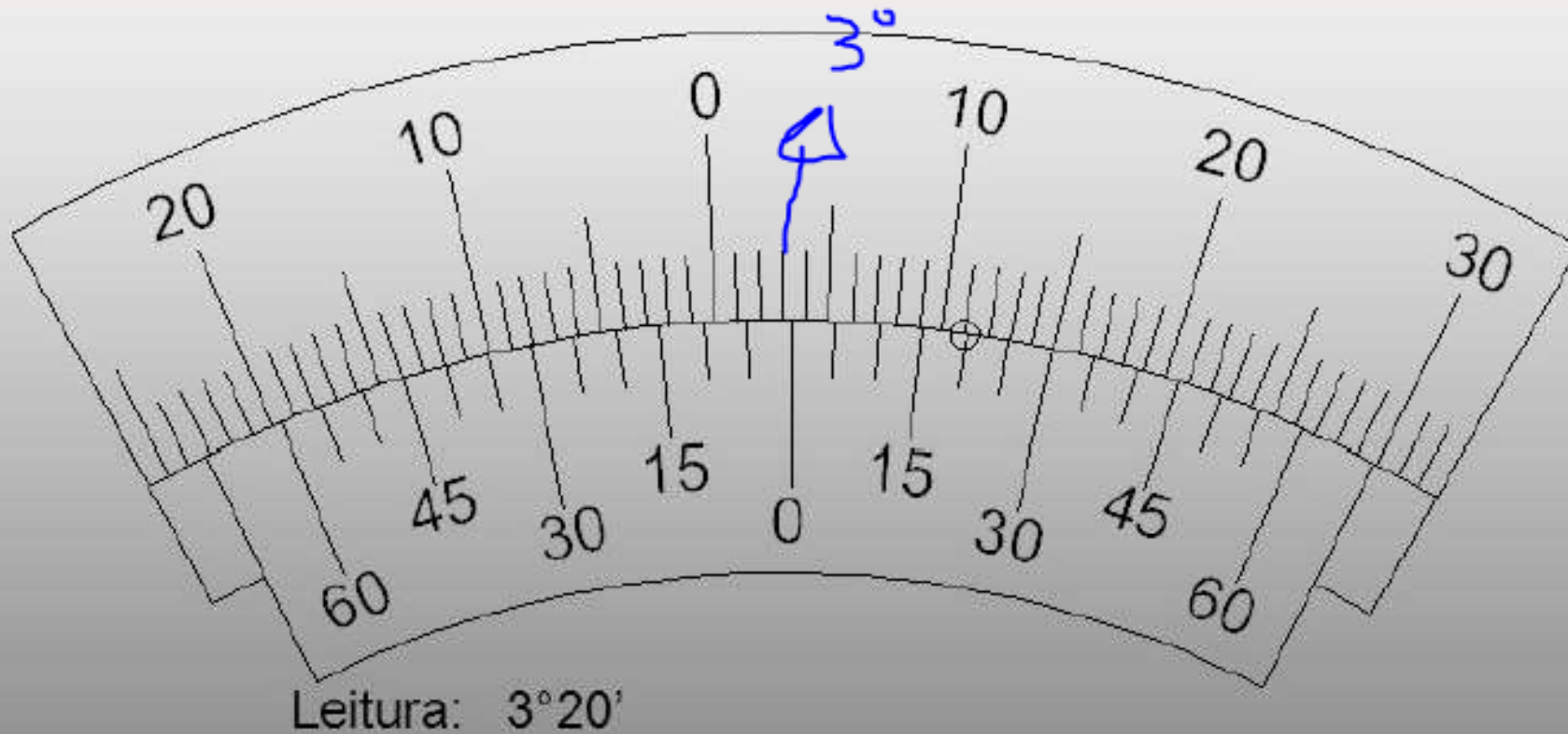
Aplicações

A figura mostra **aplicações do goniômetro**, utilizado para **medir e verificar ângulos em peças e componentes**, sendo comum em inspeção, montagem e controle dimensional na indústria.

Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)



- Goniômetros ou Transferidores de Ângulos



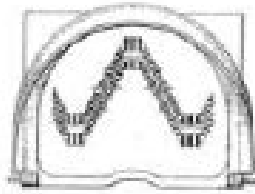
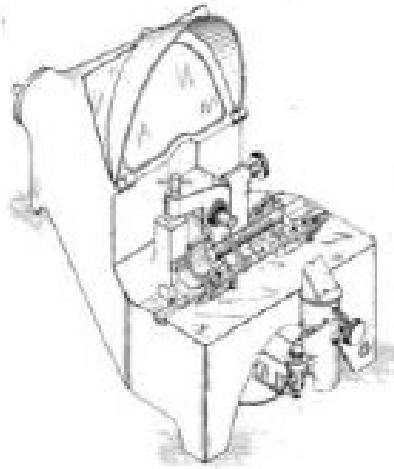
A figura mostra a **leitura de um transferidor com nônio (vernier)**, utilizado para medir ângulos com maior precisão.

Nesse exemplo, a escala principal indica **3 graus** e o nônio acrescenta **20 minutos**, resultando na leitura **$3^{\circ} 20'$** .



- **Projetores de Perfis**

Ontem e Hoje



1929

- Tela estática
- Mesa estática
- Somente compara
- Comparações de características isoladas
- Projeção somente de Perfil
- Iluminação por lâmpada de bulbo



Hoje

- Tela móvel com leitura angular
- Mesa móvel com leitura linear
- Mede e compara
- Medição integral de forma e posição
- Projeção de Perfil e Superfície
- Iluminação por LED

Praticamente 100 anos de Evolução

Starrett

A figura compara **projetores de perfil antigos (1929) e modernos**, mostrando a evolução da metrologia.

Os modelos antigos apenas comparavam perfis com mesa fixa e iluminação simples, enquanto os atuais possuem **mesa e tela móveis, leitura digital e permitem medir forma, posição e superfície com maior precisão.**

Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- **Projetores de Perfis**



A figura mostra os **sistemas de projeção** usados em projetores de perfil:

- i) **diascópico** (luz transmitida pela peça para visualizar o contorno),
- ii) **episcópico** (luz refletida para observar a superfície) e
- iii) **ambos**, que combinam os dois métodos para análise mais completa da peça.

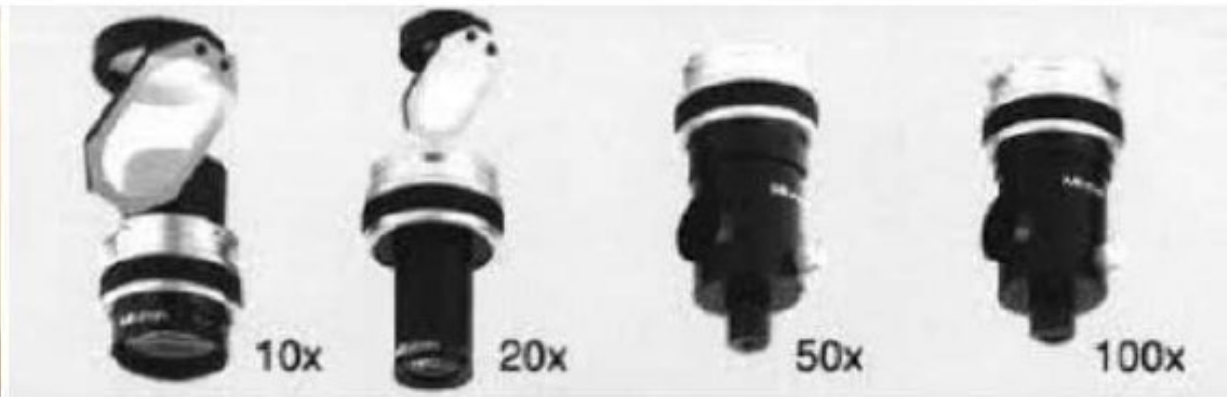


Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)



- **Projetores de Perfis**

Objetivas



A figura mostra **objetivas de ampliação usadas em projetores de perfil**, responsáveis por **aumentar a imagem da peça para facilitar a medição e análise.**

Os exemplos indicam ampliações como **10x, 20x, 50x e 100x.**



- **Projetores de Perfis**

Projeção Diascópica (Contorno)



A figura mostra um **projektor de perfil com projeção diascópica**, utilizado para **ampliar e observar o contorno de peças**, permitindo realizar **medições dimensionais e inspeção de perfis com alta precisão**.

Sistemas de Medição e padrões

(em negrito vamos estudar)



- **Projetores de Perfis**

Projeção Episcópica (Superfície)



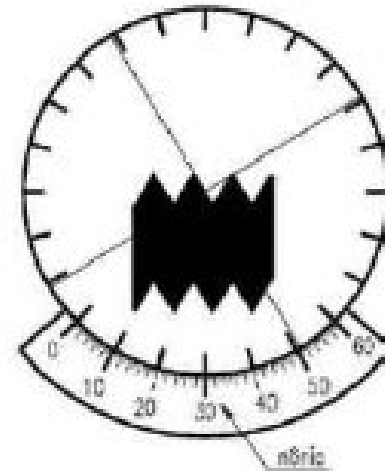
A figura mostra a **projeção episcópica em projetores de perfil**, utilizada para **analisar detalhes da superfície da peça por meio de luz refletida**, permitindo observar **texturas, gravações e irregularidades superficiais**.

Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- **Projetores de Perfis**

Medição de roscas

- A medida do passo corresponde a diferença das duas leituras
- Ex:
1º alinhamento: 5,000 mm
2º alinhamento: 6,995 mm
 $\text{Passo} = 6.995 - 5,000$
 $\text{Passo} = 1,995 \text{ mm}$



A **medição do passo da rosca** é feita alinhando o perfil da rosca com a linha de referência do projetor de perfil e registrando duas leituras em posições consecutivas.

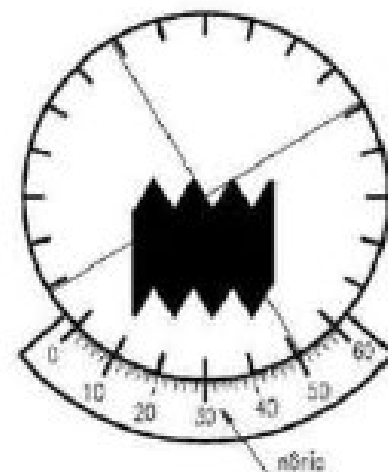
O **passo** corresponde à **diferença entre essas duas leituras**, representando a distância entre dois filetes da rosca.

Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- **Projetores de Perfis**

Medição de roscas

- A medida do passo corresponde a diferença das duas leituras
- Ex:
1º alinhamento: 5,000 mm
2º alinhamento: 6,995 mm
 $\text{Passo} = 6.995 - 5,000$
 $\text{Passo} = 1,995 \text{ mm}$



Sistema de fixação do eixo:

O eixo roscado é fixado para garantir **alinhamento, estabilidade e precisão** na medição do passo.

Geralmente é preso:

- **Entre pontas (centros)** → maior precisão e **coaxialidade** (Coaxialidade é a condição em que dois ou mais elementos geométricos (normalmente cilindros) possuem o mesmo eixo central)
- **Em mandril ou castanhas** → fixação mais rápida.
- **Com apoios auxiliares (luneta)** para eixos longos.

A base possui **guia com ajuste fino e travamento**, permitindo deslocamento controlado.



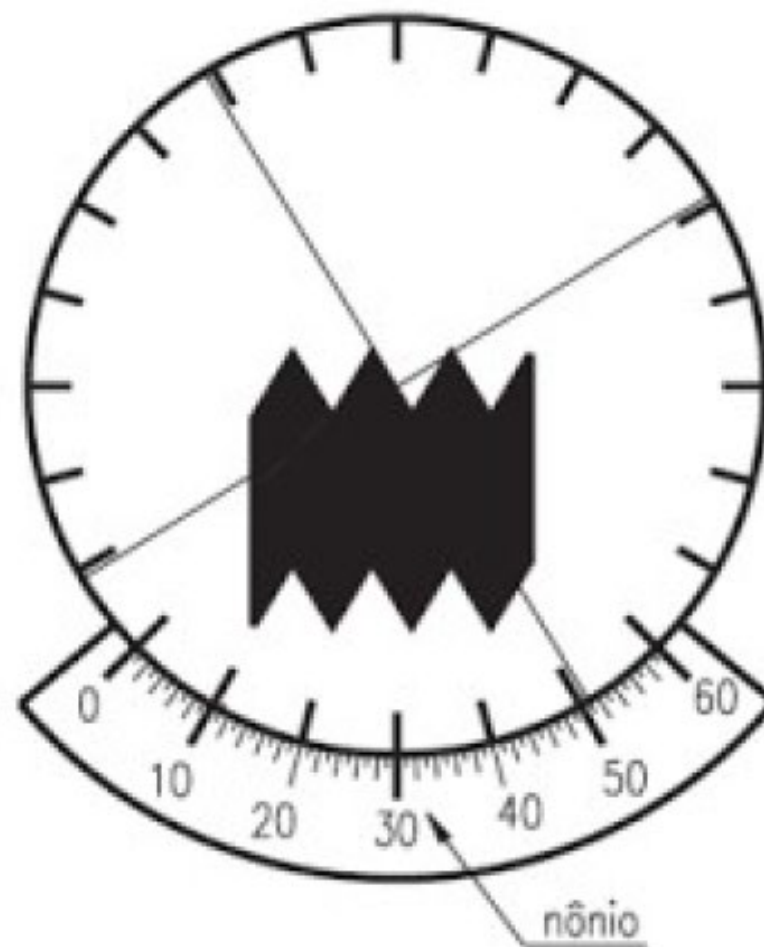
Uma fixação inadequada pode causar **erro de alinhamento, vibração e erro na leitura do passo.**



Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- **Projetores de Perfis**

Medição de ângulos



Nos projetores de perfil normalmente **usa-se a mesa giratória** para essa medição de ângulos.

A medição do ângulo da rosca é feita projetando o perfil da rosca no projetor de perfil.

A mesa giratória é utilizada para girar a peça até alinhar os flancos da rosca com a linha de referência, e o ângulo é obtido pela leitura da escala ou do nônio do equipamento.

Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)



- Sistema de Medição de Rugosidade, Forma e Contorno



A figura mostra um **equipamento para medição de rugosidade**, utilizado para **avaliar as irregularidades microscópicas da superfície de uma peça**, garantindo **qualidade e acabamento adequados no processo de fabricação**.



Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- Sistema de Medição de Rugosidade, Forma e Contorno

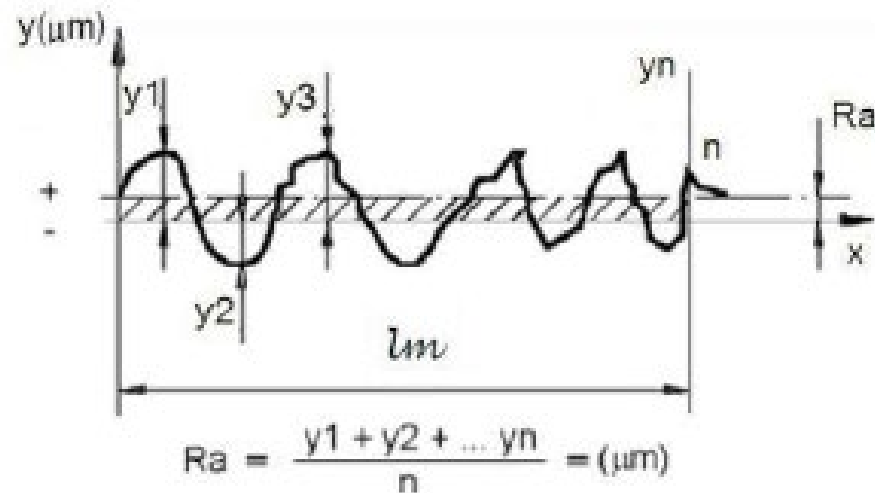
PARÂMETROS DE AMPLITUDE

Ra = rugosidade aritmética ou média, também representado por **CLA** ou **AA**.

- Unidades: micrometro (μm) ou micropolegada
- Parâmetro determinado em função da linha média M do perfil de rugosidade

$$Ra = \frac{1}{L} \int_0^L |y| dx = \frac{A}{L}$$

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$



A figura apresenta o **parâmetro de rugosidade Ra** (**rugosidade média aritmética**).

Ele representa a **média dos valores absolutos das irregularidades do perfil da superfície em relação à linha média**, ao longo de um comprimento de avaliação.

Esse parâmetro indica o **grau de acabamento da superfície** e é normalmente expresso em **micrômetros (μm)**.



- Sistema de Medição de Rugosidade, Forma e Contorno

. Vamos explorar a importância e o propósito de medir a rugosidade:

1. Qualidade das Superfícies:

- Imperfeições estão presentes em praticamente todas as superfícies, mesmo aquelas que parecem planas e polidas a olho nu.
- A rugosidade é composta por ondulações, também chamadas de erros de forma, e estruturas menores como picos e vales.
- Medir a rugosidade permite verificar a qualidade da superfície útil de peças fabricadas por processos como torneamento, fresamento, serramento, limagem, entre outros.

2. Influência nos Componentes Mecânicos:

- A rugosidade afeta o comportamento de componentes mecânicos.
- Exemplos incluem rolamentos e pistões automotivos.
- Ela influencia:
 - **Deslizamento:** Superfícies rugosas podem afetar o deslizamento entre componentes.
 - **Resistência ao Desgaste:** Uma rugosidade inadequada pode levar ao desgaste prematuro.
 - **Resistência à Corrosão:** Superfícies rugosas são mais vulneráveis à corrosão.
 - **Vedação:** Rugosidade afeta a vedação entre peças.
 - **Estética:** Aparência estética de um componente também é impactada pela rugosidade.



Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- Sistema de Medição de Rugosidade, Forma e Contorno



A figura mostra **rugosímetros de contato**, equipamentos utilizados para medir a **rugosidade da superfície de peças mecânicas**.

Um **apalpador (ponta)** percorre a superfície da peça e registra as **irregularidades do perfil**, permitindo calcular parâmetros de rugosidade.



Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- Sistema de Medição de Rugosidade, Forma e Contorno



Rugosímetros Portáteis

A figura mostra **rugosímetros portáteis**, utilizados para medir rapidamente a **rugosidade de superfícies** diretamente nas peças, facilitando inspeções em campo ou na produção.

Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- Sistema de Medição de Rugosidade, Forma e Contorno



Universidade Federal de Itajubá - U





Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- Sistema de Medição de Rugosidade, Forma e Contorno



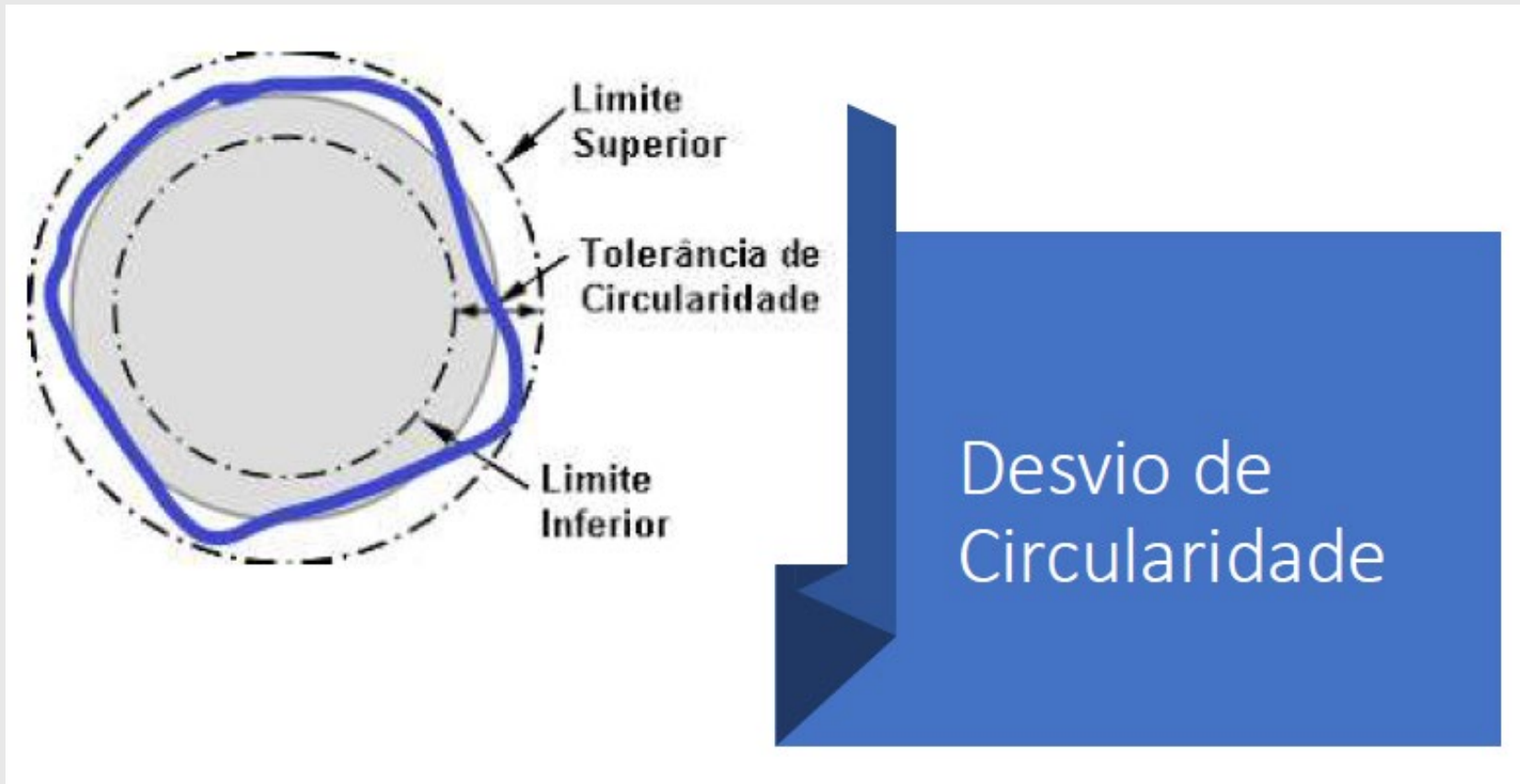
A figura mostra um **equipamento utilizado para medir desvios de forma em peças**, como circularidade ou cilindricidade.

A **peça é posicionada no equipamento e os desvios geométricos são analisados e apresentados em um computador.**



Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- Sistema de Medição de Rugosidade, Forma e Contorno



A figura ilustra o **desvio de circularidade**, mostrando a diferença entre o perfil real da peça e um círculo ideal.

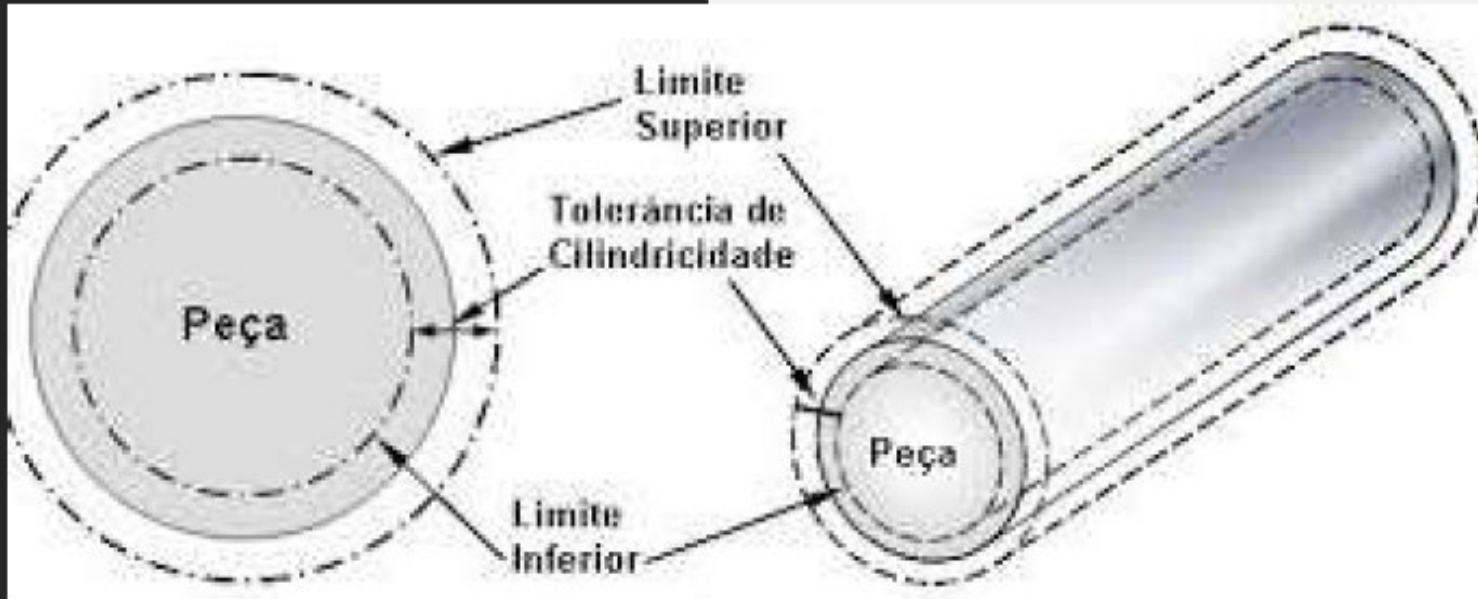
O perfil deve permanecer **entre os limites superior e inferior da tolerância de circularidade**.



Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- Sistema de Medição de Rugosidade, Forma e Contorno

Desvio de Cilindricidade



A figura ilustra o **desvio de cilindridade**, mostrando a variação da forma de um cilindro real em relação ao cilindro ideal.

A superfície da peça deve permanecer **entre os limites superior e inferior da tolerância de cilindridade**.

Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- Sistema de Medição de Rugosidade, Forma e Contorno



A figura apresenta um **sistema de medição de rugosidade, forma e contorno**, modelo MMQ 400 da Mahr.

Trata-se de um equipamento metrológico de alta precisão utilizado para:

- Medir **perfil de superfície** (rugosidade)
- Avaliar **forma geométrica** (circularidade, cilindricidade, etc.)
- Analisar **contorno** de peças

O sistema possui:

- **Coluna vertical** para movimentação do apalpador
- **Braço horizontal móvel**
- **Base giratória** para fixação da peça
- **Unidade eletrônica com painel de controle**

É utilizado principalmente em laboratórios de metrologia e controle de qualidade industrial.





◆ **Calibradores (tampão, boca, rosca, especiais)**

Instrumentos do tipo “**passa / não passa**”, usados para verificar rapidamente se a dimensão da peça está dentro da tolerância especificada.

◆ **Verificadores (de folga, de raio e de rosca)**

Ferramentas utilizadas para conferir **folgas, raios de curvatura e perfil/passo de roscas**, normalmente por comparação direta com o padrão.

◆ **Réguas**

Utilizadas para avaliar a **retitude** (retilineidade) ou alinhamento superficial da peça.

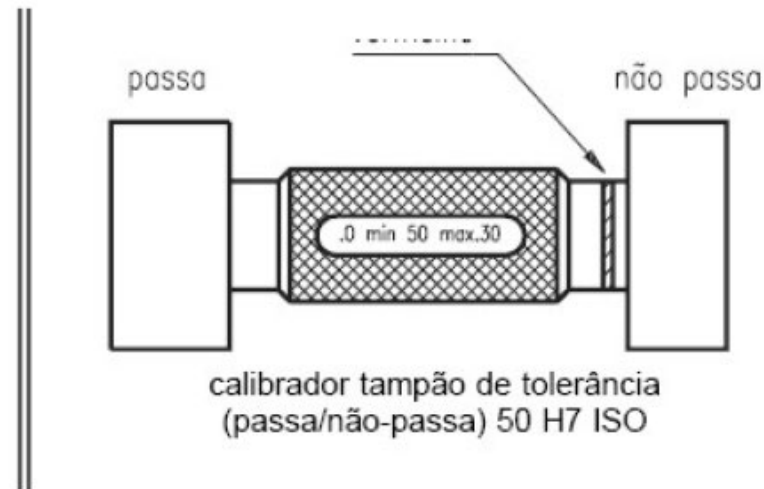
◆ **Esquadros**

Empregados para verificar a **perpendicularidade**, confirmando se a peça está a **90°** em relação a uma referência.



Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- **Calibradores** (tampão, boca, rosca, especiais) e **Verificadores** (de folga, de raio e de rosca), **Réguas**: avalia a retilidade da peça; **Esquadros**: avalia se a peça está a 90°)



A figura mostra um **calibrador tampão liso** (passa/não-passa), utilizado para verificar se o diâmetro de furos está dentro da tolerância especificada.

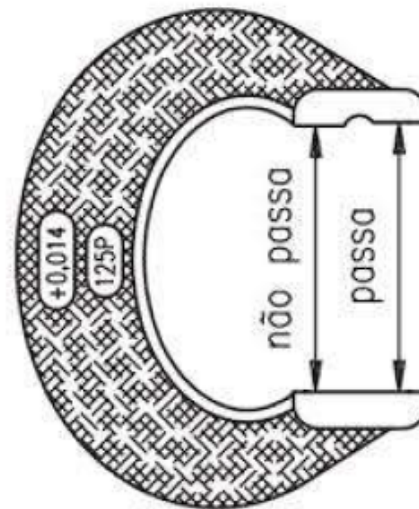
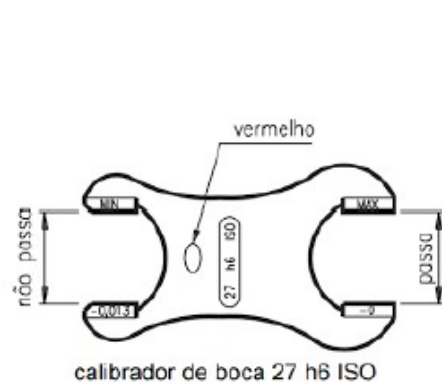
Um lado deve **passar** no furo e o outro **não deve passar**, indicando se a peça está conforme.

Calibrador Tampão Liso



Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- **Calibradores** (tampão, boca, rosca, especiais) e **Verificadores** (de folga, de raio e de rosca), **Réguas**: avalia a retilidade da peça; **Esquadros**: avalia se a peça está a 90°)



Calibrador de boca

A figura mostra um **calibrador de boca (passa/não-passa)**, utilizado para verificar **diâmetros externos de peças**, como eixos.

Um lado deve **passar** pela peça e o outro **não deve passar**, indicando se a dimensão está dentro da tolerância especificada.



Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- **Calibradores** (tampão, boca, rosca, especiais) e **Verificadores** (de folga, de raio e de rosca), **Réguas**: avalia a retilidade da peça; **Esquadros**: avalia se a peça está a 90°)

Calibrador Tampão Roscado



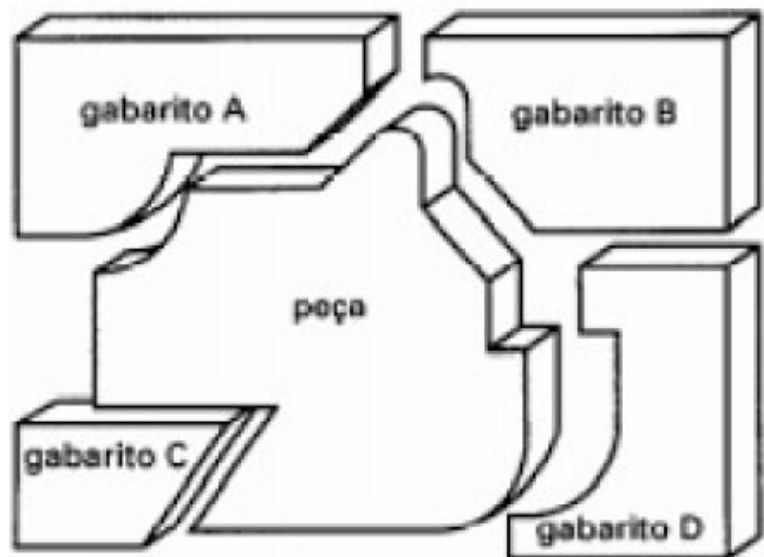
A figura mostra um **calibrador tampão roscado** (passa/não-passa), utilizado para **verificar roscas internas**.

O lado “**passa**” (**GO**) deve rosquear normalmente na peça, enquanto o lado “**não passa**” (**NOGO**) não deve entrar, confirmando se a rosca está dentro da tolerância especificada.



Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- **Calibradores** (tampão, boca, rosca, especiais) e **Verificadores** (de folga, de raio e de rosca), **Réguas**: avalia a retilidade da peça; **Esquadros**: avalia se a peça está a 90°)



Calibrador/
Verificador
(Gabarito)
de Forma

A figura mostra **gabaritos de forma**, utilizados para **verificar rapidamente se o perfil de uma peça corresponde à forma especificada no projeto**.

Cada gabarito confere uma parte da geometria da peça.



Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- **Calibradores** (tampão, boca, rosca, especiais) e **Verificadores** (de folga, de raio e de rosca), **Réguas**: avalia a retilidade da peça; **Esquadros**: avalia se a peça está a 90°)



A figura mostra um **calibrador de folga**, composto por lâminas de diferentes espessuras, utilizado para **medir ou verificar pequenas folgas entre duas superfícies**.

Calibrador/Verificador de Folga

Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- **Calibradores** (tampão, boca, rosca, especiais) e **Verificadores** (de folga, de raio e de rosca), **Réguas**: avalia a retilidade da peça; **Esquadros**: avalia se a peça está a 90°)



Verificação de folgas de válvulas de motores





Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- **Calibradores** (tampão, boca, rosca, especiais) e **Verificadores** (de folga, de raio e de rosca), **Réguas**: avalia a retilidade da peça; **Esquadros**: avalia se a peça está a 90°)

Calibradores/Verificadores de Raios



A figura apresenta **calibradores (verificadores) de raios**, compostos por lâminas com diferentes raios padronizados, utilizados para **verificar ou comparar o raio de superfícies curvas, como cantos arredondados e filetes em peças mecânicas**.

Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- **Calibradores** (tampão, boca, rosca, especiais) e **Verificadores** (de folga, de raio e de rosca), **Réguas**: avalia a retilidade da peça; **Esquadros**: avalia se a peça está a 90°)

Calibrador
de Raio



Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- **Calibradores** (tampão, boca, rosca, especiais) e **Verificadores** (de folga, de raio e de rosca), **Réguas**: avalia a retilidade da peça; **Esquadros**: avalia se a peça está a 90°

O que significa M10 × 1,5?

É a **designação de uma rosca métrica ISO**.

- **M** → rosca métrica (perfil triangular de 60°)
- **10** → diâmetro nominal externo = **10 mm**
- **1,5** → passo da rosca = **1,5 mm**



Isso significa que:

A cada volta completa do parafuso, ele avança **1,5 mm** no sentido axial.

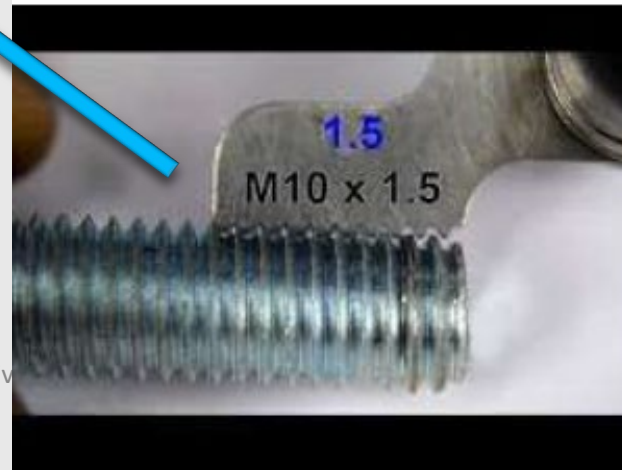
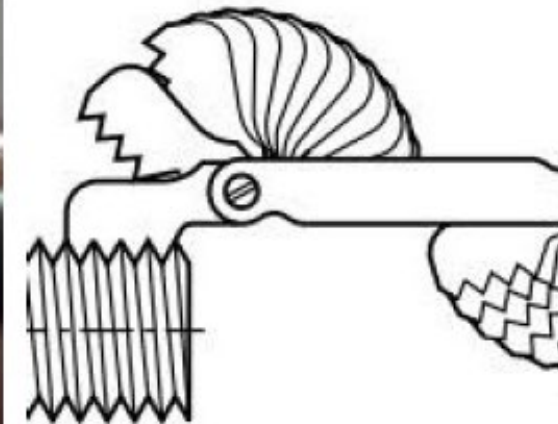


Observação importante

Para o diâmetro 10 mm:

- **M10 × 1,5** → é o **passo normal (padrão)**
- Se fosse passo fino, apareceria diferente, por exemplo:

- **M10 × 1,25**
- **M10 × 1,0**



Calibradores/Verificadores
de Roscas



Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- **Calibradores** (tampão, boca, rosca, especiais) e **Verificadores** (de folga, de raio e de rosca), **Réguas**: avalia a retilidade da peça; **Esquadros**: avalia se a peça está a 90°)



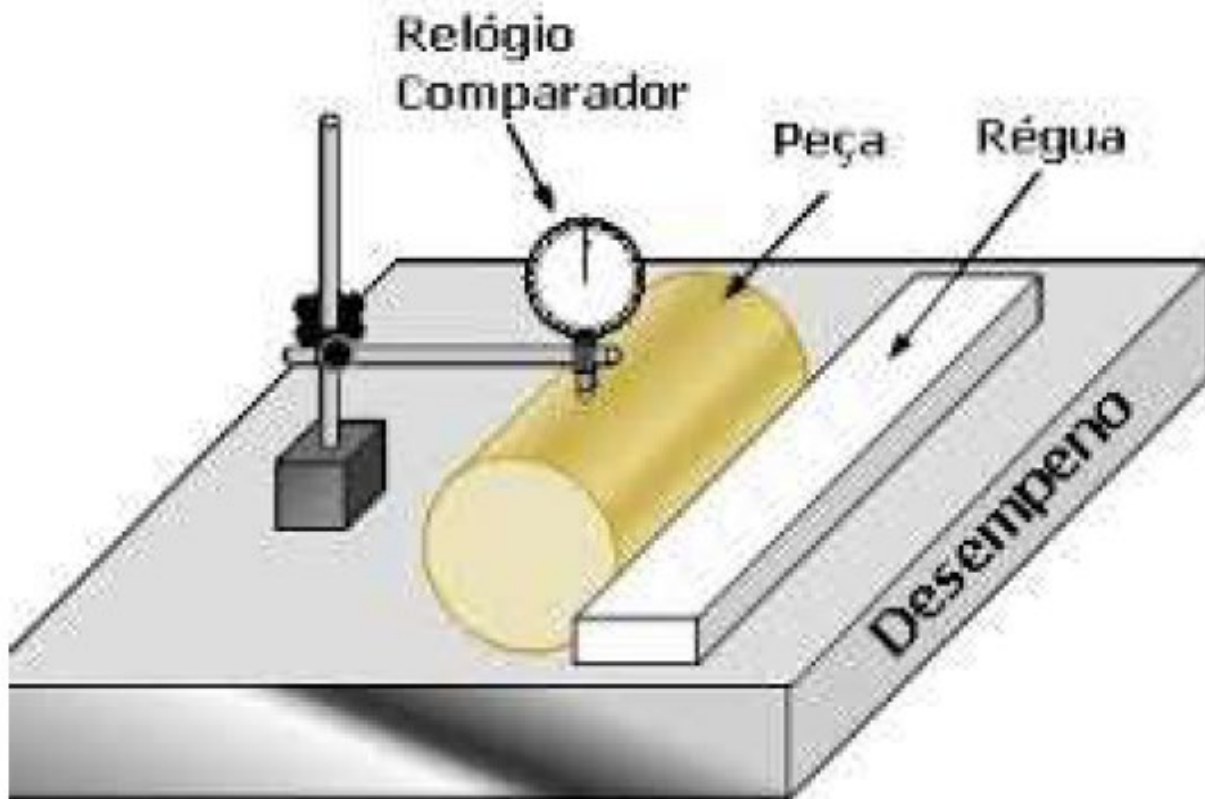
A figura mostra uma **régua de precisão (régua de controle)** utilizada para **verificar o empenamento ou a planicidade de superfícies**.

No exemplo, utiliza-se a mesma para a **verificação da superfície de um cabeçote de motor**.



Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- **Calibradores** (tampão, boca, rosca, especiais) e **Verificadores** (de folga, de raio e de rosca), **Réguas**: avalia a retilidade da peça; **Esquadros**: avalia se a peça está a 90°)



Medição
com auxílio
de Régua
Paralela

Medição com auxílio de régua paralela:

Esse método é usado para verificar **retilidade** ou **paralelismo** da peça.

Como funciona:

1. A peça é apoiada sobre um **desempeno** (mesa plana de referência).
2. Uma **régua paralela** é posicionada ao lado da peça como referência geométrica.
3. Um **relógio comparador** toca a superfície da peça.
4. Desloca-se o relógio comparador ao longo do comprimento da peça.
5. Observa-se a variação indicada no relógio.

Interpretação:

- Se o valor variar → existe desvio (falta de retilidade).
- Se não houver variação significativa → a peça está reta/paralela.

 **A diferença entre o maior e o menor valor medido indica o erro geométrico.**





Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- **Calibradores** (tampão, boca, rosca, especiais) e **Verificadores** (de folga, de raio e de rosca), **Réguas**: avalia a retilidade da peça; **Esquadros**: avalia se a peça está a 90°)

Esquadro de
Aço

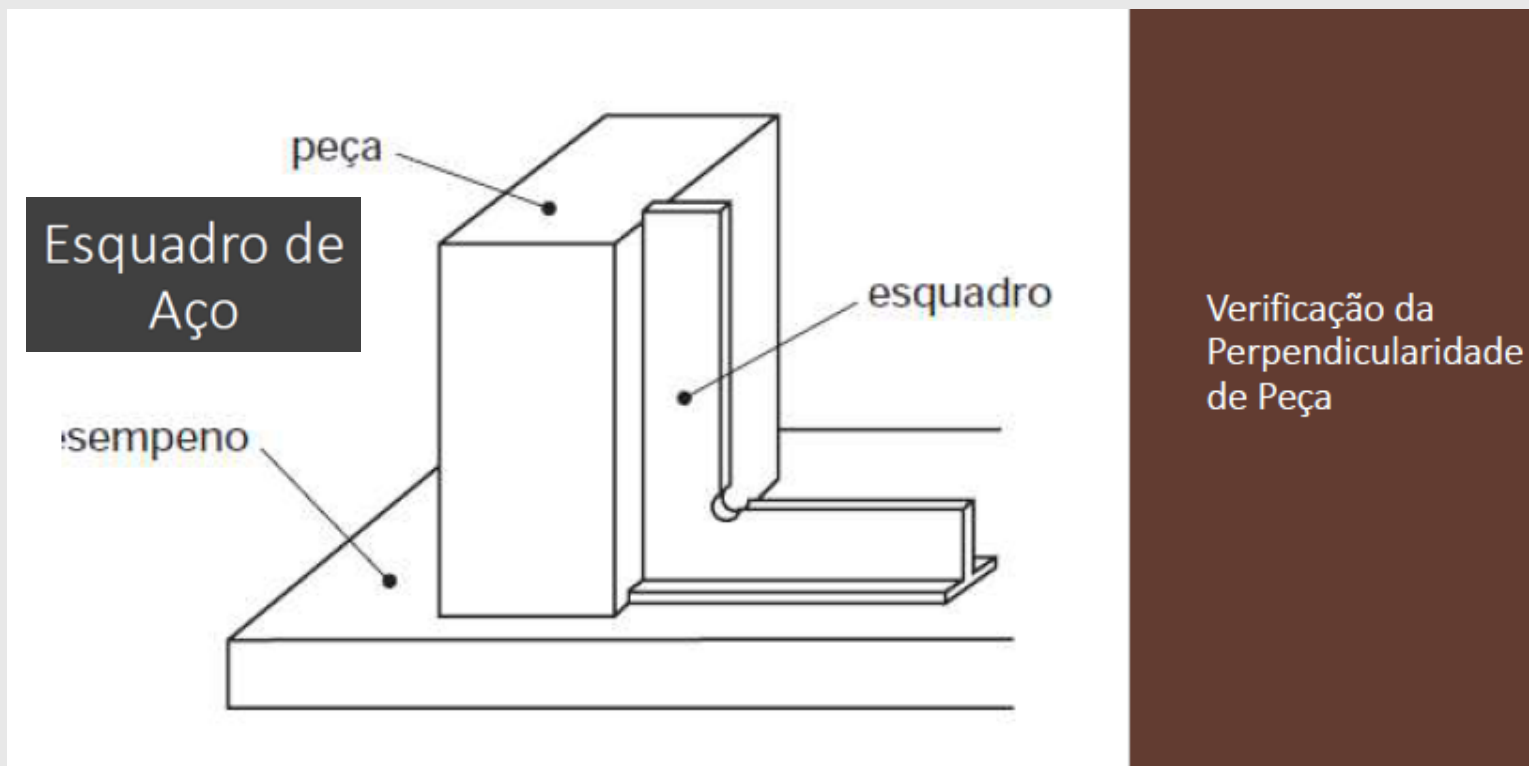


A figura apresenta um **esquadro de aço**, instrumento utilizado para **verificar e traçar ângulos de 90°** (**perpendicularidade**) em peças e superfícies.



Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- **Calibradores** (tampão, boca, rosca, especiais) e **Verificadores** (de folga, de raio e de rosca), **Réguas**: avalia a retilidade da peça; **Esquadros**: avalia se a peça está a 90°)



A figura ilustra a verificação da perpendicularidade de uma peça utilizando um esquadro apoiado sobre uma mesa de desempeno, para verificar se as faces da peça formam um ângulo de 90°.



O slide apresenta a **MMC**, equipamento utilizado para realizar medições geométricas em três dimensões (**X, Y e Z**).

- Dimensões lineares
- Diâmetros e furos
- Ângulos
- Perfis complexos
- Engrenagens e superfícies tridimensionais

Um **apalpador (sensor)** toca ou escaneia a peça, captando coordenadas espaciais que são processadas por *software* para comparar com o modelo CAD.

Muito usada no controle de qualidade, inspeção de peças usinadas e validação dimensional de geometrias complexas.

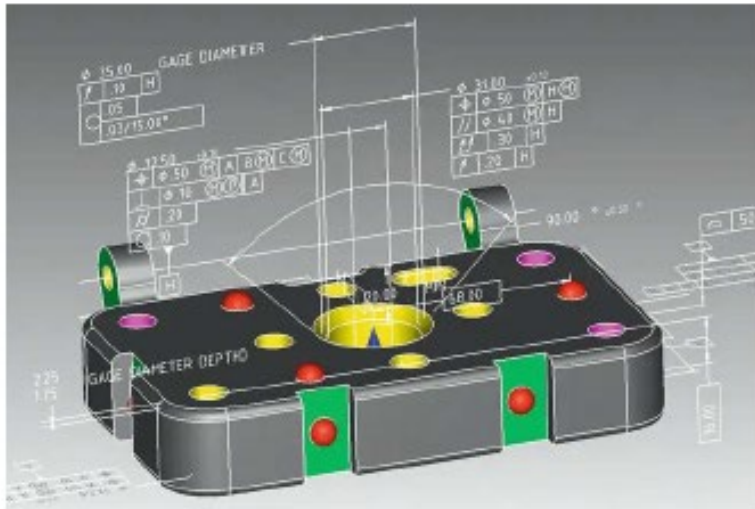




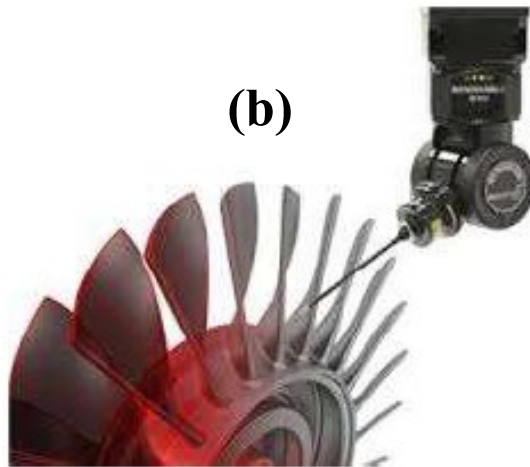
Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

• Máquina de Medir por Coordenadas (MMC – Tridimensional)

(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

(f)

(g)

(a) Representa a **medição dimensional de uma peça em modelo CAD**, indicando pontos e coordenadas utilizados para análise tridimensional.

(b) Mostra um **sistema de medição óptica/laser**, utilizado para capturar a geometria de superfícies complexas sem contato.

(c) Apresenta uma **Máquina de Medir por Coordenadas (MMC)** equipada com apalpador, utilizada para medir dimensões e posições com alta precisão.

(d) Exemplo de **medição de uma peça real em MMC**, onde o apalpador toca a superfície para coletar coordenadas.

(e) Ilustra a **medição de engrenagens**, verificando parâmetros geométricos como perfil e passo dos dentes.

(f) Mostra **diferentes peças mecânicas complexas**, que podem ser inspecionadas tridimensionalmente por sistemas de medição por coordenadas.

(g) Apresenta **ferramentas ou componentes usinados**, cuja geometria também pode ser verificada por sistemas de medição tridimensional.

Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- Máquina de Medir por Coordenadas (MMC – Tridimensional)



Tipos de Estruturas





Tipo - Ponte Móvel

O slide apresenta uma **Máquina de Medir por Coordenadas (MMC)** do tipo **ponte móvel**.

◆ Características:

Estrutura em formato de ponte que se desloca sobre a mesa.

Movimento nos três eixos (X, Y e Z).
Apalpador instalado na coluna vertical.

◆ Funcionamento:

A ponte se movimenta sobre a peça fixa na mesa, permitindo a coleta de coordenadas tridimensionais com alta precisão.

◆ Aplicação:

Muito utilizada na inspeção dimensional de peças médias e grandes na indústria mecânica.



Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- Máquina de Medir por Coordenadas (MMC – Tridimensional)



Tipo – Braço Horizontal

O slide apresenta uma **Máquina de Medir por Coordenadas (MMC)** do tipo **braço horizontal**.

◆ Características:

- Coluna vertical fixa.
- Braço projetado horizontalmente.
- Apalpador na extremidade do braço.

◆ Funcionamento:

O braço se desloca horizontalmente enquanto a coluna realiza o movimento vertical, permitindo a medição tridimensional da peça.

◆ Aplicação:

Indicada para peças de grande porte ou geometrias abertas, como estruturas automotivas e chapas estampadas.



Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- Máquina de Medir por Coordenadas (MMC – Tridimensional)



Tipo – Duplo Braço Horizontal

O slide apresenta uma Máquina de Medir por Coordenadas (MMC) do tipo duplo braço horizontal.

◆ **Características:**

- Duas colunas laterais independentes.
- Dois braços horizontais com apalpadores.
- Grande área de medição.

◆ **Funcionamento:**

Os braços se deslocam horizontalmente ao longo da estrutura, permitindo medir simultaneamente ou alcançar diferentes lados da peça.

◆ **Aplicação:**

Indicada para peças de grande porte, como carrocerias automotivas, oferecendo alta produtividade e ampla cobertura de medição.



Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- Máquina de Medir por Coordenadas (MMC – Tridimensional)



Cantilever é uma estrutura saliente, como um feixe, que é suportado em uma extremidade e transporta uma carga na outra extremidade, ou ao longo de seu comprimento.

Tipo:
Cantilever



Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- Máquina de Medir por Coordenadas (MMC – Tridimensional)



Um **pórtico** é uma estrutura arquitetônica que consiste em duas colunas ou pilares verticais conectados por uma viga horizontal.

Tipo Pórtico

Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI





Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

• Máquina de Medir por Coordenadas (MMC – Tridimensional)

Braço de Medição



O slide apresenta o **braço de medição articulado**, um tipo portátil de Máquina de Medir por Coordenadas.

◆ Características:

- Estrutura articulada com vários eixos rotacionais.
- Apalpador na extremidade.
- Conectado a software em computador.

◆ Funcionamento:

O operador movimenta manualmente o braço e toca os pontos da peça; o sistema registra as coordenadas tridimensionais.

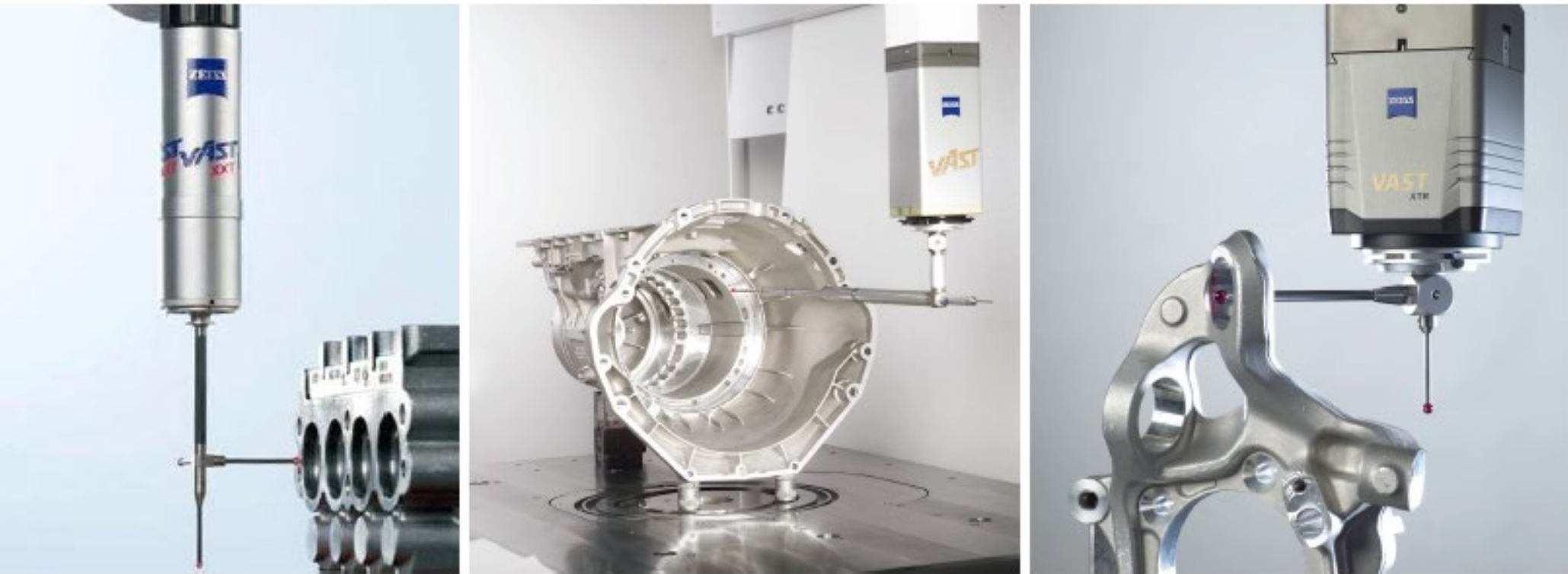
◆ Aplicação:

Indicado para medições rápidas, peças médias/grandes e inspeções em campo ou diretamente na produção.



Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- Máquina de Medir por Coordenadas (MMC – Tridimensional)



Apalpadores

O slide apresenta os **apalpadores utilizados em Máquinas de Medir por Coordenadas (MMC).**

◆ Função:

São sensores responsáveis por **tocar ou escanear a superfície da peça**, captando pontos e gerando coordenadas tridimensionais.

◆ Tipos de Apalpadores:

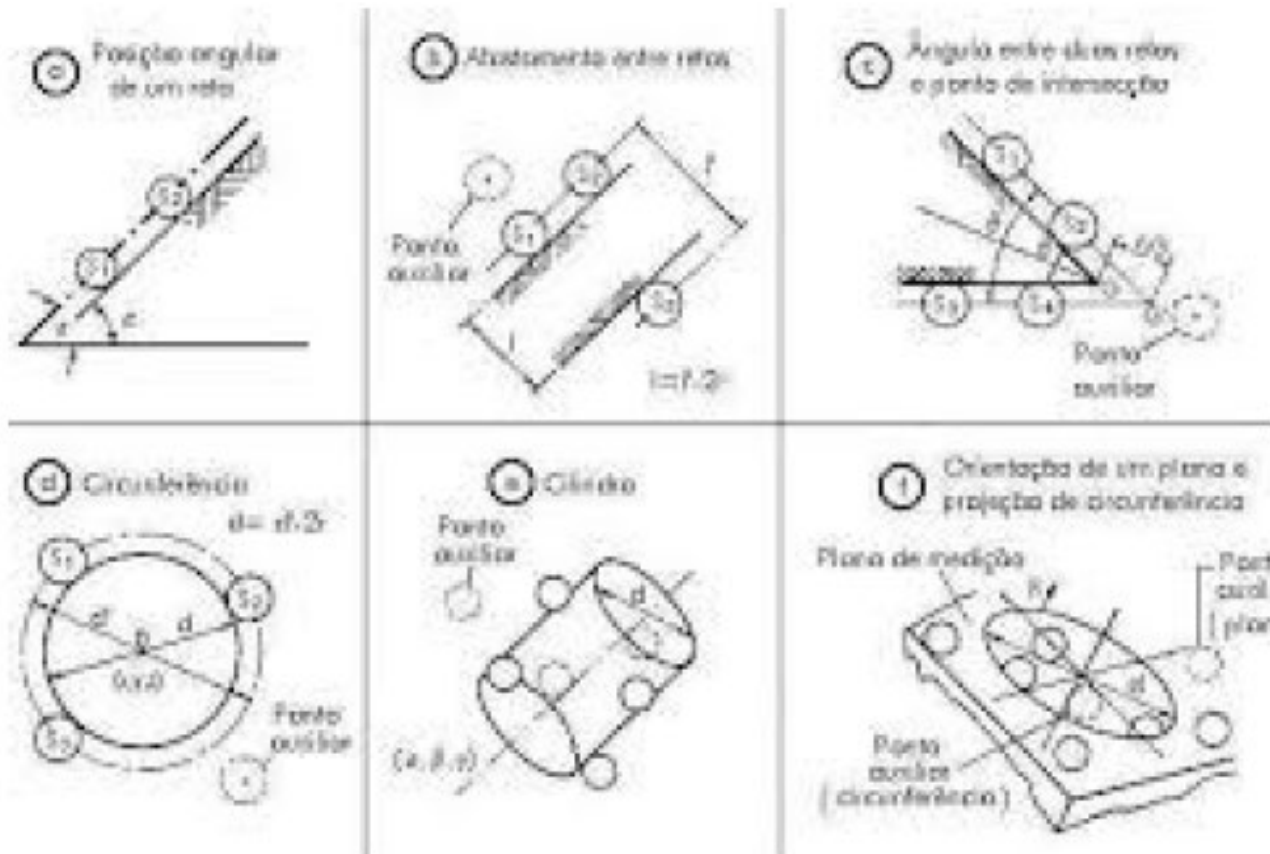
- Apalpador de contato (com ponta esférica)
- Sistemas de varredura (*scanning*) para medir perfis complexos

◆ Aplicação:

Permitem medir furos, superfícies, contornos e geometrias complexas com alta precisão, comparando os dados com o modelo CAD.

Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- Máquina de Medir por Coordenadas (MMC – Tridimensional)



Procedimento de Medição

O slide apresenta esquemas ilustrando o **procedimento de medição em uma Máquina de Medir por Coordenadas (MMC)**.

◆ Mostra exemplos de medição de:

- Ângulo
- Distância entre faces
- Posição e alinhamento
- Circularidade
- Cilindricidade
- Planicidade

◆ **Como funciona:**

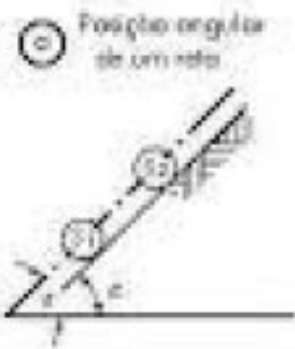
O **apalpador** coleta vários pontos na superfície da peça, e o **software** calcula os elementos geométricos (reta, plano, círculo, cilindro etc.) com base nessas coordenadas.

✚ A **precisão** depende da **correta definição dos pontos de referência** e da **estratégia de coleta dos pontos**.

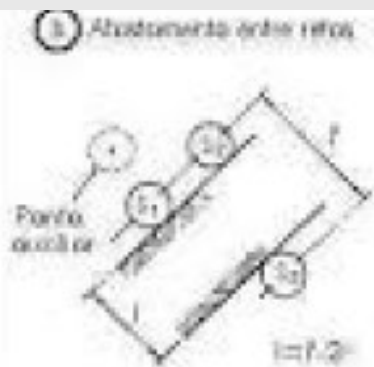
Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

• Máquina de Medir por Coordenadas (MMC – Tridimensional)

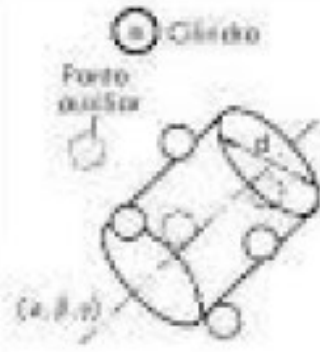
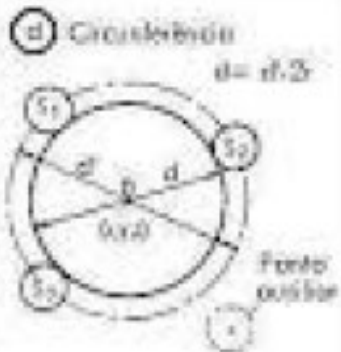
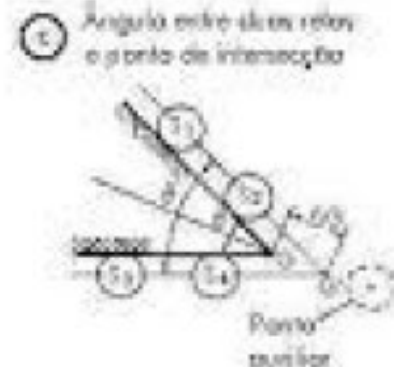
1 Ângulo



2 Distância entre faces



3 Ângulo entre duas retas e o ponto de intersecção



4 Circularidade (Ø)

5 Cilindricidade

6 Planicidade

A figura apresenta desenhos esquemáticos de como medir:

1 Ângulo

→ Coleta-se pontos em duas superfícies inclinadas.

→ O *software* ajusta duas retas/planos.

→ Calcula o ângulo entre elas.

2 Distância entre faces

→ Apalpação de pontos em duas superfícies paralelas.

→ Ajuste de dois planos.

→ Cálculo da distância mínima entre eles.

3 Medição do ângulo entre duas retas e ponto de intersecção (MMC)

◆ Como é feito na prática:

1. O apalpador coleta **vários pontos na primeira superfície**

→ O *software* ajusta uma **reta 1** (ou plano, se for superfície).

2. O apalpador coleta **vários pontos na segunda superfície**

→ O *software* ajusta uma **reta 2**.

3. O sistema calcula:

▲ Ângulo entre as duas retas

📍 Ponto de intersecção teórico

4 Circularidade (Ø)

→ Coleta de vários pontos ao redor do furo/eixo.

→ Ajuste de um círculo pelo método dos mínimos quadrados.

→ Avaliação do desvio máximo.

5 Cilindricidade

→ Coleta de pontos em várias alturas do cilindro.

→ Ajuste de um cilindro ideal.

→ Cálculo do erro geométrico.

6 Planicidade

→ Vários pontos distribuídos na superfície.

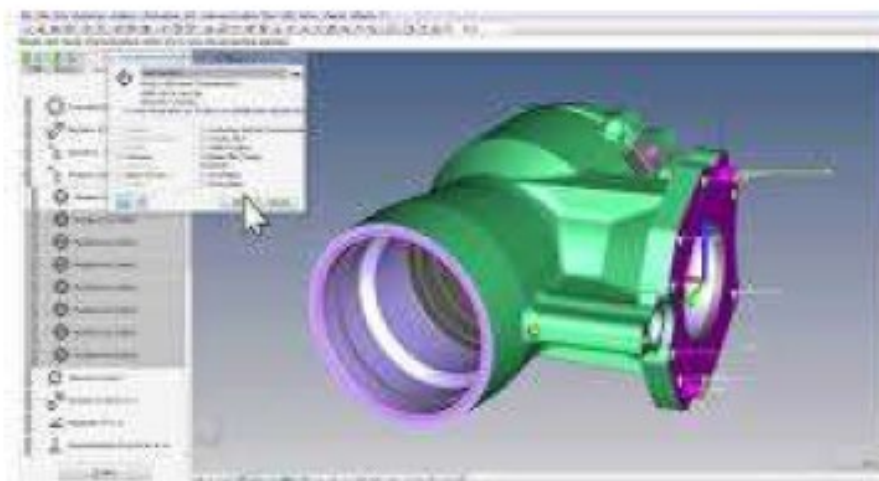
→ Ajuste de um plano ideal.

→ Determinação do desvio máximo.

Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- Máquina de Medir por Coordenadas (MMC – Tridimensional)

Aplicações



Complex edits can be accomplished with the CALYPSO paint brush.

Zeiss Calypso Paint Brush Tool é uma ferramenta utilizada em metrologia e medidas de precisão. Ele faz parte do *software* Calypso, desenvolvido pela empresa **Zeiss**, que é usado para programação e controle de máquinas de medição por coordenadas (CMM). Essa ferramenta permite aos operadores pintar áreas específicas em modelos 3D para definir regiões de interesse para medição.



Em motores

O slide apresenta exemplos de aplicações práticas da Máquina de Medir por Coordenadas (MMC).

◆ Mostra o uso do *software* Calypso (Zeiss) para:

- Programação das medições
- Seleção de áreas em modelos 3D (*Point Brush Tool* - Ferramenta Pincel de Pontos)
- Definição de regiões de inspeção

◆ Exemplo aplicado:

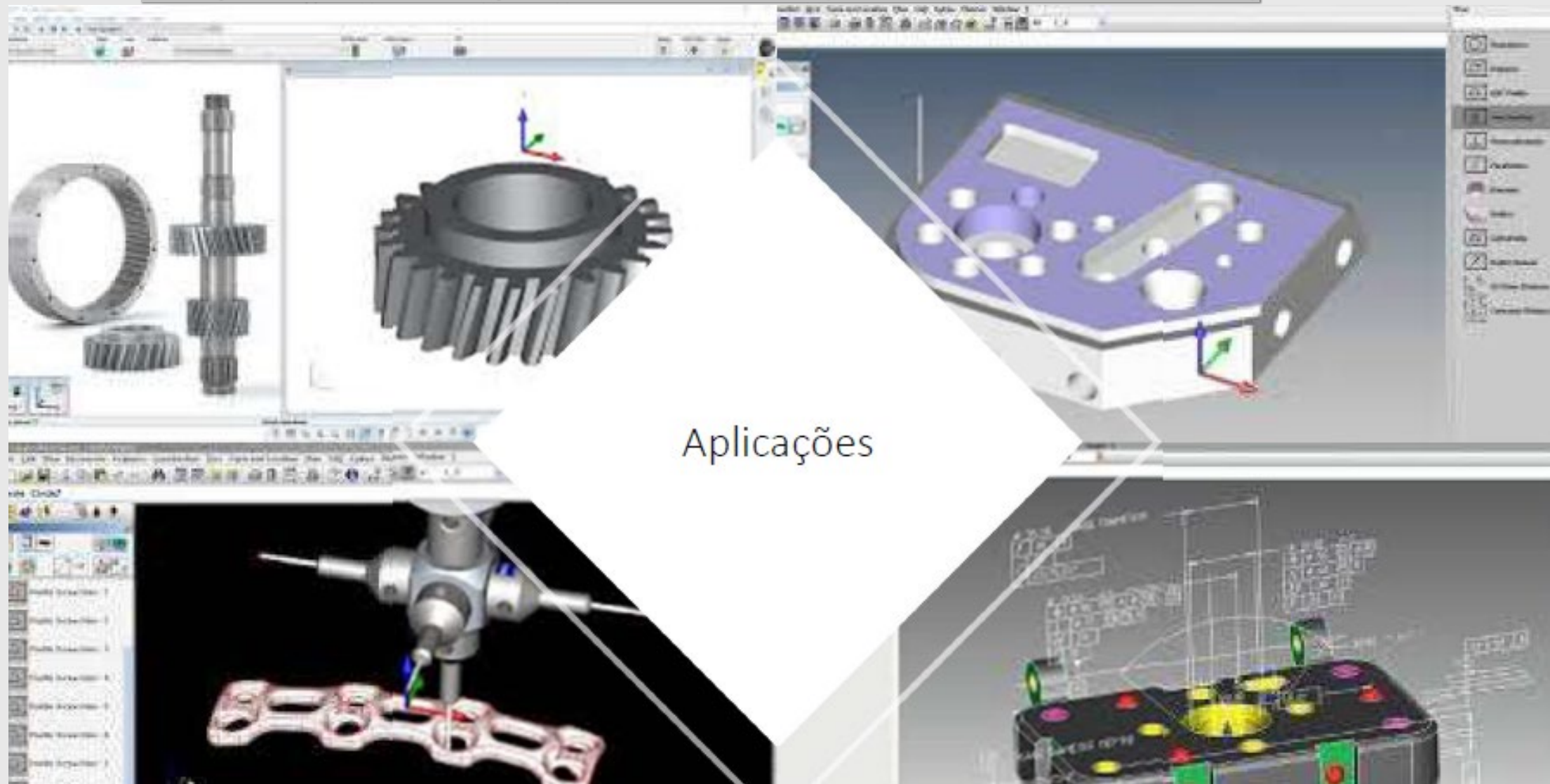
- Inspeção dimensional de componentes mecânicos
- Aplicação em motores e peças complexas

📌 O slide destaca a integração entre modelo CAD, *software* de medição e inspeção física da peça para controle de qualidade industrial.

Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)



- Máquina de Medir por Coordenadas (MMC – Tridimensional)

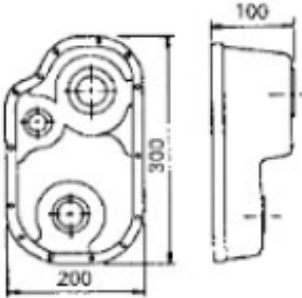
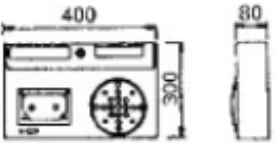
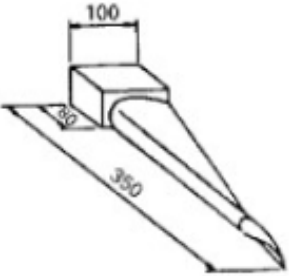


Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI

Aplicações: Verificação da conformidade dimensional de peças e componentes, medindo superfícies irregulares, como moldes, peças fundidas e componentes com geometrias complexas; digitalizar e criar modelos 3D precisos de peças físicas; calibrar instrumentos de medição e outros.

- Máquina de Medir por Coordenadas (MMC – Tridimensional)

MMC x Método Convencional

		CAIXA DE ENGRENAGENS	TAMPA RÁDIO GRAVADOR	PÁ DE TURBINA
DESENHO DA PEÇA				
ITENS DE MEDIÇÃO		Diâmetros, distâncias entre centros, localização de furos, alturas, etc.	Alturas, localização de furos, diâmetros, passos, distâncias entre centros, etc.	Passo, contorno por secção, alturas, etc.
MÉTODO CONVENCIONAL	INSTRUMENTOS	Paquímetro, micrômetro, padrão de altura, traçador, desempeno, bloco padrão, etc.	Calibrador de altura, bloco padrão, paquímetro, micrômetro, desempeno, etc.	Micrômetro padrão de altura, traçador, desempeno, relógios etc.
	TEMPO	5 horas	25 horas	30 horas
MÁQUINA DE MEDIR	UNID. BÁSICA	1,5 horas (1/3)	8 horas (1/3)	5 horas (1/6)
	COM COMPUTADOR	0,5 horas (1/10)	4 horas (1/6)	2 horas (1/15)

O slide compara a Máquina de Medir por Coordenadas (MMC) com o método convencional de medição.

- ◆ Mostra exemplos de peças:
 - Caixa de engrenagens;
 - Tampa de um rádio gravador antigo (anos 1980); e
 - Pá de turbina.
- ◆ No método convencional:
 - Utiliza vários instrumentos (paquímetro, micrômetro, relógio comparador, bloco padrão etc.);
 - Processo mais demorado; e
 - Maior dependência do operador.
- ◆ Com a Máquina de Medir por Coordenadas (MMC):
 - Medição automatizada e integrada ao computador;
 - Redução significativa do tempo de inspeção; e
 - Maior precisão e repetibilidade.

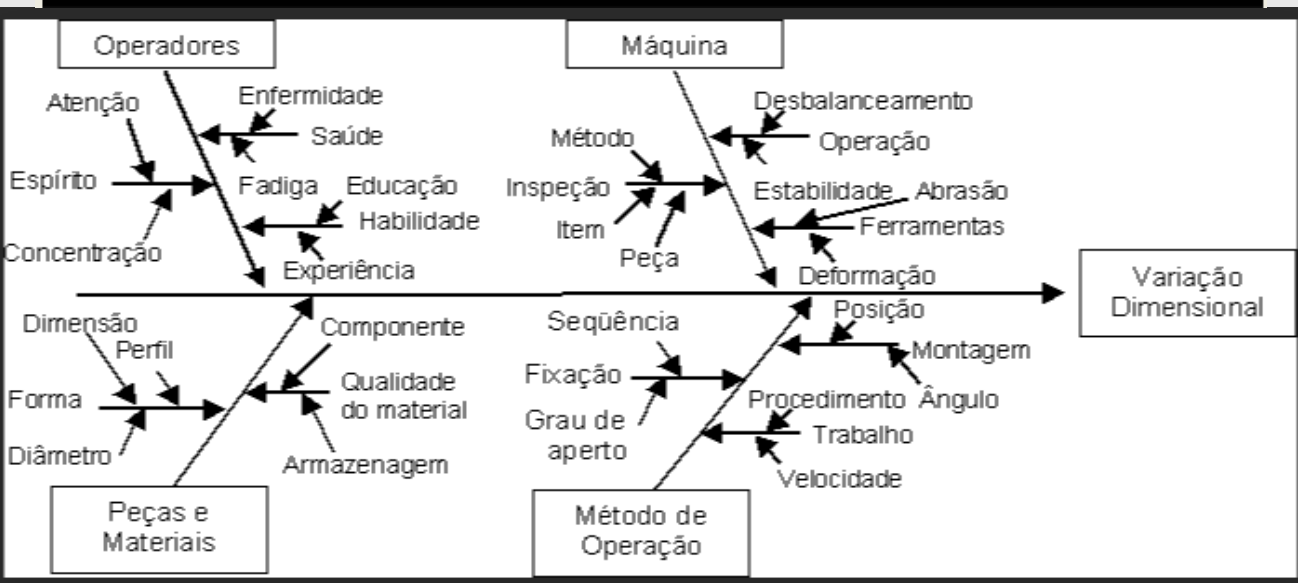
📌 O slide destaca principalmente a vantagem de tempo e produtividade da MMC em comparação ao método tradicional.



Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- Máquina de Medir por Coordenadas (MMC – Tridimensional)

Fontes de Erros na Medição



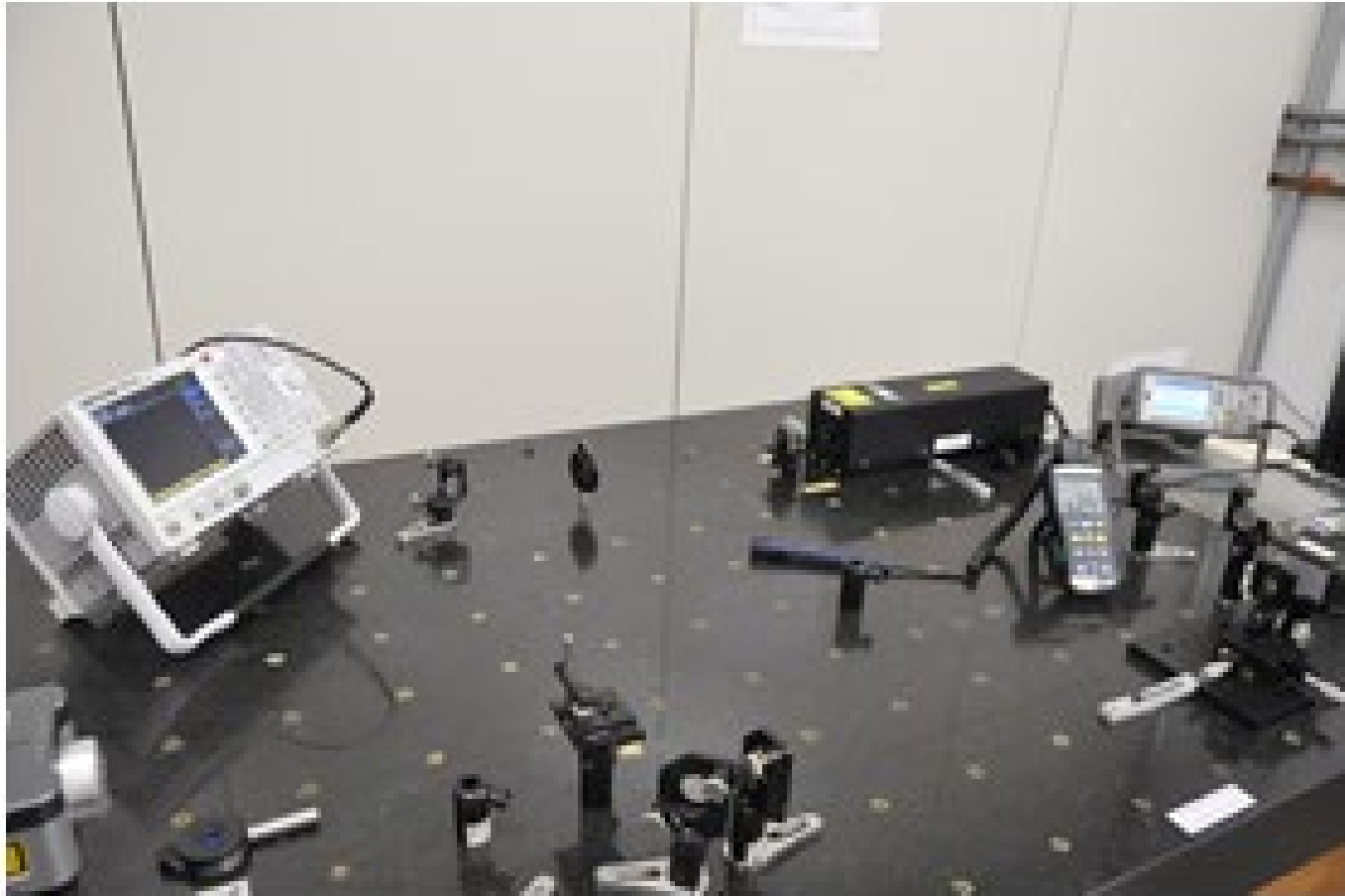
O slide apresenta um diagrama de causa e efeito (Ishikawa) mostrando as principais fontes de erros na medição, que podem gerar variações dimensionais.

As causas são agrupadas em quatro categorias principais:

- operadores** (atenção, fadiga, experiência),
- máquina** (estabilidade, desgaste de ferramentas),
- peças e materiais** (forma, dimensão, qualidade do material) e
- método de operação** (fixação, sequência, velocidade e posicionamento).

Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- Laser Interferométrico:



i) O **Laser Interferométrico** é um método avançado de medição utilizado para determinar distâncias com **extrema precisão.**

ii) prover rastreabilidade metrológica a grandeza comprimento e suas derivadas.

Sistema de medição de frequência de *lasers* estabilizados em torno de 633 nm, destacando-se o padrão primário nacional de comprimento (Laser estabilizado de Hélio (He) - Neônio (Ne) / 12712).

Fonte: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/metrologia-cientifica/laboratorios-de-metrologia-do-inmetro/fotometria-e-radiometria/interferometria>





Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- Laser Interferométrico:



O slide apresenta **sistemas de medição baseados em laser interferométrico**, utilizados como **padrões de alta precisão em metrologia dimensional**.

As imagens mostram **interferômetros utilizados para calibração de blocos padrão**, garantindo a rastreabilidade ao **padrão primário nacional de comprimento**.



Sistemas de Medição e padrões

(em negrito vamos estudar)

- **Blocos padrão**

Blocos
padrão



Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI

Os **blocos padrão** são padrões dimensionais de alta precisão usados como referência em metrologia.

◆ Principais finalidades:

1 Calibração de instrumentos

- Paquímetros
- Micrômetros
- Relógios comparadores
- Súbitos (Instrumentos de medição utilizados para medir diâmetros internos, como furos e cavidades. É um instrumento comparativo para medição precisa de diâmetros internos)

2 Ajuste e verificação de máquinas

- Regulagem de dispositivos
- Controle de curso
- Ajuste de ferramentas

3 Montagem de dimensões específicas

- Podem ser combinados (por aderência molecular) para formar medidas exatas desejadas.

4 Padrão de referência dimensional

- Servem como base para rastreabilidade metrológica (significa que uma medição pode ser ligada, passo a passo, a um padrão oficial, garantindo confiabilidade, comparabilidade e validade dos resultados).

📌 Resumindo:

São usados para garantir precisão, calibração e confiabilidade nas medições dimensionais.



Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- Blocos padrão

Materiais dos Blocos padrão

Aço

Atualmente é o mais utilizado nas indústrias. O aço é tratado termicamente para garantir a estabilidade dimensional, além de assegurar dureza acima de 800 HV (*Hardness Vickers* - Dureza Vickers).

Metal duro

São blocos geralmente fabricados em carbureto de tungstênio. Hoje, este tipo de bloco-padrão é mais utilizado como bloco protetor. A dureza deste tipo de bloco padrão situa-se acima de 1.500 HV.

Cerâmica

O material básico utilizado é o zircônio. A utilização deste material ainda é recente, e suas principais vantagens são a excepcional estabilidade dimensional e a resistência à corrosão. A dureza obtida nos blocos-padrão de cerâmica situa-se acima de 1400 HV

O que é HV?

HV significa *Hardness Vickers* (Dureza Vickers).

É uma unidade usada para medir a **dureza dos materiais**, ou seja, a resistência que o material oferece à penetração.



Como funciona o ensaio Vickers?

- Utiliza-se um penetrador em formato de **pirâmide de diamante**.
- Aplica-se uma carga conhecida sobre a superfície do material.
- Mede-se a diagonal da impressão deixada.
- A dureza é calculada pela relação entre força aplicada e área da impressão.



Interpretação

- 800 HV → material duro (ex: aço tratado)
- 1400–1500 HV → material muito duro (metal duro, cerâmica)



Quanto maior o valor em HV, maior a dureza do material. 84



Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- Blocos padrão

Blocos padrão



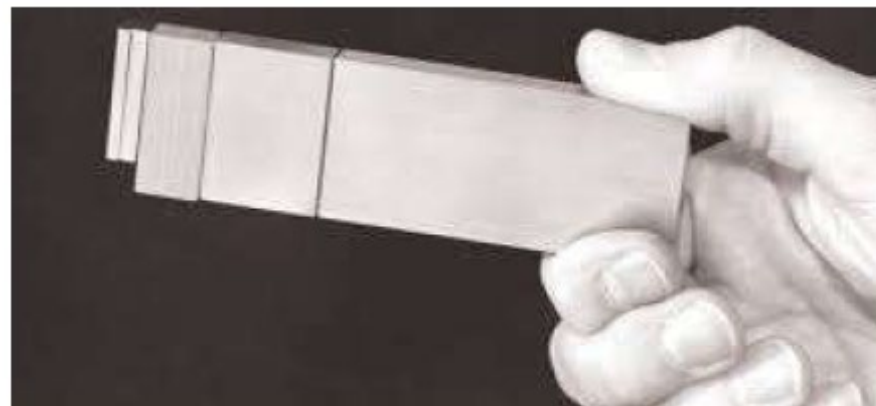
A figura apresenta **blocos padrão**, que são peças de alta precisão utilizadas como **referência para calibração e verificação de instrumentos de medição**, como paquímetros e micrômetros.

Eles podem ser combinados para obter diferentes dimensões e geralmente são armazenados em **estojos organizados** para proteção e conservação.

Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- Blocos padrão

Empilhamento



🔧 Técnica de Empilhamento (Blocos Padrão)

A técnica de **empilhamento** consiste em unir blocos padrão para formar uma dimensão exata desejada.

◆ Como é feita:

- 1 Limpa-se cuidadosamente as superfícies dos blocos.
- 2 Encosta-se um bloco no outro com leve pressão.
- 3 Realiza-se um pequeno movimento de deslizamento/rotação.
- 4 Os blocos aderem entre si por **aderência molecular** (efeito de *wringing* - aderência por deslizamento ou aderência molecular).

◆ Objetivo:

- Obter medidas específicas combinando diferentes blocos.
- Garantir alta precisão dimensional.

📌 É essencial evitar sujeira, umidade e contato direto com as mãos para não comprometer a precisão.



Sistemas de Medição e padrões

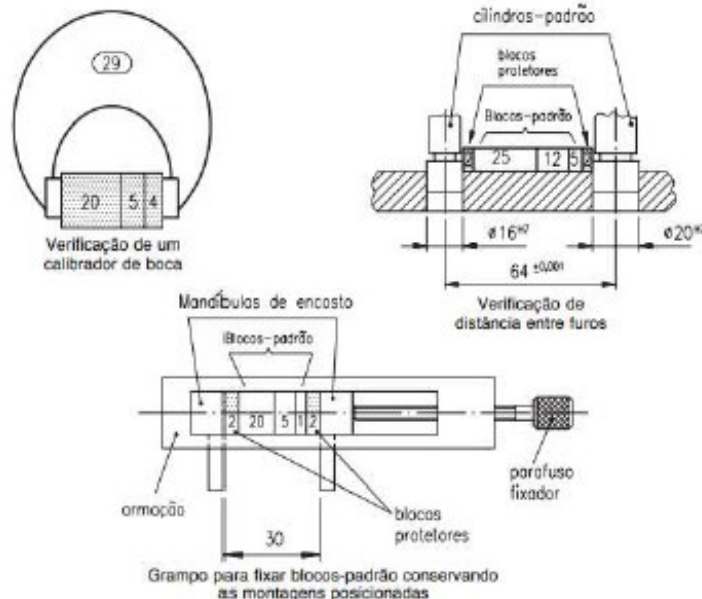
- Blocos padrão – Aplicações (Relembrando...)



Algumas das principais aplicações dos Blocos Padrão:

i) Controle de Qualidade e Inspeção de Peças; ii) Montagem e Ajuste de Componentes; iii) Calibração de Instrumentos; e iv) Verificação de Protótipos e Peças Personalizadas, e outras.

Blocos padrão - Aplicações



- A figura apresenta **algumas aplicações dos blocos padrão na metrologia dimensional.**
- Ele destaca que esses blocos são utilizados principalmente no **controle de qualidade e inspeção de peças, montagem e ajuste de componentes, calibração de instrumentos de medição e verificação de protótipos ou peças especiais.**
- As imagens ilustram exemplos práticos de uso dos blocos padrão em dispositivos de medição e verificação dimensional.



Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- Blocos padrão

Calibração
de
Paquímetros

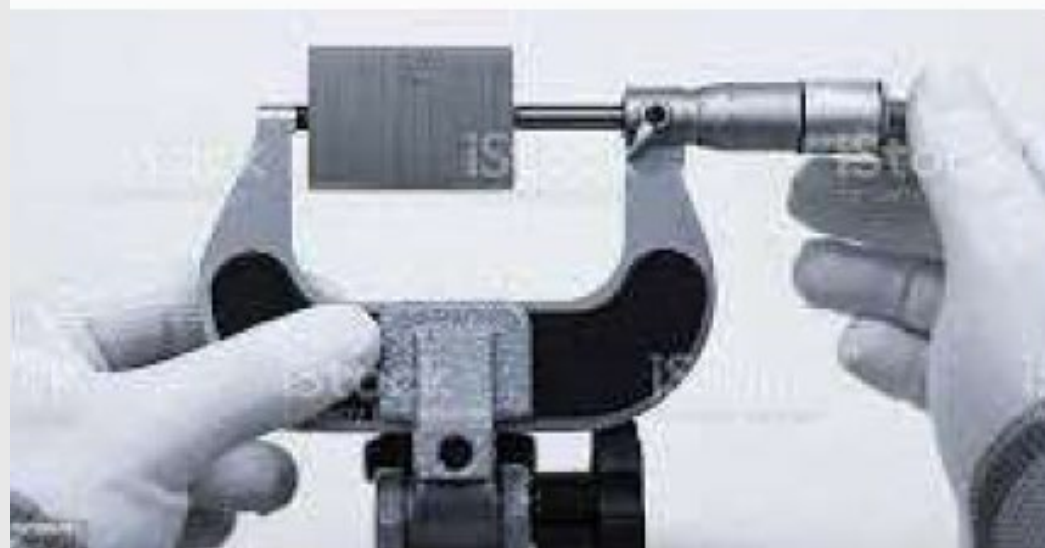


Neste slide é mostrado **aplicações dos blocos padrão**, como **inspeção de peças**, **ajuste de componentes**, **calibração de instrumentos** e **verificação de protótipos**.



Sistemas de Medição e padrões (em negrito vamos estudar)

- Blocos padrão



Calibração de Micrômetros

A figura mostra o **uso de blocos padrão para calibrar micrômetros**, garantindo a **precisão das medições dimensionais**.

Neste slide, apresenta-se uma **comparação do Laboratório de Metrologia Dimensional da UNIFEI** em dois períodos, **1986 e 2026**, evidenciando a **evolução da infraestrutura e dos equipamentos de medição ao longo do tempo**.



2026



1986

Laboratório de Metrologia Dimensional
Campus Prof. José Rodrigues Seabra - Sede - Itajubá/MG
Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI



Laboratório de Metrologia Dimensional
Condições Ambientais

Temperatura – T (°C)

Medição geral e calibração de instrumentos:

$T = (20 \pm 1) [^{\circ}\text{C}]$

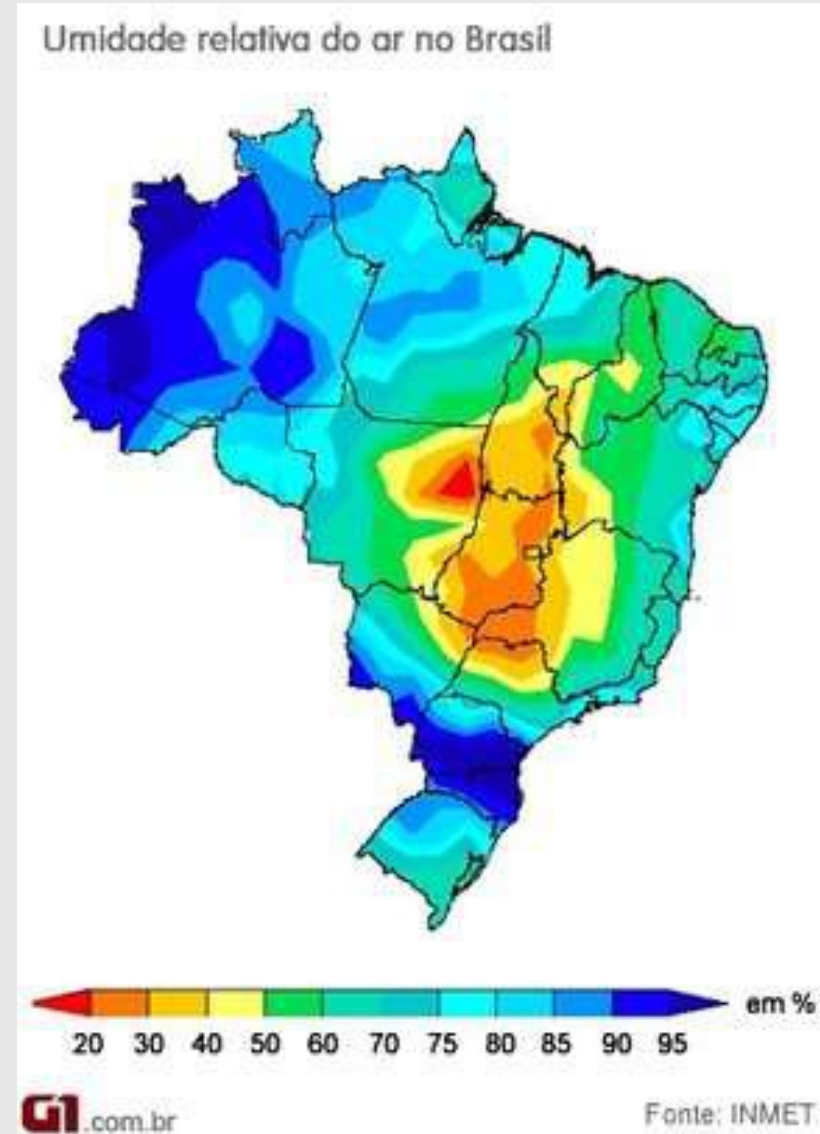
Calibração de blocos padrão:

$T = (20,0 \pm 0,5) [^{\circ}\text{C}]$

Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI



O slide mostra o mapa do Brasil com seus estados e, ao lado, um mapa da distribuição da umidade relativa do ar no país, indicando as variações climáticas entre as regiões.





Umidade Relativa do Ar - U
[%]:
 $U = (50 \pm 5) [\%]$

Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI

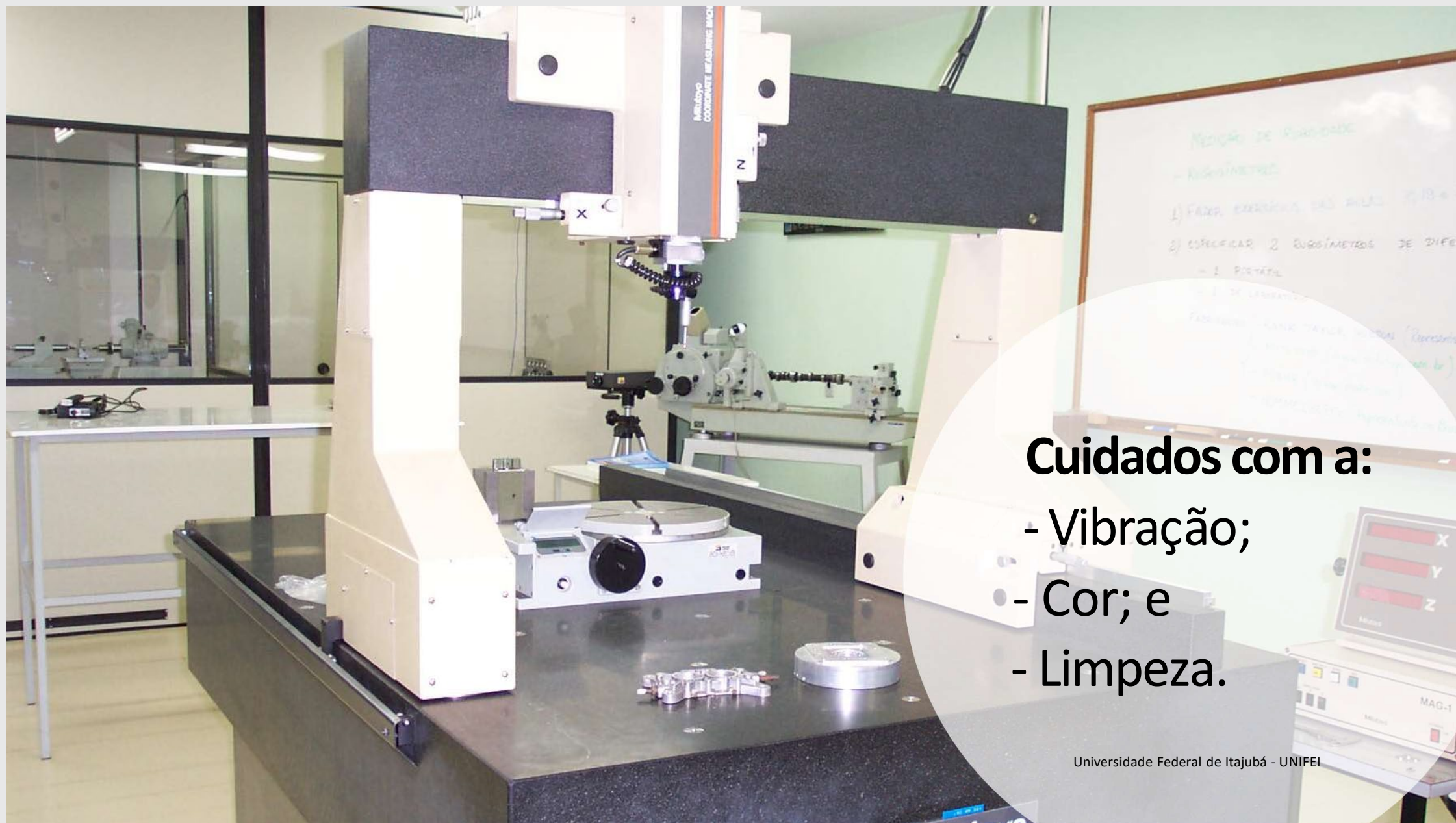




Iluminação/Illuminamento
- **IL [lumens/m²] ou [lux]:**

$$IL = (700 \sim 750) [lux]$$

Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI

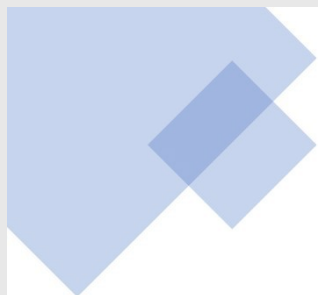


Cuidados com a:

- Vibração;
- Cor; e
- Limpeza.

Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI





Obrigado!

Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI

