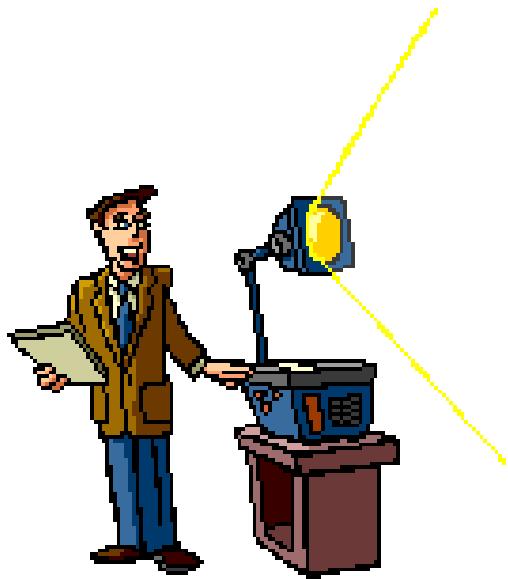


TÉCNICO EM ELETROMECÂNICA



# METROLOGIA

Prof. Fábio Evangelista Santana, MSc. Eng.  
[fsantana@cefetsc.edu.br](mailto:fsantana@cefetsc.edu.br)

# PROGRAMAÇÃO



Aula	Data	Conteúdo
1	07/11	Correção da avaliação, blocos-padrão, calibradores, verificadores, goniômetro
2	14/11	<b>Relógio comparador, rugosidade</b>
3	21/11	Tolerância (dimensional e geométrica)
4	28/11	GT: blocos-padrão, relógio comparador, rugosímetro
5	05/12	Trabalhos práticos
6	12/12	Apresentação dos trabalhos práticos
7	19/12	Recuperação

# SUMÁRIO



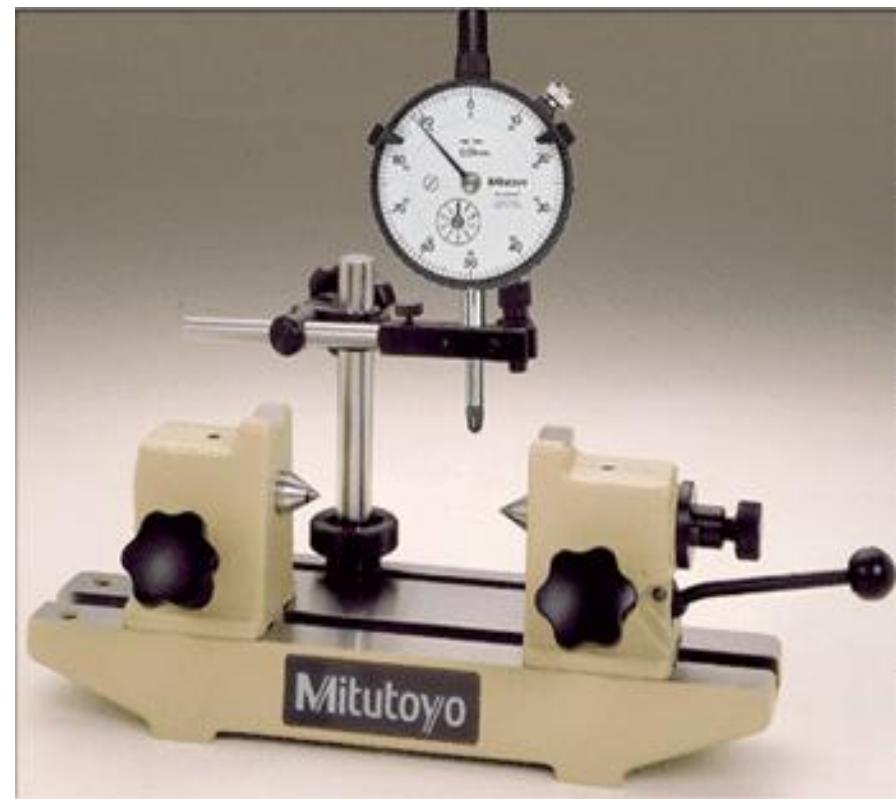
- Relógio comparador
  - *Nomenclatura*
  - *Resolução*
  - *Princípio de funcionamento*
  - *Medição com relógio comparador*
  - *Recomendações e cuidados*
  - *Exercícios*
- Rugosidade
  - *Definição*
  - *Parâmetros*
  - *Representação no desenho técnico*
  - *Exercícios*

# RELÓGIO COMPARADOR



## Introdução

- Instrumento de medição
- Transforma deslocamentos
  - *lineares de um fuso móvel por meios mecânicos*
  - *em deslocamentos circulares de um ponteiro*
  - *Que se move sobre um mostrador com graduação uniforme circular em 360°*
- Múltiplas aplicações
- Sempre acoplado a algum meio de fixação e posicionamento
  - *Mesas de medição*
  - *Suporte de contrapontas*
  - *Dispositivos especiais*



# RELÓGIO COMPARADOR



## Nomenclatura básica



# RELÓGIO COMPARADOR



## Resolução

- Ligada ao grau de ampliação do deslocamento da ponta
- Uma volta completa ( $360^\circ$ ) corresponde a um certo movimento do fuso
- Esta volta é subdividida em frações iguais (valor de leitura do relógio)
- Relógio centesimal ( $0,01\text{ mm}$ ):
  - *1 mm de deslocamento do fuso = 1 volta do ponteiro (o mostrador é dividido em 100 partes iguais)*
  - *Portanto, cada divisão =  $0,01\text{ mm}$*
  - *Obs.: ponteiro menor = contador de voltas (para deslocamento do fuso maior que 1 mm)*

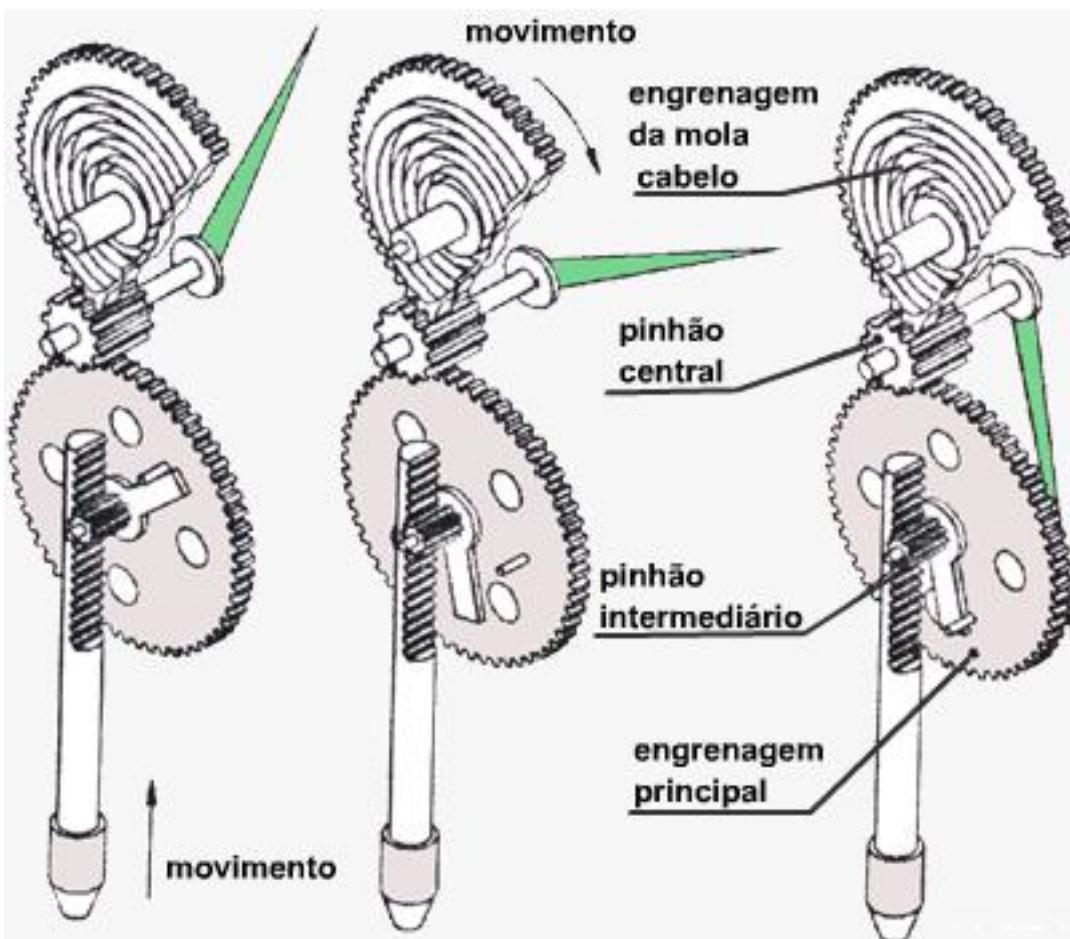


# RELÓGIO COMPARADOR



## Princípio de funcionamento

1. Fuso (que entra em contato com a peça) possui uma cremalheira
2. Cremalheira aciona um pinhão com a engrenagem principal
3. Engrenagem principal aciona pinhão central (onde é montado o ponteiro principal)
4. Engrenagem da mola cabelo elimina folgas de engrenamento

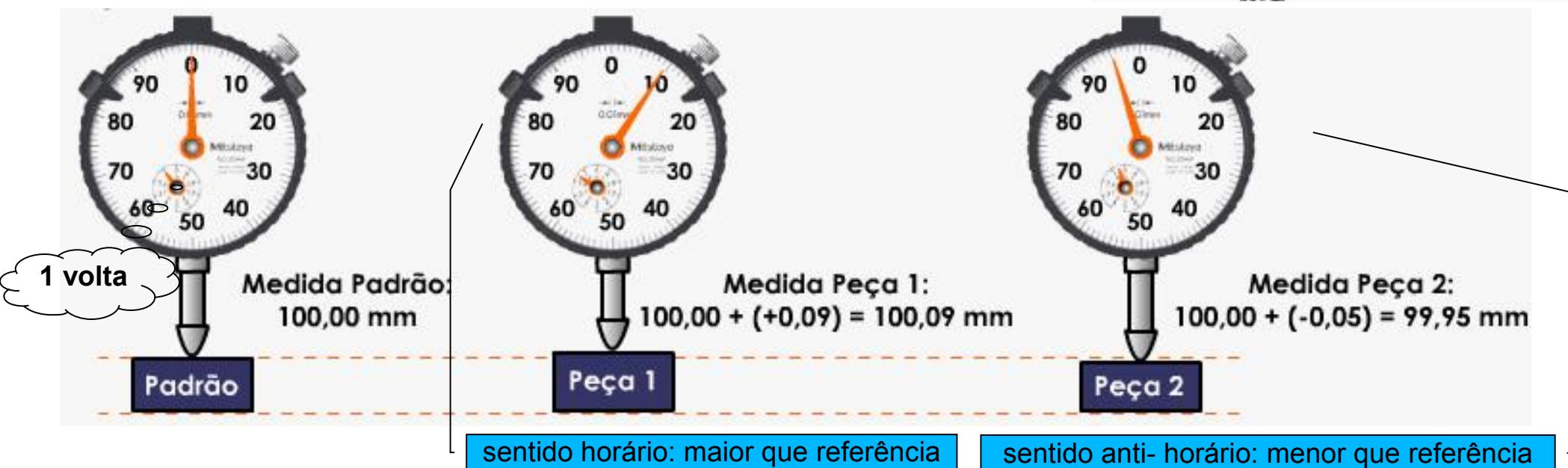


# RELÓGIO COMPARADOR



## Medição com relógio comparador

1. Ajuste do zero (referência)
2. Substituir referência pela peça
3. Diferença = medida efetiva



# RELÓGIO COMPARADOR



## Recomendações e cuidados

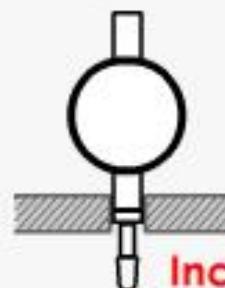
Para que as medições realizadas por você, utilizando o relógio comparador apresentem resultados confiáveis, é necessário que você tome alguns cuidados:

- Selecione o relógio comparador mais adequado para atender plenamente os requerimentos de medição pretendida (tamanho, curso, leitura e tipo);
- Calibre o relógio comparador num laboratório de calibração;
- Não exponha o instrumento diretamente à luz do sol;
- Evite o erro de paralaxe olhando o mostrador do relógio na posição frontal.

Lembre-se que deve olhar primeiramente o ponteiro menor (contador de voltas) e a seguir, o maior;



- Para fixar o relógio pelo canhão, introduza-o tanto quanto for possível;



- Tome providências para montar o relógio sempre em posição perpendicular à base de referência isso evitara erros de leitura;

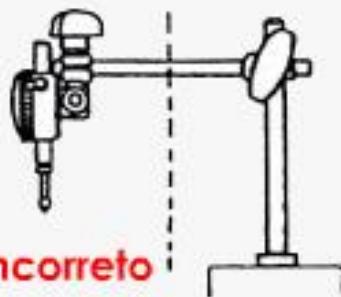


# RELÓGIO COMPARADOR



## Recomendações e cuidados

- Use base rígida para montar o relógio e procure sempre deixá-lo o mais próximo possível da coluna e da base. Isso evitará erros devido à flexão do suporte;



**Incorreto**



**Correto**

- Após o uso, limpe as sujeiras e marcas deixadas pelos dedos no manuseio. Use um pano macio e seco;



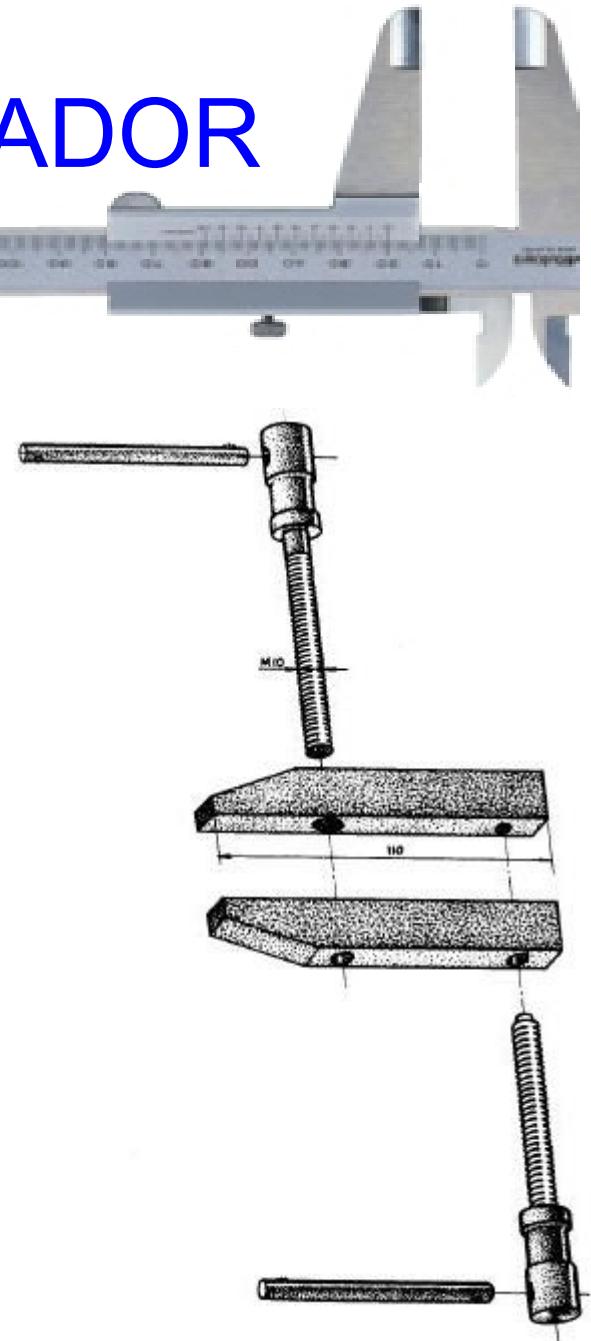
- Proteja o relógio ao guardar por longos períodos. Usando um pano macio embebido em óleo fino anti-ferrugem, aplique suavemente uma camada bem fina e uniforme em todas as faces, exceto no visor, fuso e pontas de metal duro;
- Selecione a ponta de contato que melhor se adapte ao lugar da medição;
- Substitua oportunamente a ponta gasta;
- Proteja o relógio de impactos ou forças excessivas. Não deixe o instrumento na beira da mesa ou em lugares onde por descuido possa ser derrubado. Isso poderá danificá-lo seriamente;
- Não levante o fuso com a mão, use a alavanca apropriada. Isso evitará sujeiras e a possibilidade de alterar a posição do relógio;
- Guarde-o em ambiente seco e limpo;
- Guarde-o sempre em seu estojo.

# RELÓGIO COMPARADOR

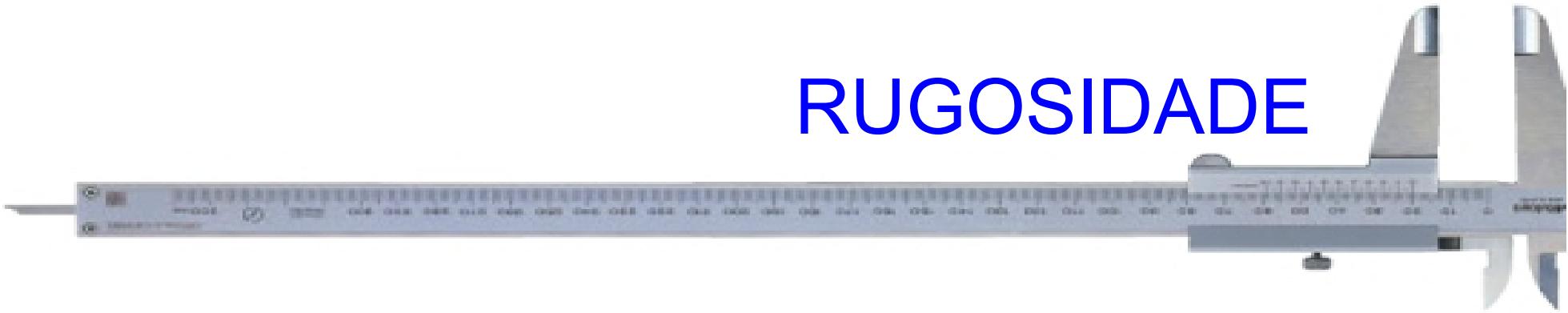


## Exercícios

1. Leitura do relógio comparador (Mitutoyo)
2. Medição por comparação com referência
  - a. Comparar largura das garras do grampo paralelo
  - c. Comparar comprimento de parafusos
4. Medição por comparação com blocos-padrão
  - a. Medir espessura do verificador de furos e roscas

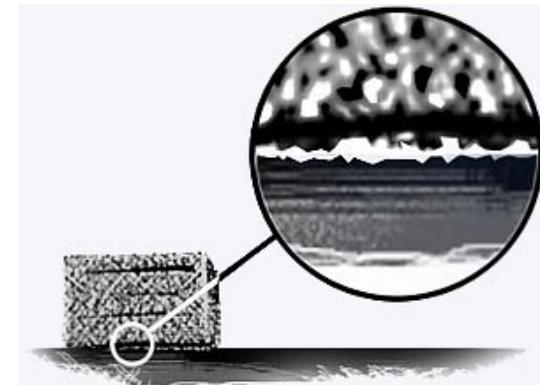


# RUGOSIDADE

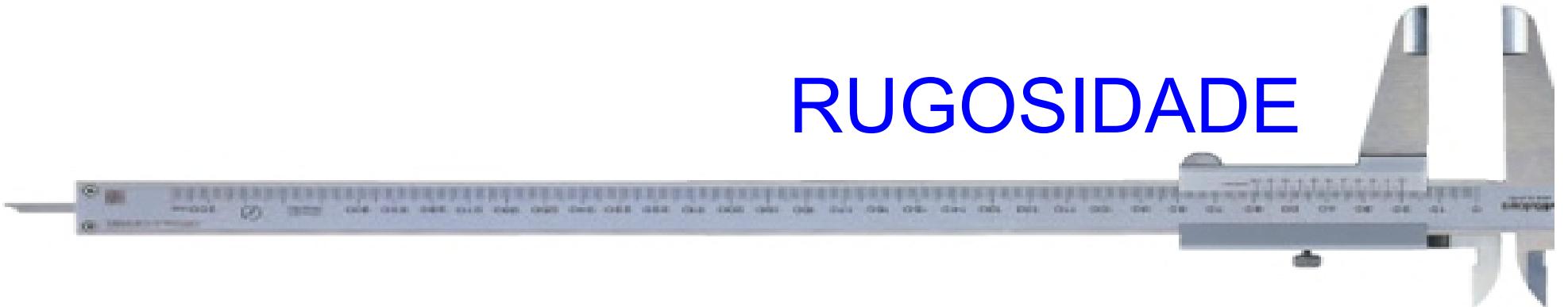


## Definição

- É o conjunto de irregularidades, isto é, pequenas saliências e reentrâncias que caracterizam uma superfície.
- Importância para comportamentos dos componentes mecânicos:
  - qualidade de deslizamento;
  - resistência ao desgaste;
  - possibilidade de ajuste do acoplamento forçado;
  - resistência oferecida pela superfície ao escoamento de fluidos e lubrificantes;
  - qualidade de aderência que a estrutura oferece às camadas protetoras;
  - resistência à corrosão e à fadiga;
  - vedação;
  - aparência.

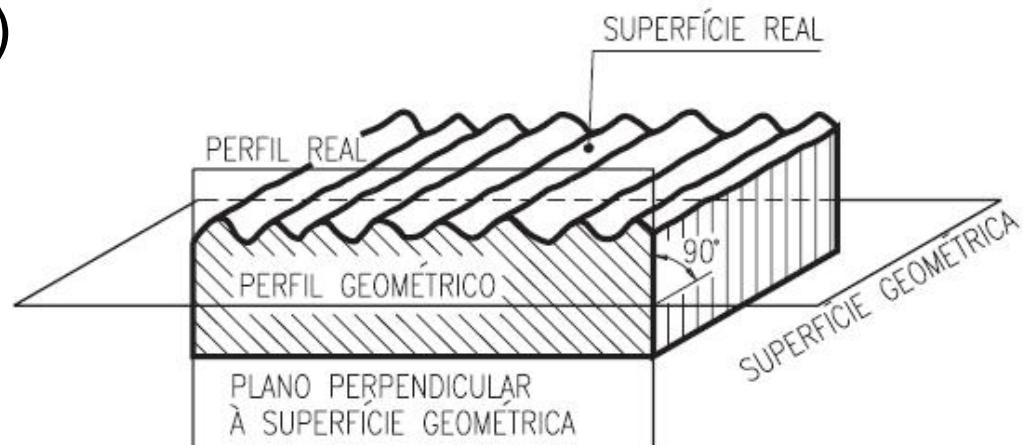


# RUGOSIDADE



## Conceitos básicos (NBR 6405/1988)

- Superfície geométrica (perfeita)
- Superfície real
- Superfície efetiva (medida)
- Perfil geométrico
- Perfil real
- Perfil efetivo (com ondulações)
- Perfil de rugosidade (sem ondulações)
- Ondulações (processo)

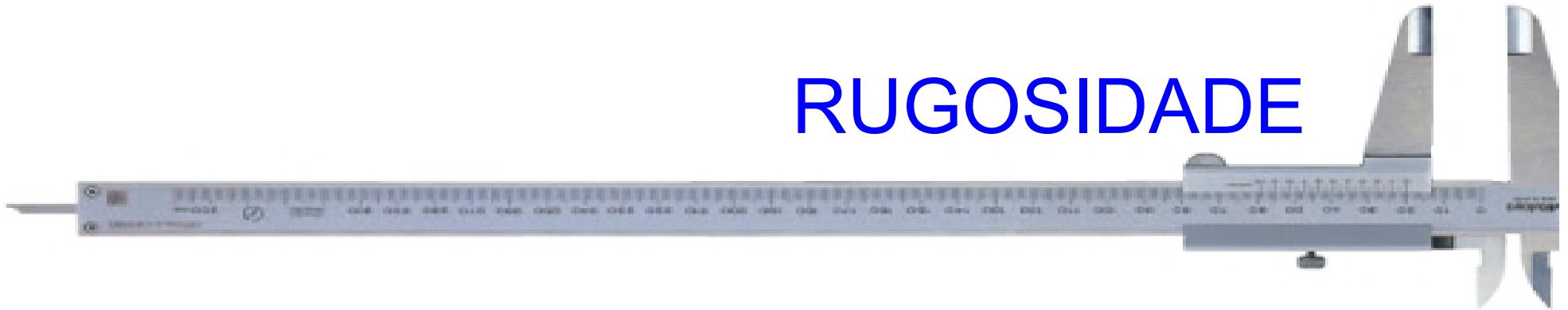


Perfil real, cortado por um plano perpendicular.

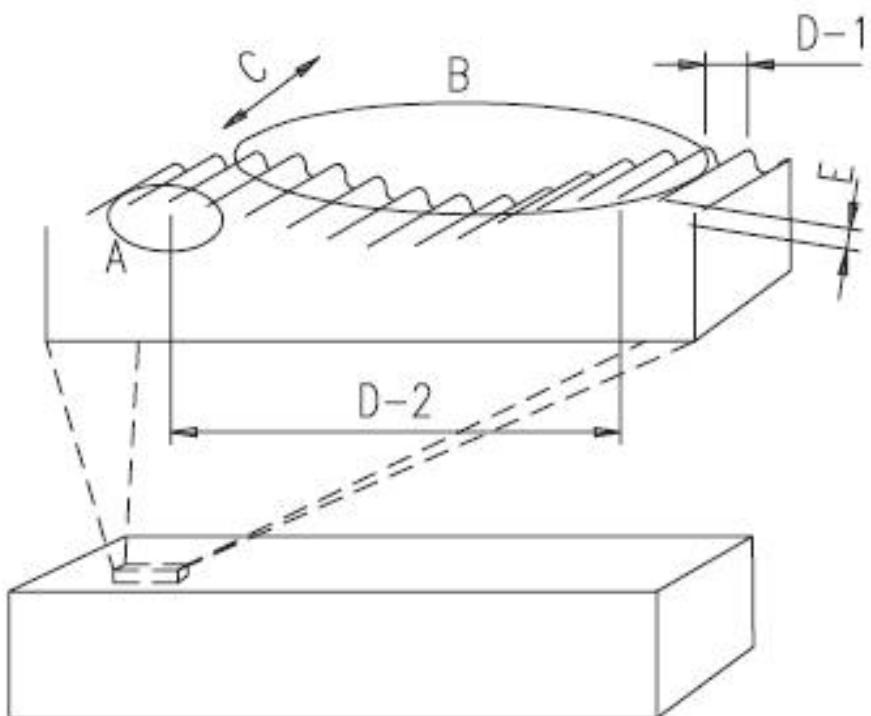


Perfil de rugosidade (após filtragem da ondulação).

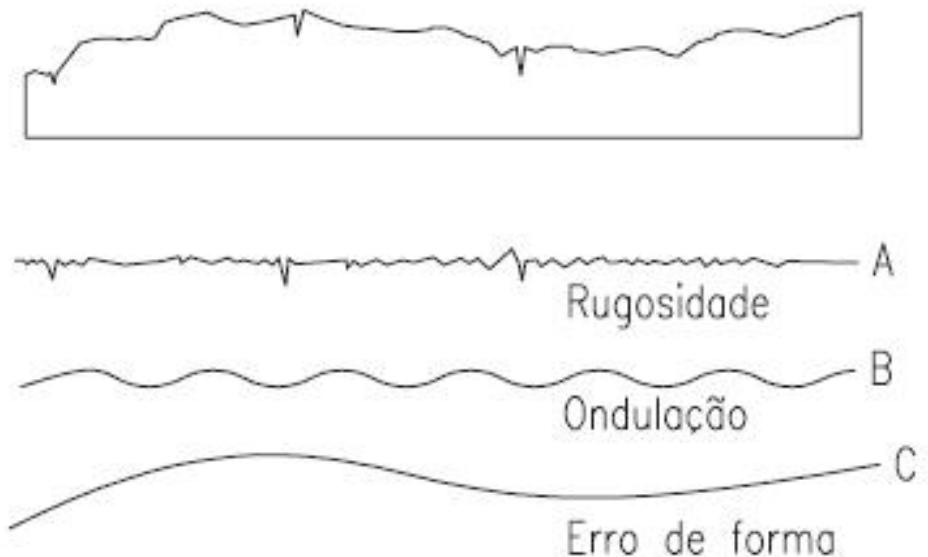
# RUGOSIDADE



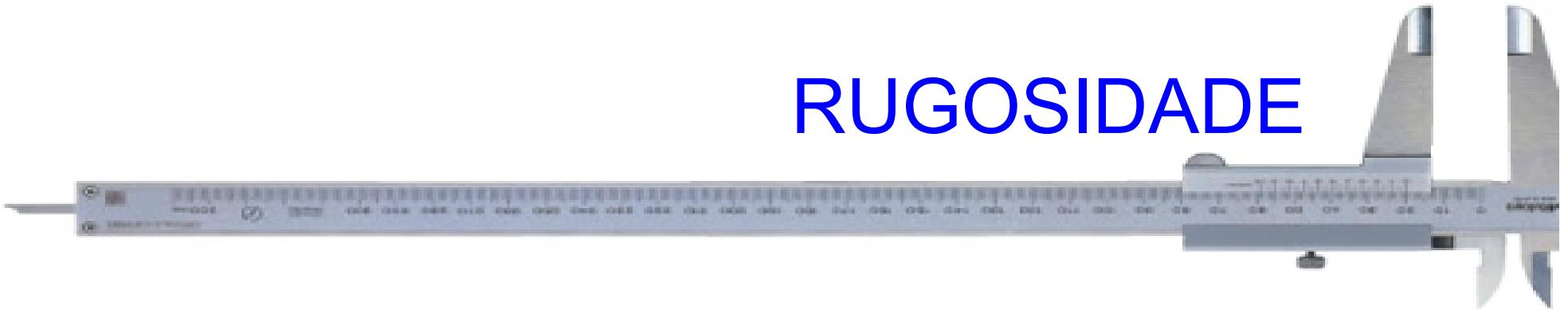
Elementos que compõem a superfície



Elementos que compõe a superfície.

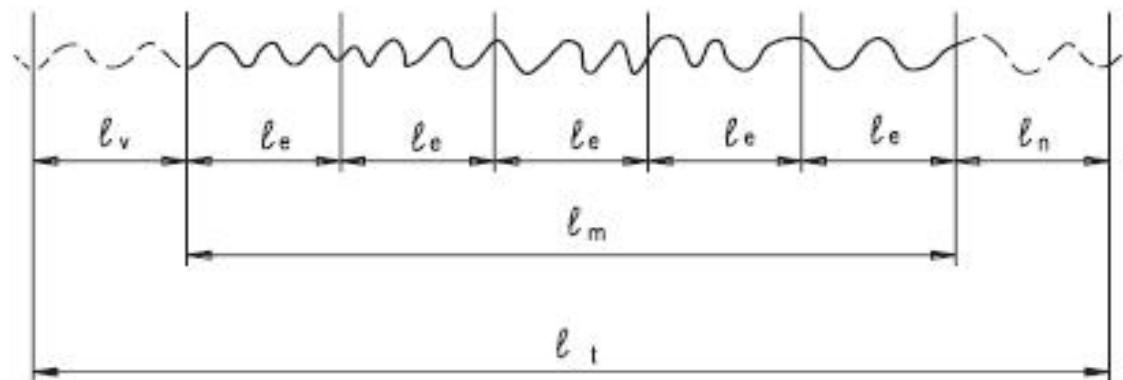


# RUGOSIDADE



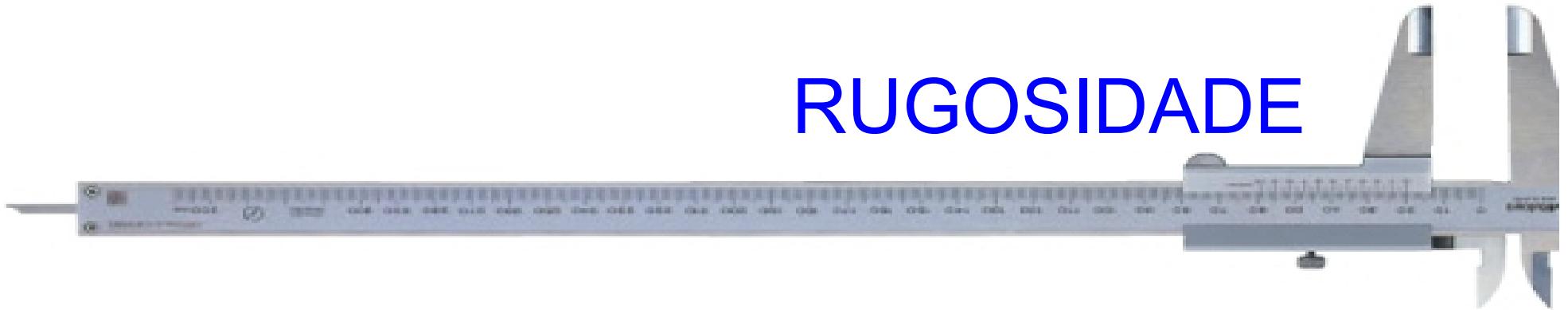
## Comprimento de amostragem (*cut off*)

- $l_m$  – comprimento de avaliação
- $l_e$  – comprimento de amostragem
- $l_t$  – distância percorrida pelo apalpador =  $(5 \times l_e) + l_v + l_n$
- $l_v$  – distância para atingir a velocidade de medição
- $l_n$  – distância para parada do apalpador
- recomendação ISO: rugosímetros devem medir 5 comprimentos de amostragem e indicar valor médio



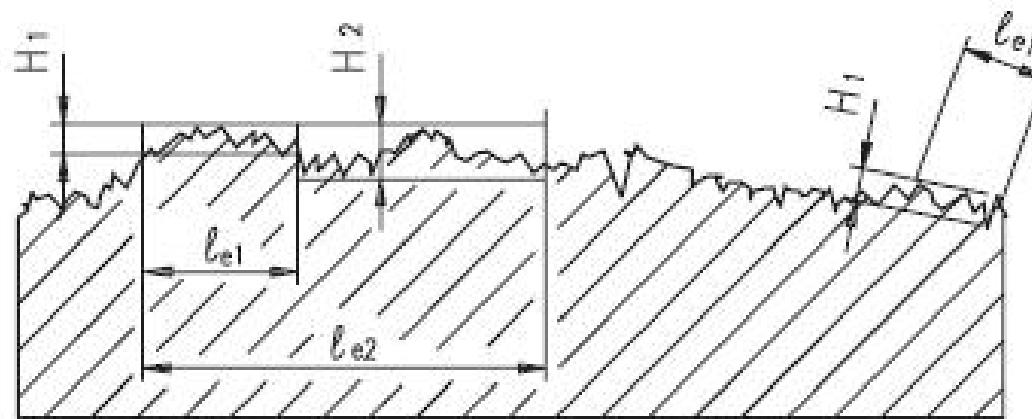
Comprimentos para avaliação de rugosidade.

# RUGOSIDADE



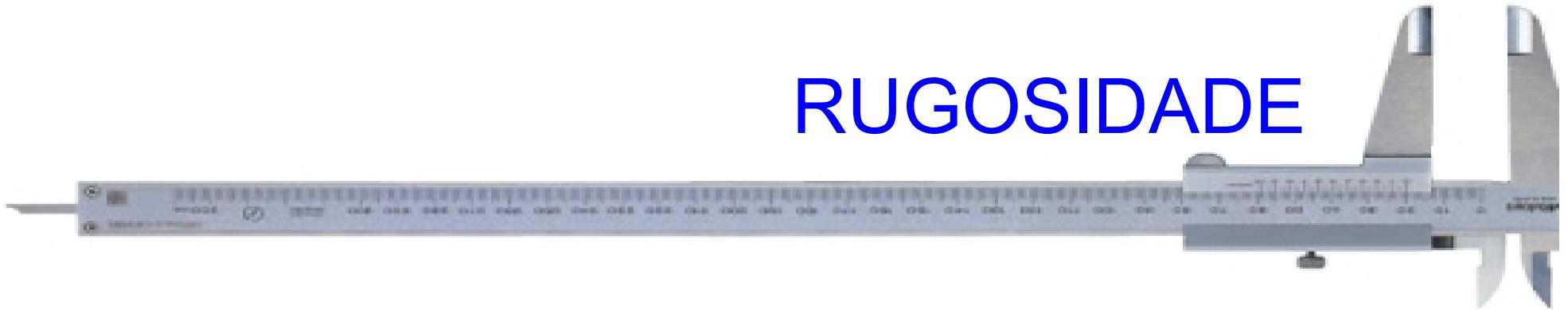
## Comprimento de amostragem (*cut off*)

- $l_e$  – comprimento de amostragem: filtra ondulação
- A rugosidade  $H_2$  é maior, pois  $l_{e2}$  incorpora ondulação.
- A rugosidade  $H_1$  é menor, pois, como o comprimento  $l_{e1}$  é menor, ele filtra a ondulação.



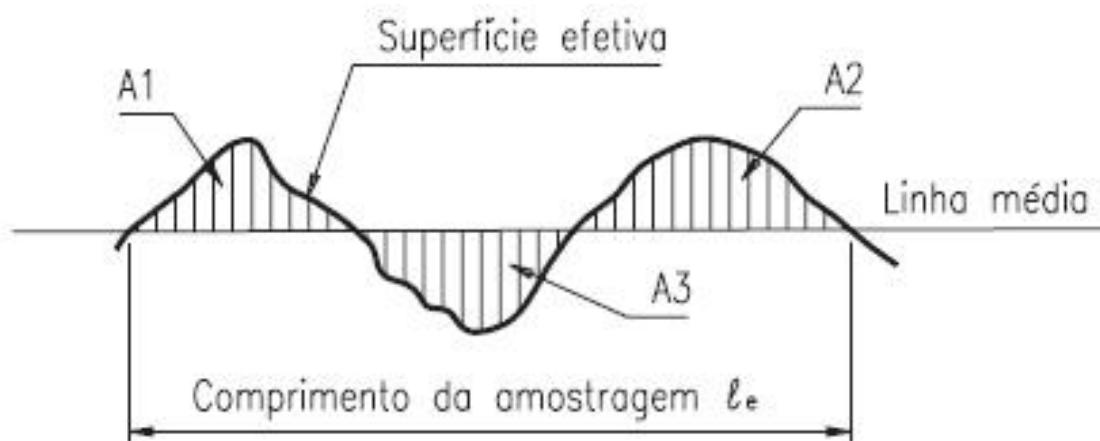
Rugosidade e ondulação

# RUGOSIDADE

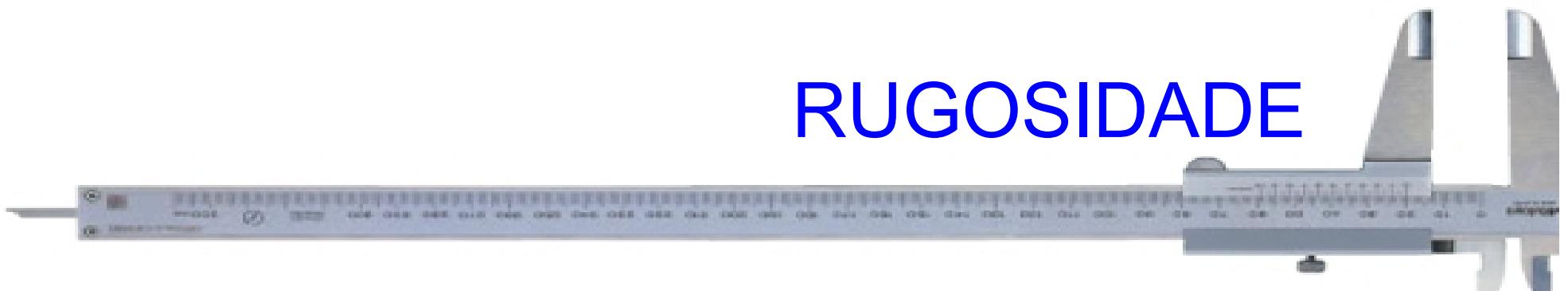


## Sistema de medição da rugosidade superficial

- linha média M - mais utilizado (adotado no Brasil - pelas Normas ABNT NBR 6405/1988 e NBR 8404/1984)
- $A_1 + A_2 = A_3$

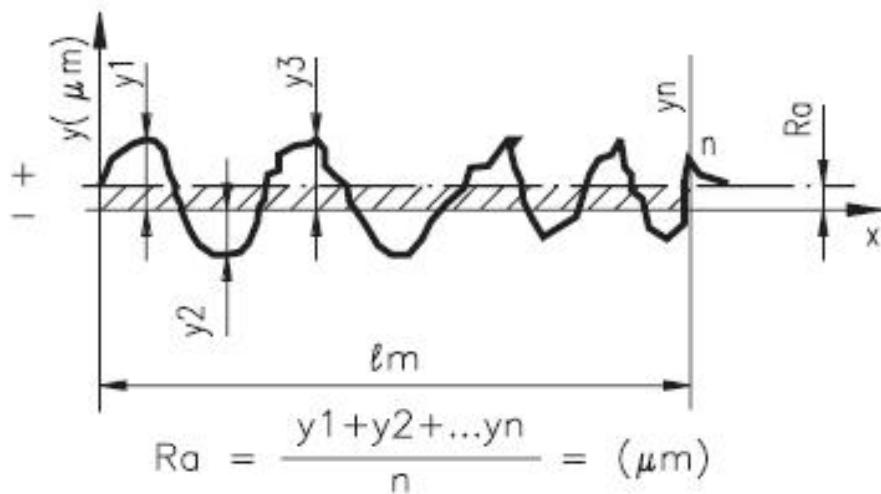


# RUGOSIDADE



## Parâmetros de rugosidade

- Rugosidade média ( $R_a$  – Roughness average): média aritmética
  - + mais utilizado
  - média alterada por pico ou vale atípicos

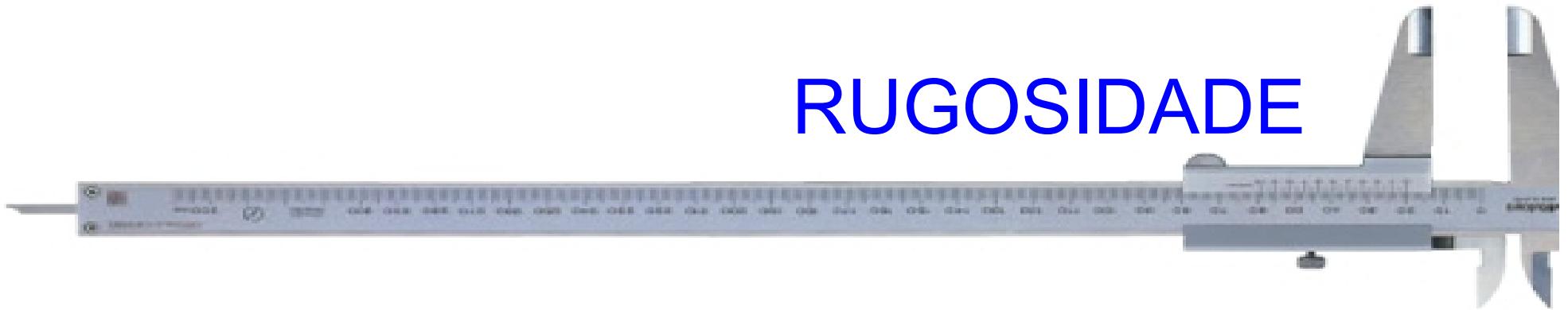


Grupos de rugosidades	▽	▽▽	▽▽▽	▽▽▽▽								
Rugosidade máxima valores em $R_a(\mu\text{m})$	50	6,3	0,8	0,1								
Classes de rugosidade (GRADE)	N12	N11	N10	N9	N8	N7	N6	N5	N4	N3	N2	N1
Rugosidade máxima valores em $R_a(\mu\text{m})$	50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,05	0,025

Informações sobre os resultados de usinagem												
Serrar												
Limar												
Plainar												
Tornear												
Furar												
Rebaixar												
Alargar												
Fresar												
Brochar												
Raspar												
Retificar(frontal)												
Retificar(lateral)												
Alisar												
Superfinish												
Lapidar												
Polir												

Faixa para um desbaste superior  
Rugosidade realizável com usinagem comum  
Rugosidade realizável com cuidados e métodos especiais

# RUGOSIDADE

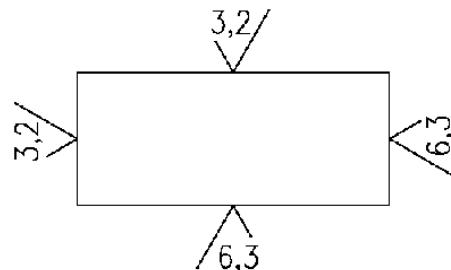


## Representação no desenho técnico

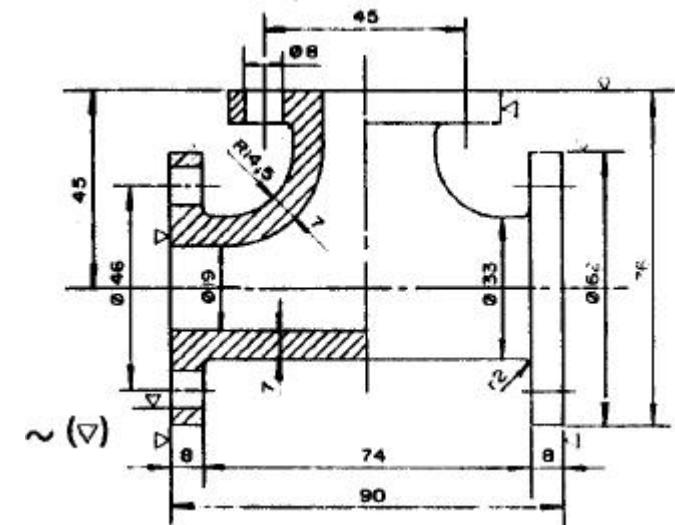
- Símbolos

SÍMBOLOS COM INDICAÇÃO DA CARACTERÍSTICA PRINCIPAL DA RUGOSIDADE, RA			
SÍMBOLO		SIGNIFICADO	
A remoção do material é:			
facultativa	exigida		
$3,2/\checkmark$ ou $\checkmark$	$3,2/\checkmark$ ou $\checkmark$	Superfície com rugosidade de valor máximo Ra=3,2mm.	
$6,3 \quad N9$ $1,6/\checkmark$ ou $\checkmark$	$6,3 \quad N9$ $1,6/\checkmark$ ou $\checkmark$	Superfície com rugosidade de valor máximo Ra=6,3mm e mínimo Ra = 1,6 mm.	

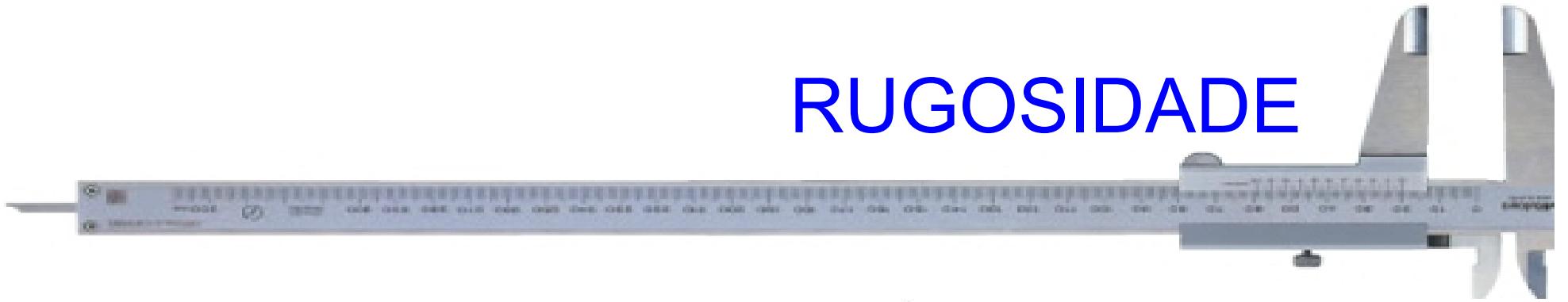
- Regras de cotagem



- Exemplo

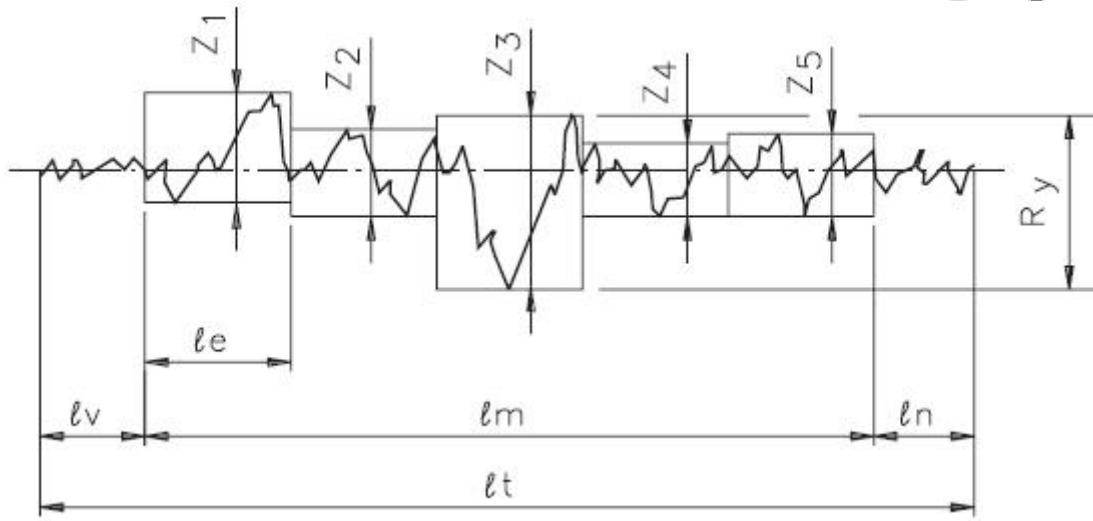
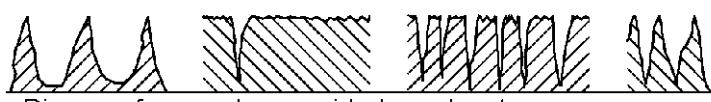


# RUGOSIDADE

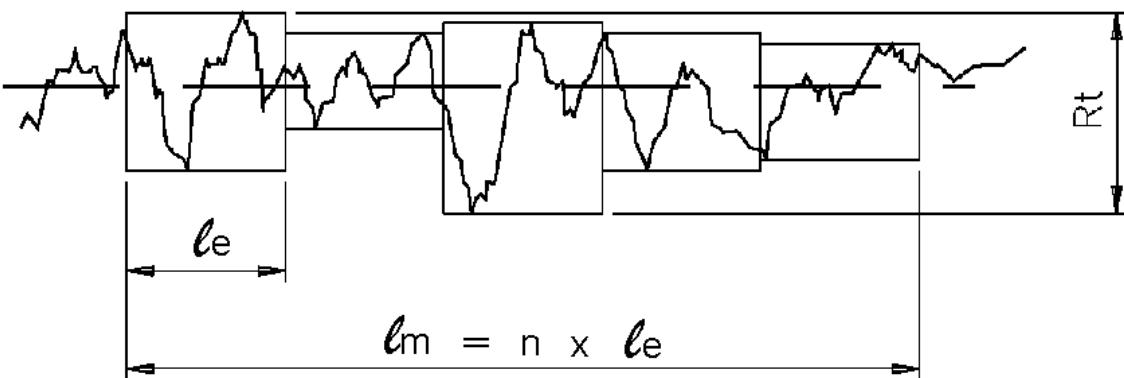


## Parâmetros de rugosidade

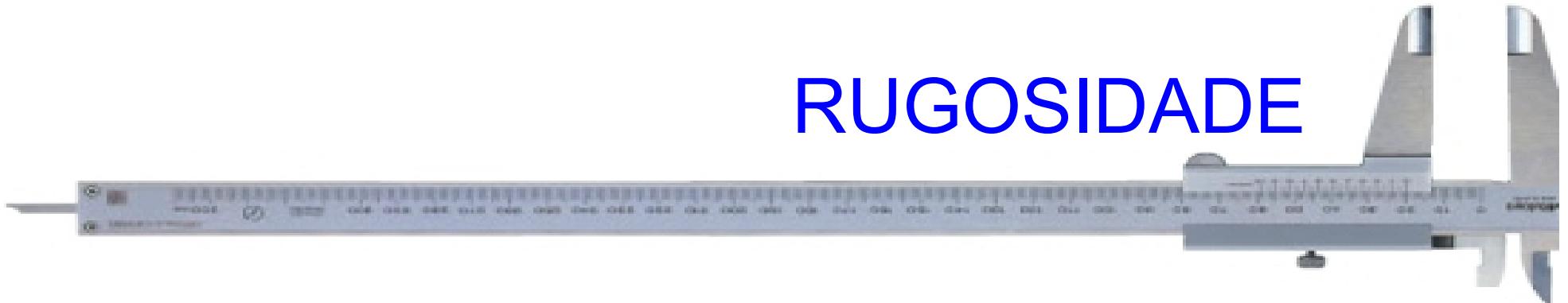
- Rugosidade máxima ( $R_y$ )
  - + informa máxima rugosidade
  - aparelhos de medição, erros não representativos



- Rugosidade total ( $R_t$ ): distância vertical entre pico mais alto e vale mais baixo
  - + considera  $l_m$
  - rigidez de avaliação



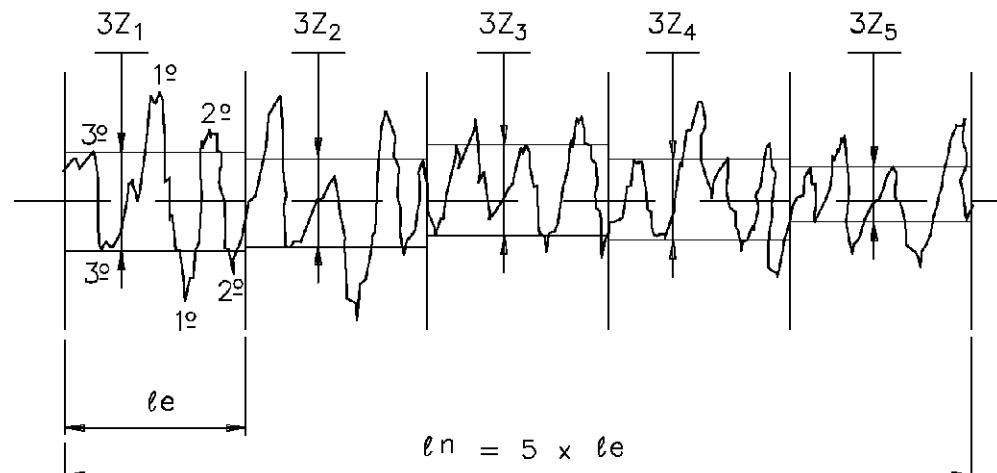
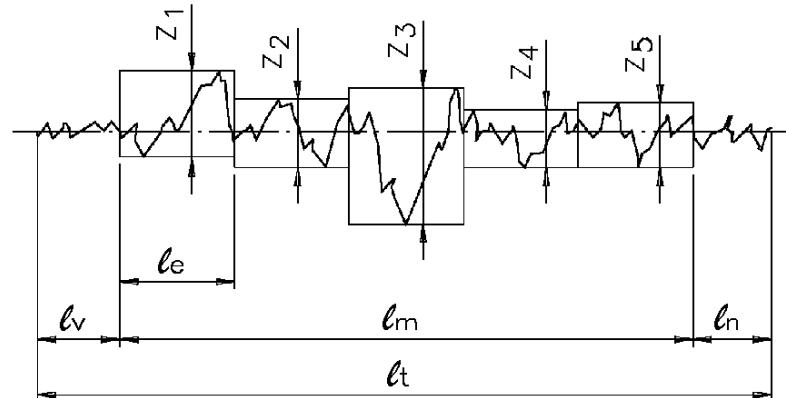
# RUGOSIDADE



## Parâmetros de rugosidade

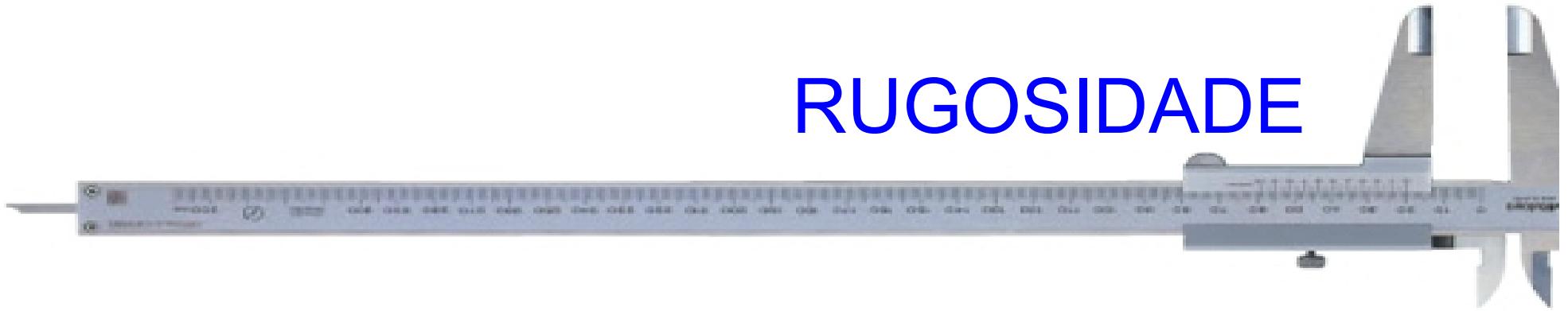
- Rugosidade média ( $R_z$ ): média aritmética dos cinco valores parciais
  - + informa distribuição média vertical
  - pontos isolados podem mascarar o resultado
  
- Rugosidade média do terceiro pico e vale ( $R_{3z}$ )
  - + desconsidera pontos não representativos
  - não possibilita informações sobre o perfil

$$R_z = \frac{Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5}{5}$$



$$R_{3z} = \frac{3Z_1 + 3Z_2 + 3Z_3 + 3Z_4 + 3Z_5}{5}$$

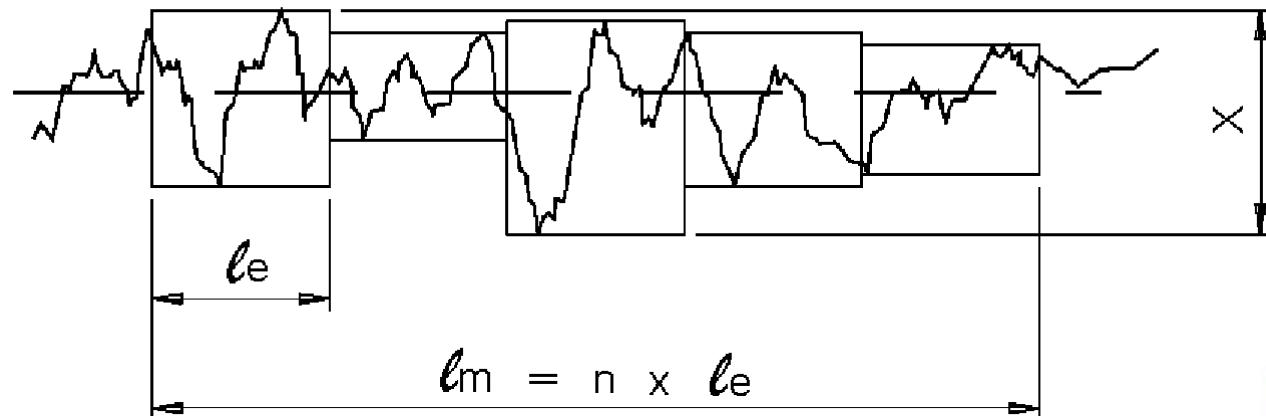
# RUGOSIDADE



## Exercício

1. A cota representada com X na figura abaixo corresponde a

- a) ( )  $R_y$
- b) ( )  $R_{3z}$
- c) ( )  $R_a$
- d) ( )  $R_t$



8. Utilizar o rugosímetro para medir a rugosidade de algumas peças

