

TÉCNICO EM ELETROMECÂNICA



METROLOGIA

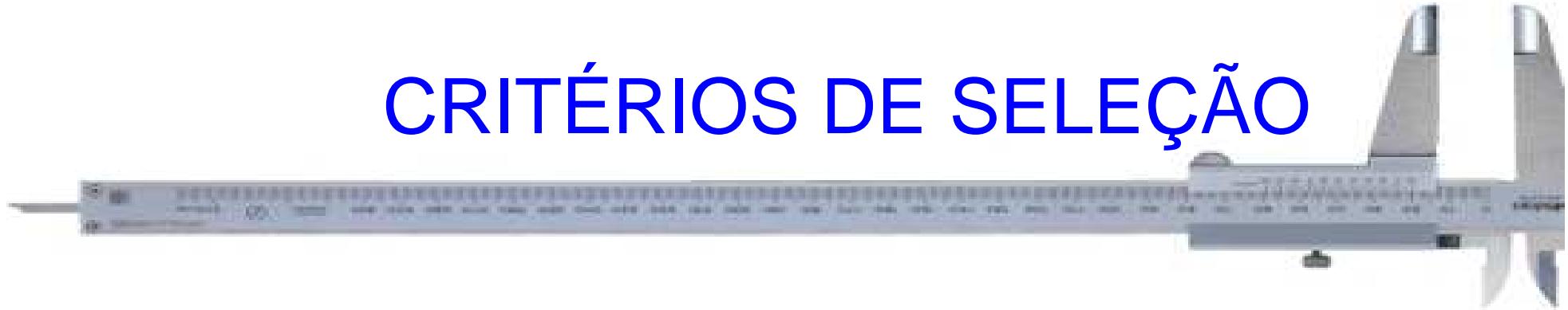
Prof. Fábio Evangelista Santana, MSc. Eng.
fsantana@cefetsc.edu.br

SUMÁRIO



- Critérios de seleção do instrumento de medição
- Principais fontes de erros na medição
- Micrômetro
 - *Leitura com o micrômetro*
 - *Recomendações e cuidados*
 - *Calibração e ajuste*
 - *Tipos*
- Prática: exercícios de leitura de paquímetro e micrômetro e conversão de unidades

CRITÉRIOS DE SELEÇÃO



1. Considerar o campo de tolerâncias

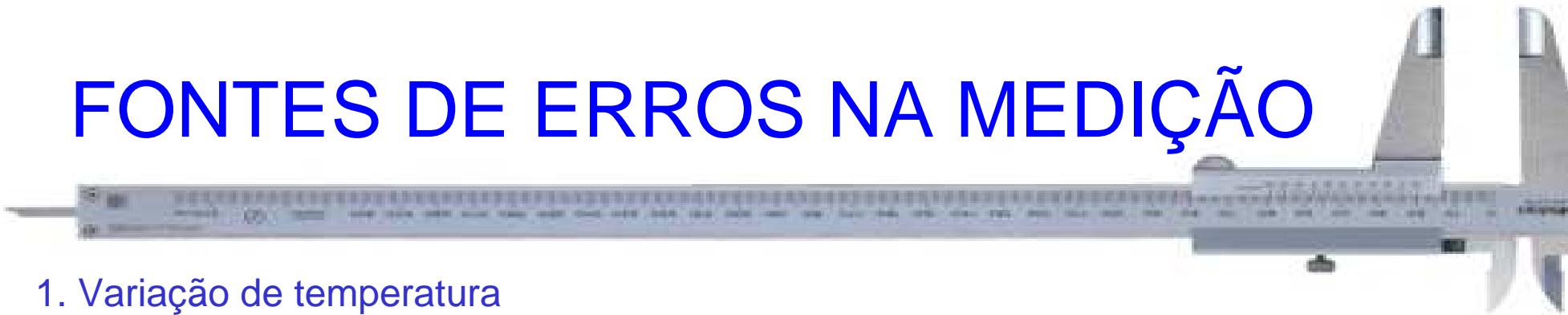
- Peças diferentes podem ter a mesma medida nominal especificada em seu projeto, porém a importância de sua exatidão pode ser diferente.
- Ex.: $\varnothing 21$ mm
- Instrumento ideal:
 - Resolução de acordo com medida a ser realizada e sua tolerância
 - Recomendação:
 - Leitura $\leq IT/ 10$ (ideal)
 - Leitura $\leq IT/ 5$ (mínimo aceitável)
 - Ex.: $20 +/- 0,25$ mm
 - $IT = 0,50$ mm \rightarrow ideal = $0,05$ mm; mínimo aceitável = $0,10$ mm



2. Tipo de instrumento:

- Tamanho, forma, freqüência de medição

FONTES DE ERROS NA MEDIÇÃO



1. Variação de temperatura

- ABNT NBR 06165: temperatura de referência = 20°C
- Cálculos para corrigir o erro
 - Coeficiente de expansão térmica do material
 - Fórmula

$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta T \text{ (mm)}$$

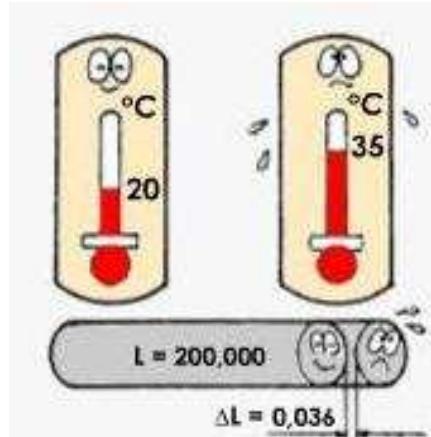
Onde:

ΔL = variação do comprimento

L = comprimento original da peça

α = coef. de expansão térmica do material

ΔT = variação de temperatura



Exemplo:

Calcular o incremento de medida de uma peça de aço que se encontra a uma temperatura de 35°C, sendo que a 20°C sua medida é de 200mm.

$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

$$\Delta L = 200 \cdot 12 \cdot 10^{-6} \cdot (35^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})$$

$$\Delta L = 200 \cdot 0,000012 \cdot 15^\circ\text{C}$$

$$\Delta L = 0,036 \text{ mm}$$

FONTES DE ERROS NA MEDIÇÃO

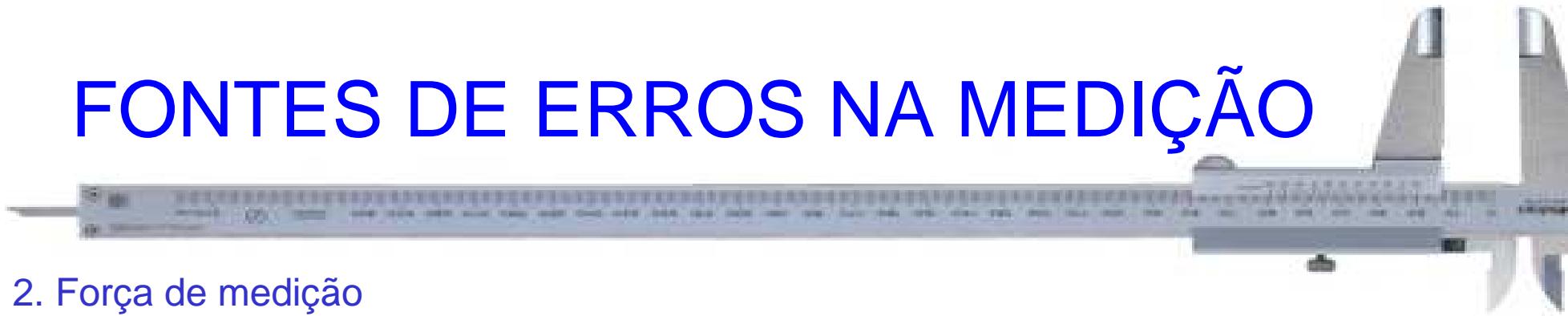


Coeficiente de expansão térmica dos materiais (1/°C)

Material	Coeficiente (1/°C)
Ferro Fundido	$9,2 \sim 11,8 \times 10^{-6}$
Aço Carbono	$11,7 \sim (0,9 \times \%C) \times 10^{-6}$
Aço ao Cromo	$11 \sim 12 \times 10^{-6}$
Aço ao Ni-Cr	$13 \sim 15 \times 10^{-6}$
Cobre	$18,5 \times 10^{-6}$
Bronze	$17,5 \times 10^{-6}$
"Gunmetal"	$18,0 \times 10^{-6}$
Alumínio	$23,8 \times 10^{-6}$
Latão	$18,5 \times 10^{-6}$
Níquel	$13,0 \times 10^{-6}$
Ferro	$12,2 \times 10^{-6}$
Aço ao Níquel (58%)	$12,0 \times 10^{-6}$
Invar (36% Ni)	$1,5 \times 10^{-6}$
Ouro	$14,2 \times 10^{-6}$

Material	Coeficiente (1/°C)
Aço	$11,5 \times 10^{-6}$
Lata	$23,0 \times 10^{-6}$
Zinco	$26,7 \times 10^{-6}$
Duralumínio	$22,6 \times 10^{-6}$
Platino	$9,0 \times 10^{-6}$
Cerâmica	$3,0 \times 10^{-6}$
Prata	$19,5 \times 10^{-6}$
Vidro Clown	$8,9 \times 10^{-6}$
Vidro Flint	$7,9 \times 10^{-6}$
Quartzo	$0,5 \times 10^{-6}$
Cloruto de Vinil	$7 \sim 2,5 \times 10^{-6}$
Fenol	$3 \sim 4,5 \times 10^{-6}$
Polietileno	$0,5 \sim 5,5 \times 10^{-6}$
Nylon	$10 \sim 15 \times 10^{-6}$

FONTES DE ERROS NA MEDIÇÃO

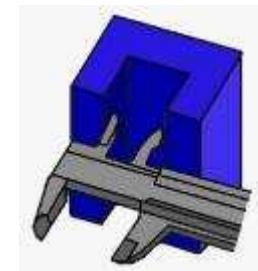


2. Força de medição

- Ex.: paquímetro, goniômetro

3. Forma da peça

- Imperfeições na superfície, retilinidade, cilindricidade, planeza
- Ex.: peça cilíndrica – verificar cilindricidade e circularidade



4. Forma de contato

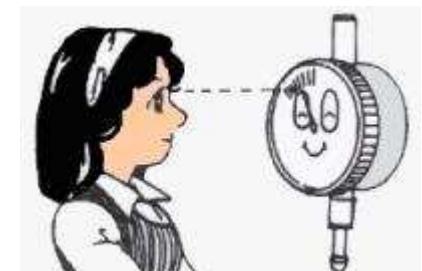
- Ex.: peça cilíndrica: contato plano

5. Erro de paralaxe

- Leitura sempre na direção perpendicular às escalar principal e secundária

6. Estado de conservação do instrumento

- Folgas por desgaste -> calibração periódica



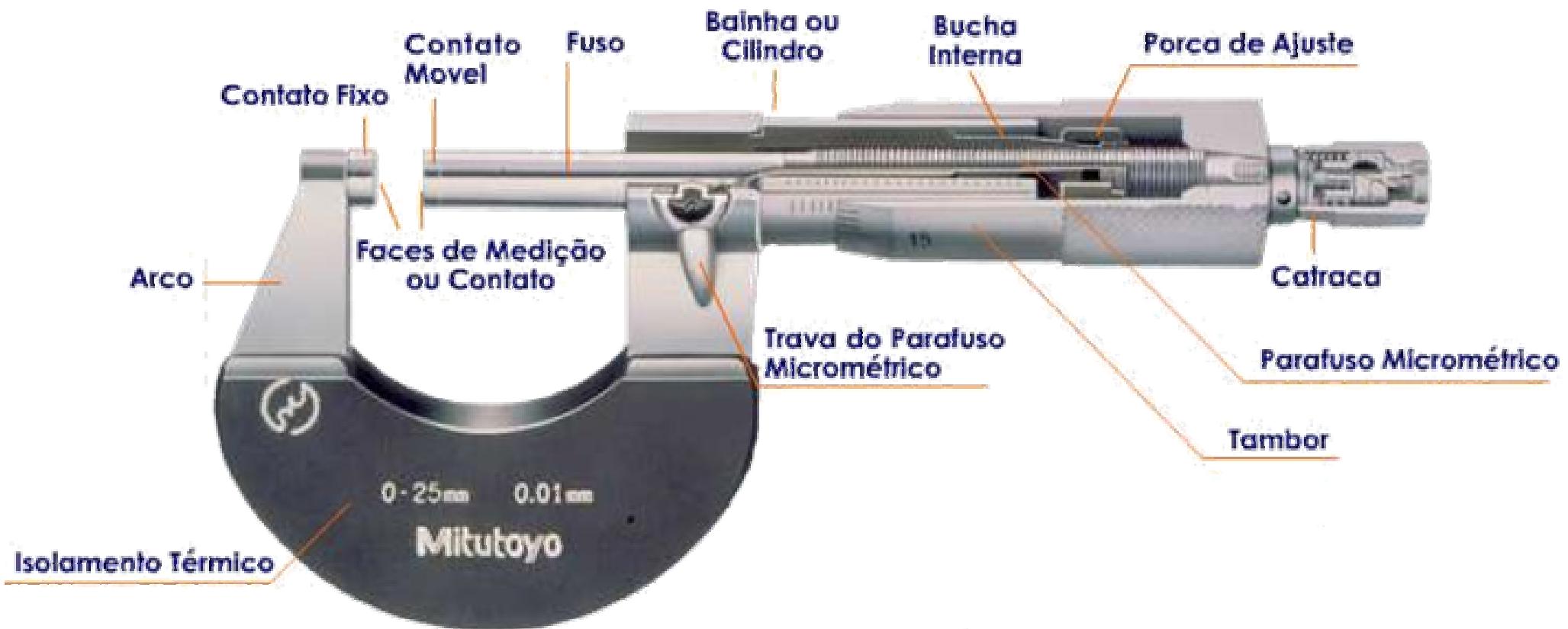
7. Habilidade do operador

- Realizar práticas de medição com peças precisas com valores conhecidos (bloco padrão, pinos calibrados, anéis padrão, etc.)

MICRÔMETRO



O micrômetro é constituído das seguintes partes:



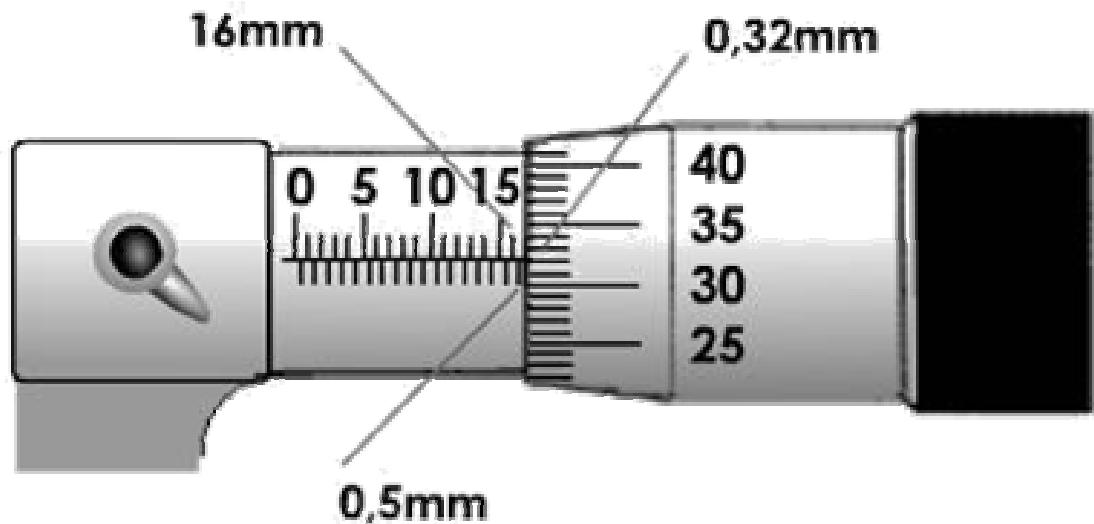
LEITURA COM O MICRÔMETRO



Quando o traço do tambor coincidir com um traço da linha de referência da bainha, você deverá proceder da seguinte maneira:

- Nos micrômetros com **escala em milímetros ou polegadas**, você deverá contar o número de traços da linha de referência da bainha, até o traço mais próximo à esquerda da aresta do tambor. Adicione a este número a fração lida no tambor, desde o traço zero do mesmo até o último traço que coincide com a linha da bainha.
- **Exemplo** : Micrômetro em milímetro.

Escala dos mm da bainha	16,00 mm
Escala dos meios mm da bainha	0,50 mm
Escala centesimal do tambor	0,32 mm
Leitura Final	16,82 mm



LEITURA COM O MICRÔMETRO



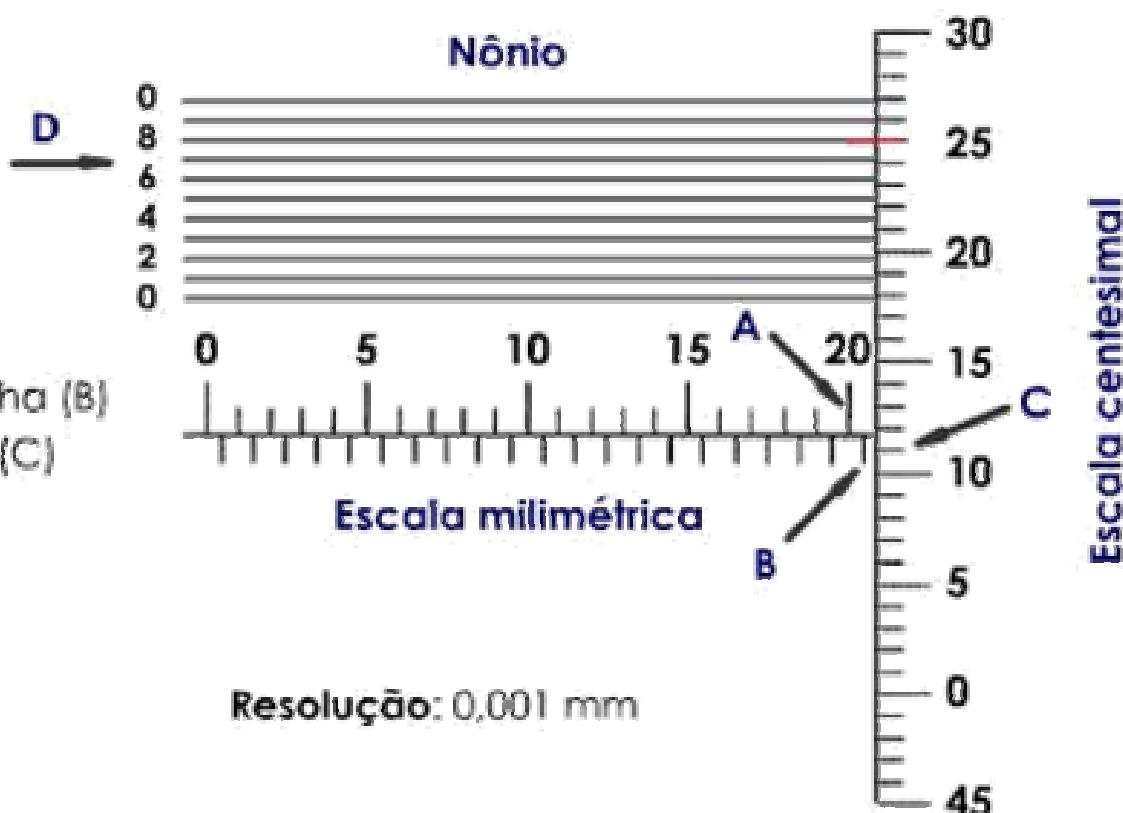
- Exemplo : Micrômetro com nônio escala em milímetro

20,000 mm
0,500 mm
0,110 mm
0,008 mm

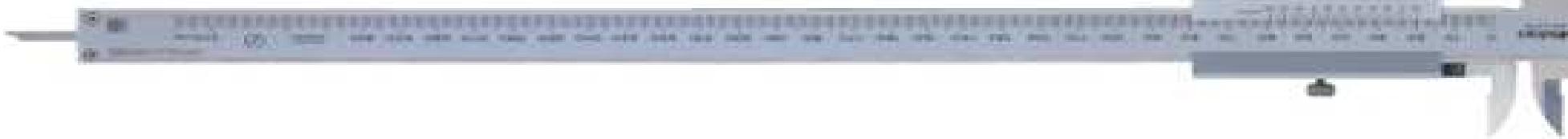
20,618 mm

Escala dos mm da bainha (A)
Escala dos meios mm da bainha (B)
Escala centesimal do tambor (C)
Escala milesimal do nônio (D)

Leitura Final



RECOMENDAÇÕES E CUIDADOS

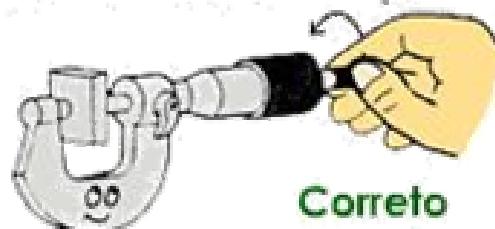


Para que as medições realizadas por você, utilizando o micrômetro, apresentem resultados confiáveis, é necessário que você tome alguns cuidados:

- Selecione o micrômetro mais adequado para atender plenamente a necessidade de medição (tipo, exatidão e faixa de medição);
- Evitar choques, quedas, arranhões, ferrugem e impurezas;
- Executar as medições aproximando as faces de medição do micrômetro com a catraca ou com o dispositivo de tricção, a fim de obter uma força de medição constante "recomenda-se duas ou três voltas, após o encosto das faces de medição na peça":



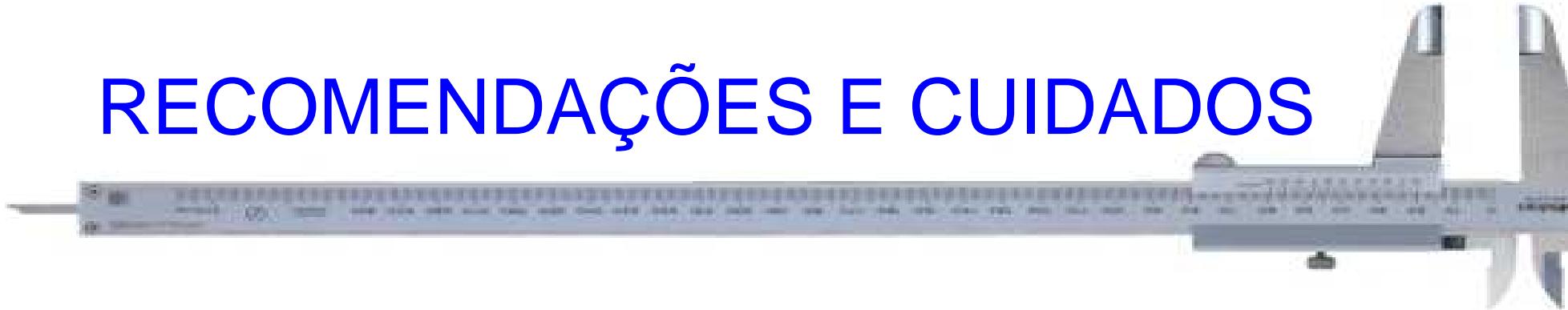
Incorreto



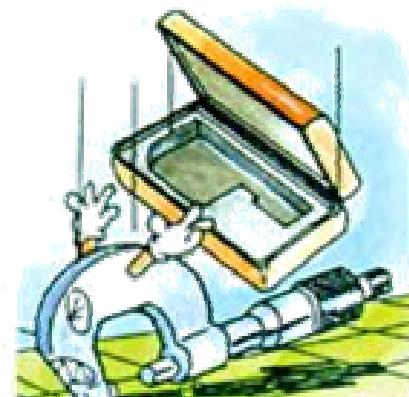
Correto

- A leitura deve ser feita sem retirar a peça da posição de medição;
- Não retirar o micrômetro com a trava acionada, a leitura deve ser efetuada com o micrômetro sobre a peça;
- Ao guardar o micrômetro, no respectivo estojo, deve-se manter as faces de medição ligeiramente afastados e a trava livre;
- Manter as faces de medição rigorosamente limpas;
- Deve-se fazer a leitura em posição tal que evite erros de paralaxe;
- Para capacidades que excedam 300mm, ajuste a zero do micrômetro na mesma posição em que será usado para efetuar as medições. Este procedimento evitará erros à deflexão do arco e erro de paralaxe;
- Quando utilizar um suporte para fixar o micrômetro, assegure-se de prendê-lo completamente na parte central do arco;

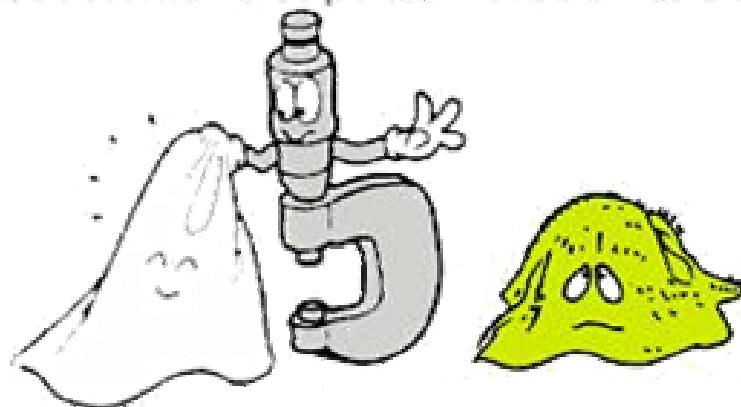
RECOMENDAÇÕES E CUIDADOS



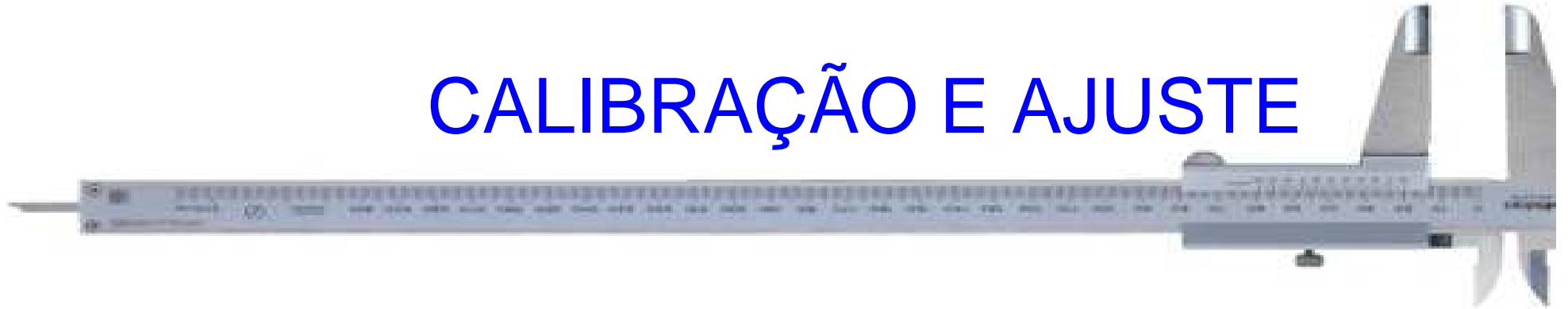
- Ao se efetuar uma medição é recomendável que as temperaturas da peça e do micrômetro estejam o mais próximo possível da temperatura de referência (20°C);
- Evite impulsos antes de encostar as faces de medição na peça, pois uma rotação veloz pode provocar um erro superior a $10\mu\text{m}$, principalmente em peças de baixa dureza;
- Proteja o micrômetro ao guardar por longos períodos. Aplique suavemente em todas as faces do instrumento uma camada bem fina de óleo;
- Nunca deixe o micrômetro diretamente no chão, guarde-o sempre em seu estojo;



- Não submeter a peça a uma pressão excessiva;
- Não expor o micrômetro ao calor, e ao segurá-lo, fazê-lo sempre pelas placas isolantes;
- Examinar se as peças a serem medidas não apresentam rebarbas que possam danificar as faces de medição do micrômetro;
- Controlar, periodicamente, o zero do micrômetro à temperatura de referência (20°C);
- Limpe cuidadosamente as partes móveis antes e após o uso;



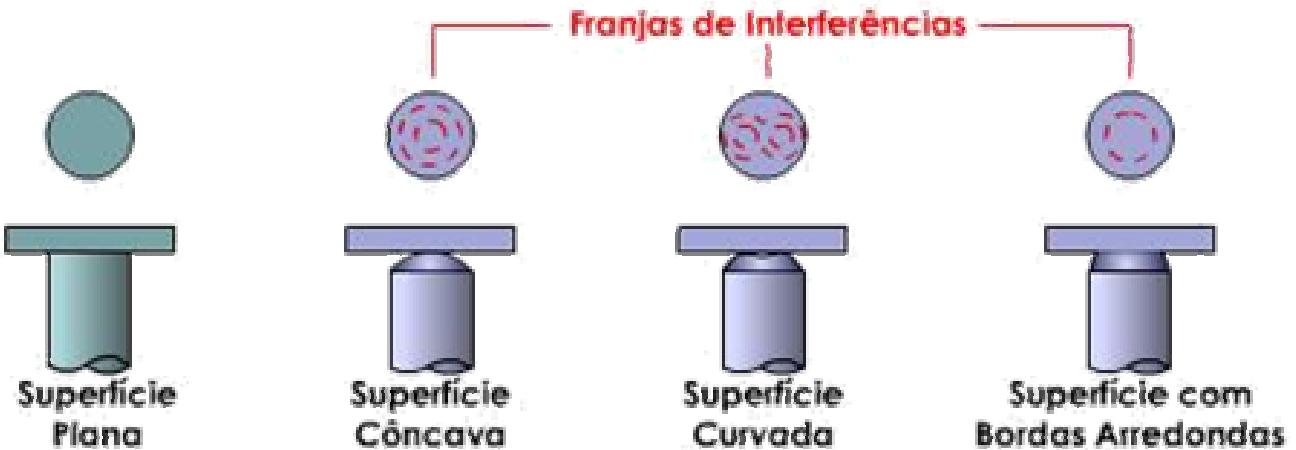
CALIBRAÇÃO E AJUSTE



A metodologia para verificar se o micrômetro está em condições de realizar medições adequadas, é bastante simples e consiste fundamentalmente na inspeção periódica dos itens que influenciam diretamente a medição e são explicadas a seguir:

- **Planeza das superfícies de contato (medição)**

Podem ser controlados por meio de um plano ótico padrão, que apoiado sobre a superfície, apresenta **franjas de interferência**. A forma e o número destas franjas indicam o grau de planeza da superfície. Com a luz comum (policromática) contam-se as de cor vermelha (o valor atribuído a cada franja é de $0.32\mu\text{m}$). Utilizando uma lâmpada de vapor de mercúrio (luz monocromática), as franjas são visualizadas muito mais claramente.



TIPOS



As variáveis de cada tipo de micrômetro têm relação principalmente com o tipo de medição a ser executada, a seguir, apresentam-se as principais variedades de micrômetros.

• Micrômetro para Medição Externa

Nesta classificação, existem diversos modelos, como:

Arco - que pode ser de aço forjado com ou sem placas termo-isolantes;



Batente - com a ponta móvel e o batente podendo ser esférico, retangular, cilíndrico, em forma de "V", do tipo intercambiável e etc.

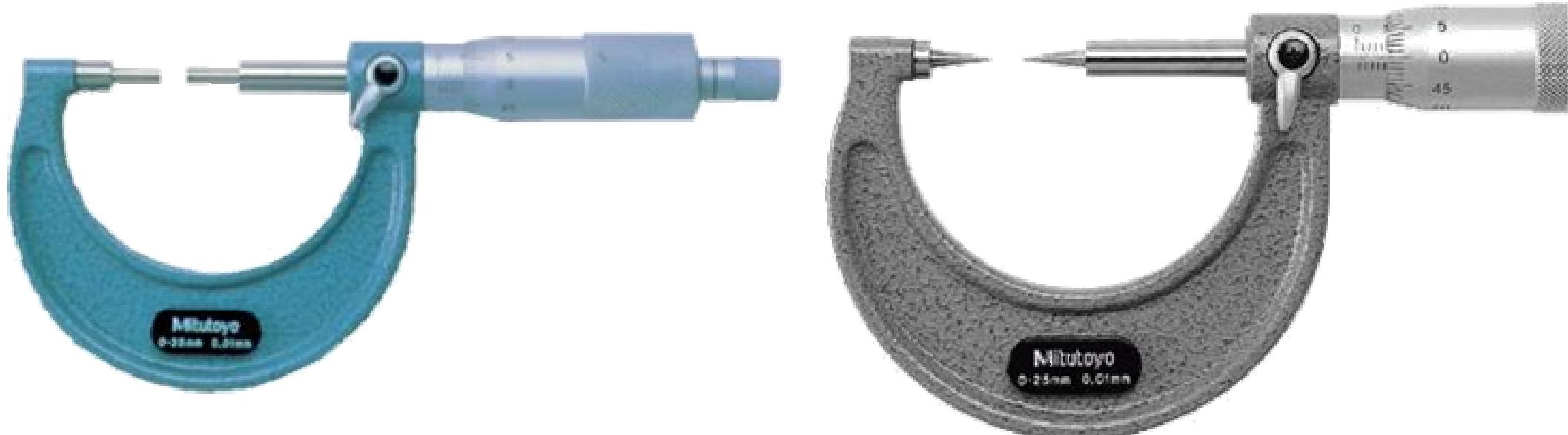


TIPOS



- **Micrômetro para Medição Externa**

Pontas de medição - que podem ser placas, esféricas, cônicas, finas, tipo lâmina, tipo disco e etc.. podendo as duas faces de contato serem diferentes (ex: ponta plana e esférica);



MEDIÇÃO DE ROSCA!!

TIPOS



• Micrômetro para Medição Interna

Nesta classificação podemos agrupar em três tipos:

Para medição de furos - para furos pequenos (até diâmetro de 6 mm), consiste de duas partes móveis e para furos maiores com três pontas auto-centrantes;



Ponta tipo paquímetro - possuem dois bicos tipo paquímetro, sendo que o movimento da parte móvel é retílineo por um sistema especial.

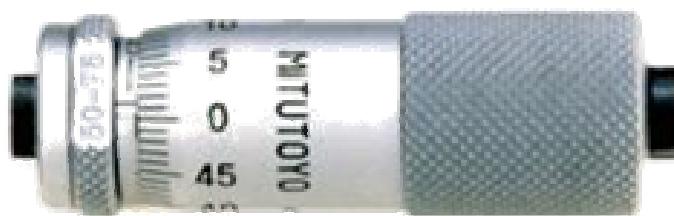


TIPOS



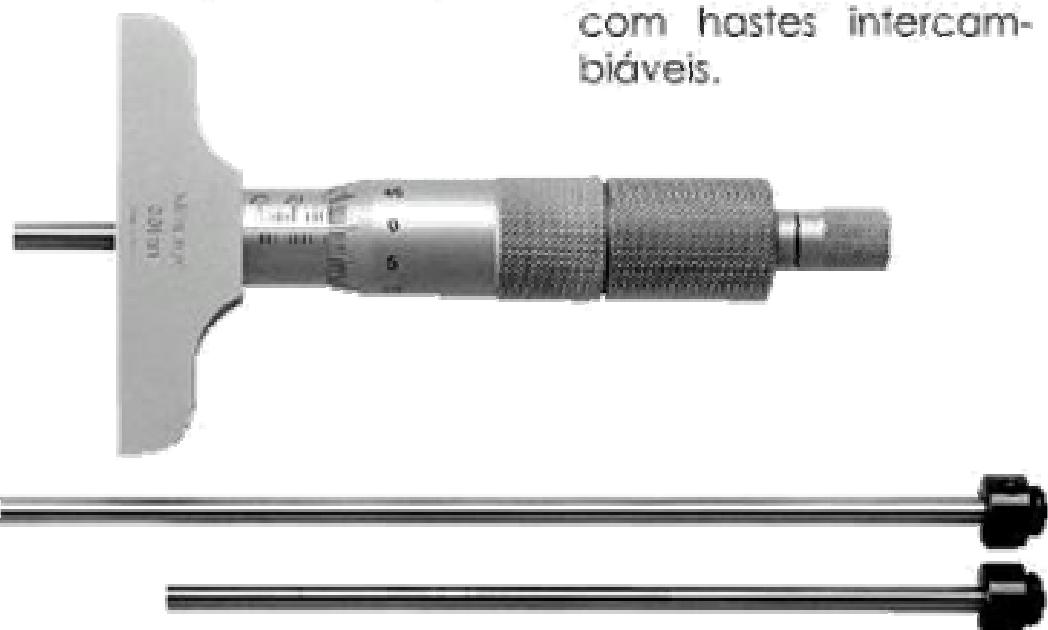
- **Micrômetro para Medição Interna**

Tipo cilíndrico ou tubular - trata-se de uma cabeça micrométrica com duas pontas de contato.



- **Micrômetro para Medição de Profundidade**

Trata-se de uma cabeça micrométrica acoplada a uma base plana com superfície de apoio lapidada. Existem basicamente dois tipos: com haste única e com hostes intercambiáveis.



TIPOS



• Micrômetros Especiais

Arco raso - utilizado para medir espessuras em lugares de difícil acesso.



Medição de dentes de engrenagem - utilizado para medir as espessuras dos dentes de uma engrenagem reta, pelo método de Wildhaber;

