

# Retificação



**. Após conhecer operações de usinagem executadas em fresadora, furadeira, torno, entre outras, seguimos para processo de USINAGEM POR ABRASÃO.**

**Um destes processos é a RETIFICAÇÃO numa máquina-ferramenta chamada RETIFICADORA. Esta é uma máquina utilizada para dar ACABAMENTO FINO e EXATIDÃO às dimensões das peças;**

**Geralmente, posterior ao torneamento e ao fresamento pois melhor acabamento superficial.**

**O SOBREMETAL deixado para o processo de retificação é de 0,2 a 0,5 mm, porque a retificadora é uma máquina de custo elevado e seu emprego encarece o produto.**

**Quando o objetivo é produzir com dimensão exata e menos rugosidade da superfície, recomenda-se, após a fresagem, o torneamento e a furação, RETIFICA-LAS;**

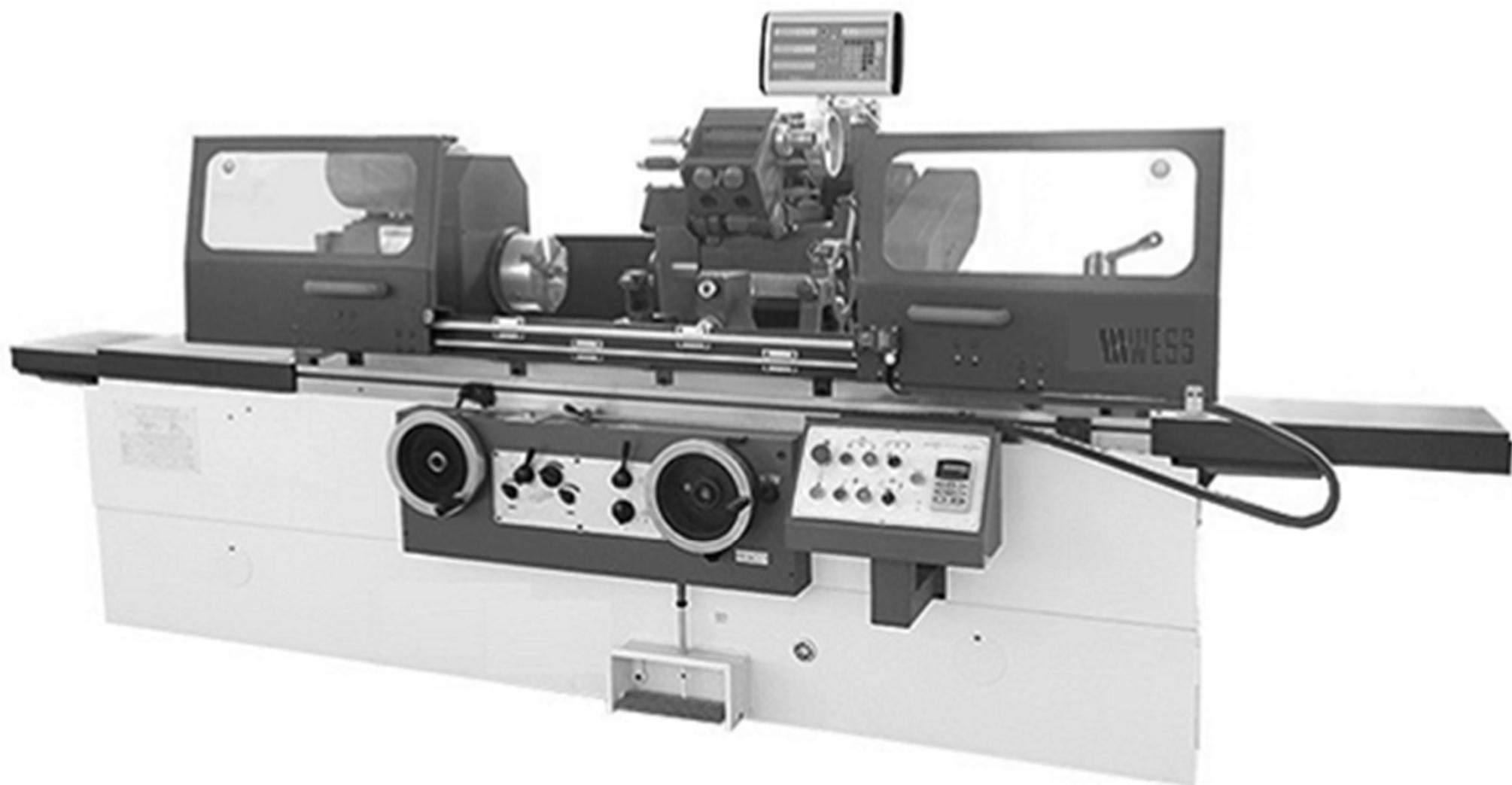
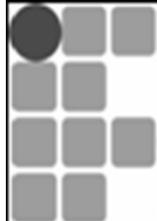
**As primeiras operações mecanizadas de retificação (cilíndrica) foram realizadas com adaptações em tornos mecânicos, com aplicação de cabeçotes porta-rebolos sobre tornos mecânicos paralelos.**

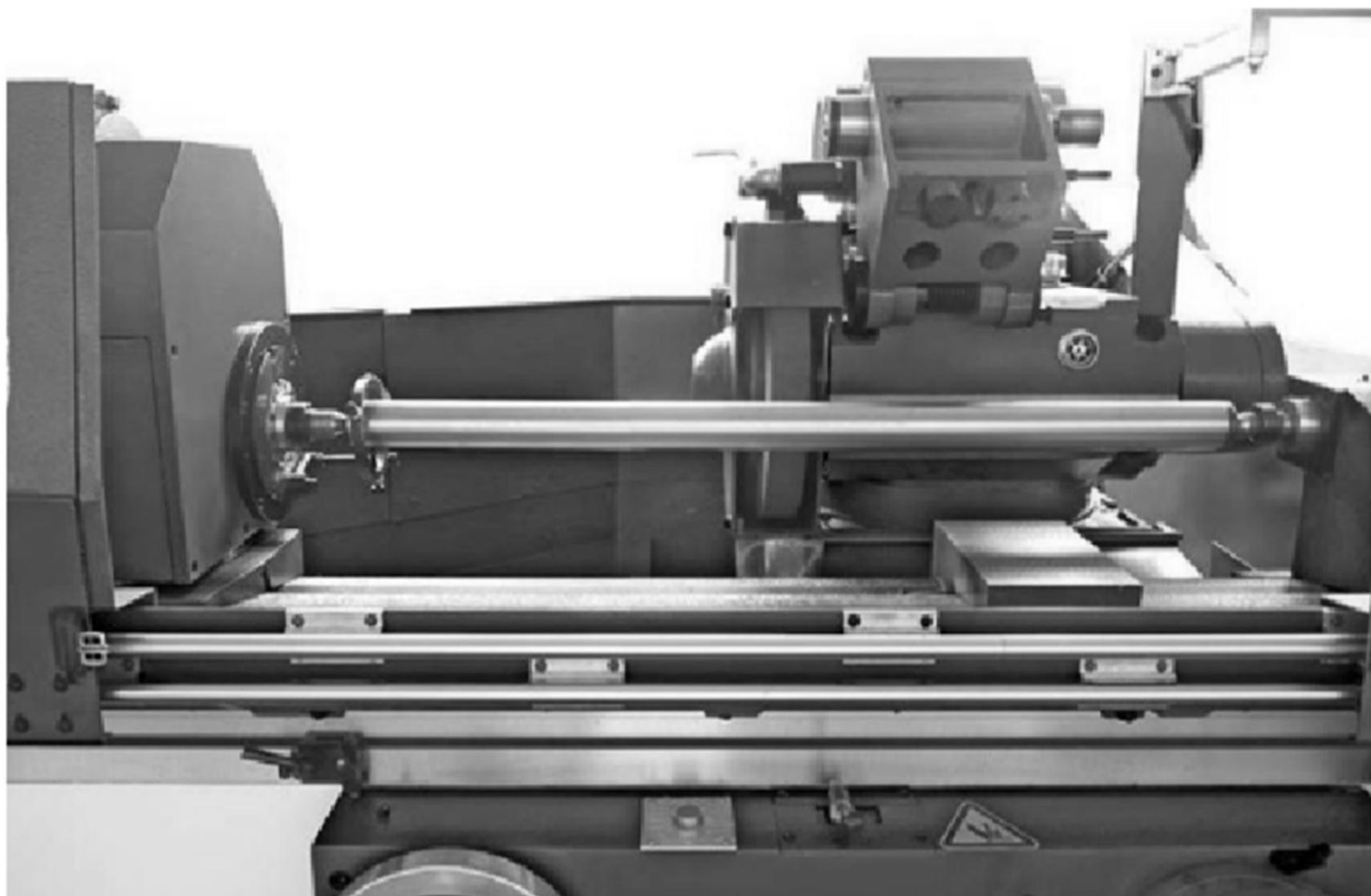
- A primeira retificadora foi construída em 1860, nos Estados Unidos, pela empresa Norton Emery Company.**

- **Só em 1875, que as retificadoras passaram a ser comercializadas pela empresa Brown & Sharpe, dos Estados Unidos;**
- **Em 1876, a maquina já havia sido exposta em uma feira industrial em Paris;**
- **Em 1877, a empresa conseguiu a patente do equipamento;**

**Sec. XX, as retificas cilíndricas foram modernizando.**

- **Substituição da máquina a vapor central por motores elétricos individuais para cada máquina.**
- **Depois da Segunda Guerra Mundial, as retificadoras passaram a ter sistemas óleo-hidráulicos para o movimento da mesa e dos avanços.**
- **Incorporação de controles eletrônicos, inclusive com aparelhos de medição da peça durante o próprio processo de retificação.**
- **Adoção do CNC para o comando e controle das retificadoras cilíndricas.**





## RETIFICAÇÃO

- É uma usinagem por abrasão que consiste em corrigir irregularidades das superfícies de uma peça.
- Permite a obtenção de tolerâncias justas e de baixas rugosidades.
- É um processo que possui uma baixa capacidade de remoção de cavaco.
- A retificação é um processo de acabamento e, geralmente, é o último processo de usinagem realizado na maioria das peças.
- A ferramenta utilizada no processo de retificação é o rebolo, formado a partir de grãos abrasivos e um aglutinante ou ligante.

## OBJETIVOS

**Os principais objetivos desta operação são:**

- ✓ - Reduzir rugosidades ou saliências e rebaixos de superfícies usinadas com máquina-ferramenta, tais como furadeira, torno, plaina, fresadora, entre outras;
- ✓ - Obter um acabamento apertado (entre IT4 e IT6);
- ✓ - Gerar peças com maior exatidão de medidas;
- ✓ - Corrigir pequenas deformações causadas por processos de tratamentos térmicos;
- ✓ - Remover finas camadas de material endurecido por têmpera, cementação ou nitretação.

## CLASSIFICAÇÃO

- ✓ Conforme a dureza do **MATERIAL** a ser usinado
- ✓ Conforme a **SUPERFÍCIE** a ser usinada
- ✓ Conforme o **PROCESSO** de usinada

## CLASSIFICAÇÃO

**Conforme a dureza do MATERIAL a ser usinado:**

A retificação realizada antes do tratamento térmico  
“Retificação Mole ou Verde”,

A retificação realizada após do tratamento térmico  
“Retificação dura”

## CLASSIFICAÇÃO

Conforme a **SUPERFÍCIE** a ser usinada

- 1. Retificação cilíndrica**
- 2. Retificação plana**

## CLASSIFICAÇÃO

Conforme o **PROCESSO** de usinada

1. Retificação cilíndrica
2. Retificação sem centros (**CENTER LESS**)
3. Retificação plana

## **Retificação cilíndrica**

### **Cilíndrica externa**

**Avanço (avanço radial)**

**Passagem (avanço longitudinal)**

### **Cilíndrica interna**

**Avanço (avanço radial)**

**Passagem (avanço longitudinal)**

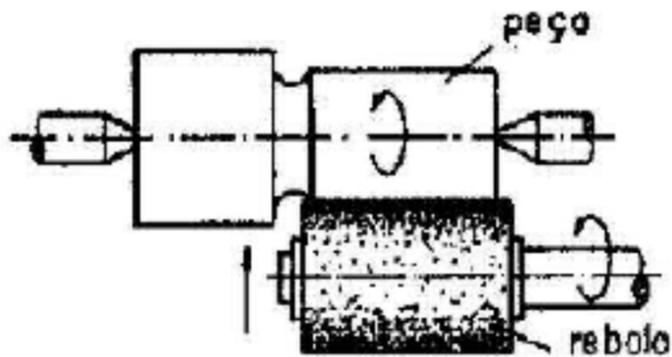
## Retificação cilíndrica

Normalmente a retífica de passagem é utilizada quando se deseja um melhor acabamento, já para uma melhor produtividade é utilizada a retífica de avanço

O avanço é medido pela unidade de comprimento por unidade de tempo ou em unidades de comprimento por revolução

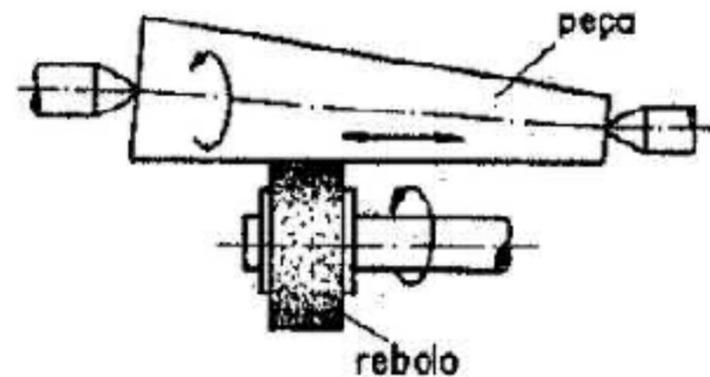
## Cilíndrica externa

Avanço (avanço radial)



- Retif. cilíndrica externa  
com avanço radial

Passagem (avanço longitudinal)



- Retif. cônica externa com  
avanço longitudinal

## **Cilíndrica externa**

- ✓ Caracterizam-se por pequena área de contato, menor tempo de contato, entre o rebolo e a peça obra, menor geração de calor, e velocidades periféricas mais elevadas.

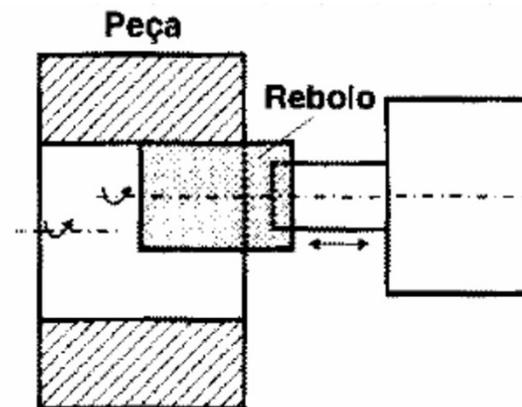
## Retificação Cilíndrica interna

✓ Caracteriza-se por grande área de contato entre o rebolo e peça obra.

Avanço (avanço radial)



Passagem (avanço longitudinal)

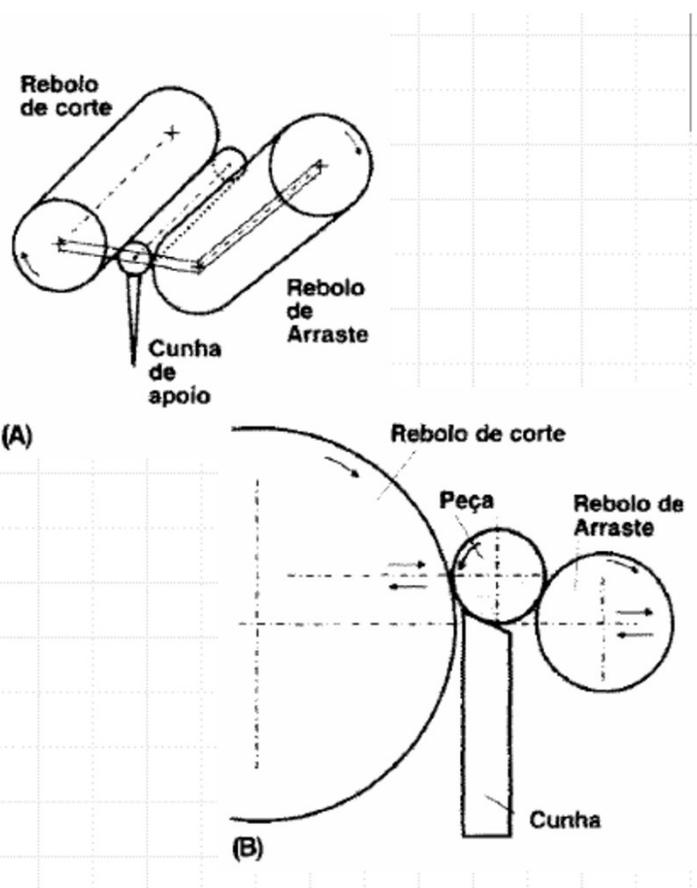


## **Retificação sem centros (CENTER LESS)**

### **Retificação sem centros (CENTER LESS)**

Na retificação sem centros ou center less a peça é apoiada sobre uma lâmina de descanso e fica entre um rebolo de corte e outro rebolo de arraste. O rebolo de corte força a peça para baixo, contra a lâmina e contra o rebolo de arraste, já o rebolo de arraste normalmente é um rebolo com ligação de borracha. Baseia-se na aplicação de grandes pressões de trabalho e, como conseqüência, os rebolos são submetidos a grandes esforços, tanto tangenciais como radiais.

## Retificação sem centros (CENTER LESS)

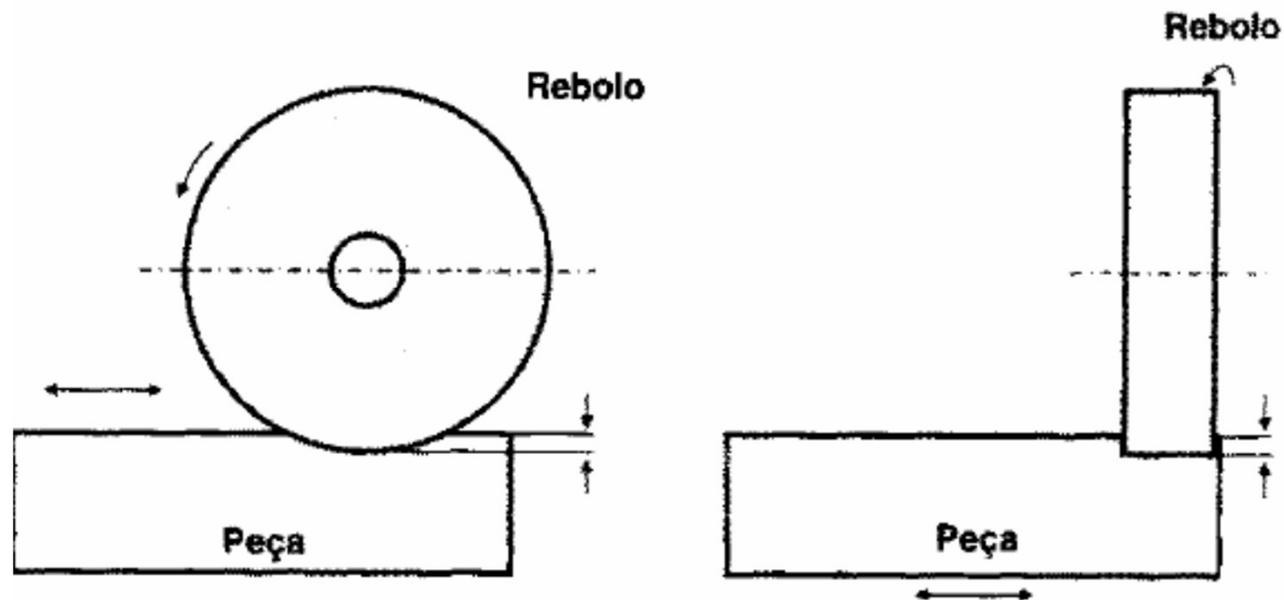


## Retificação Plana

**Na retificação plana o rebolo gira em torno de um eixo que pode ser horizontal ou vertical, gerando a retificação plana tangencial e frontal**

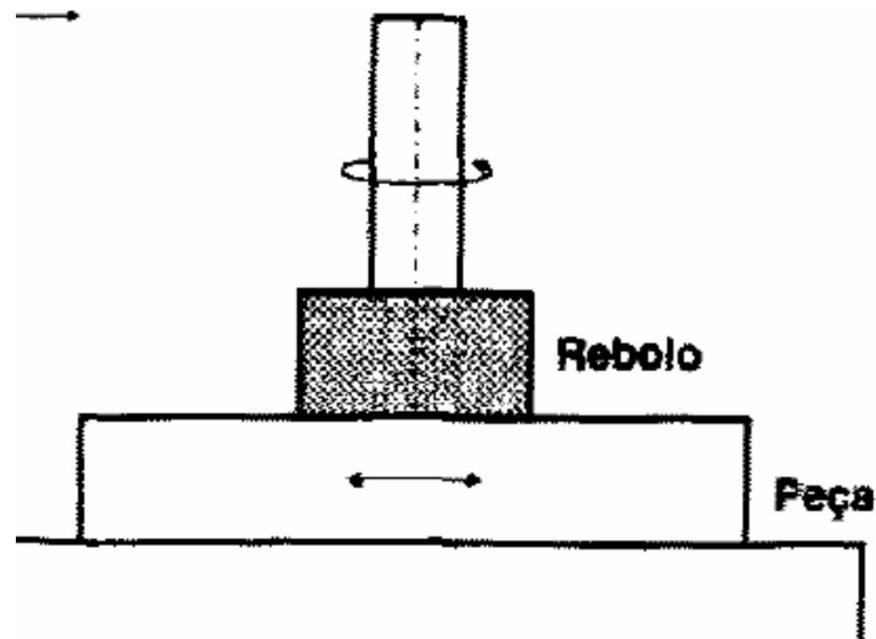
## Retificação Plana Tangencial

- o eixo do rebolo é paralelo a superfície da peça



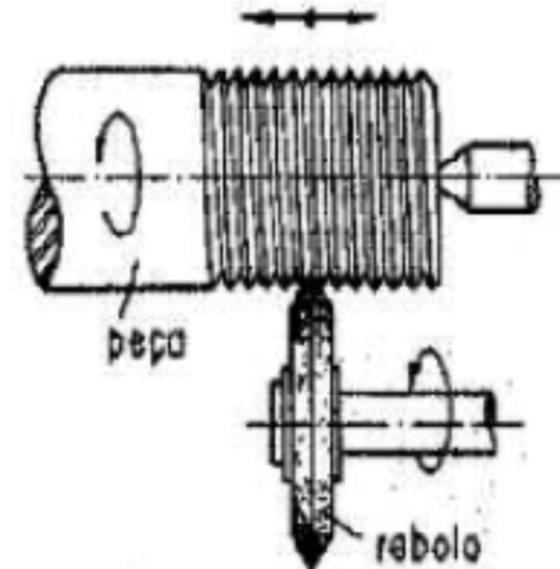
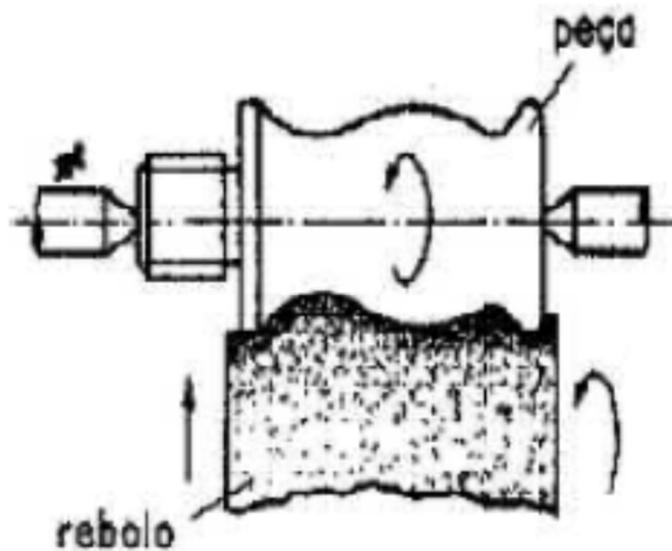
## Retificação Plana Frontal

- o eixo do rebolo é perpendicular a superfície a ser retificada



## Retificação de Perfis

- Neste processo de retificação o formato da superfície a ser usinada é um perfil determinado pelo perfil do rebolo



## Principais Tipos de Processos de Retificação

Retificação	Cilíndrica externa	Cilíndrica interna	Plana	Circular
Periférica transversal				
Periférica longitudinal				
Lateral transversal				
Lateral longitudinal				

## PROCESSO DE RETIFICAÇÃO

### Parâmetros de Retificação

#### Velocidade de corte

$$V_c = \pi \cdot d \cdot n / 1000 \text{ (m/min)}$$

- ❖ Nas retificações planas a velocidade de corte depende da velocidade do movimento alternado da mesa, que normalmente é controlado de forma hidráulica ou elétrica.

## PROCESSO DE RETIFICAÇÃO

### Parâmetros de Retificação

#### Velocidade de corte

- ❖ As velocidades de corte de cada material são determinadas de acordo com:
  - a) a quantidade de material a ser removido;
  - b) a qualidade do acabamento esperado e;
  - c) as propriedades do material a ser retificado.
  
- ❖ De modo geral quanto mais duro for o material menor deve ser a velocidade de corte.

## PROCESSO DE RETIFICAÇÃO

### Parâmetros de Retificação

#### Profundidade de corte

- ❖ Quanto maior a profundidade de corte:
  - a) maior será o atrito do rebolo com a peça;
  - b) maior será a quantidade de cavaco retirada e;
  - c) maior será o desgaste da ferramenta e da peça.

A profundidade de corte poderá variar em operações de desbaste em torno de 0,025mm a 0,1mm, e para acabamento de 0,006mm a 0,01mm.

## PROCESSO DE RETIFICAÇÃO

### Parâmetros de Retificação

#### Avanço

- ❖ Avanço é denominado o movimento da peça ao longo da face cortante do rebolo ou o movimento do rebolo ao longo da peça durante a retificação.
- ❖ Nas retificações planas o avanço é controlado pelo número de revoluções do rebolo ou ao final de cada movimento alternado a mesa ou o rebolo desloca-se uma medida pré-determinada lateralmente.

## PROCESSO DE RETIFICAÇÃO

### Parâmetros de Retificação

#### Velocidade periférica do rebolo

É a relação entre o diâmetro do rebolo e o número de revoluções.

$$V = \pi (d.n/60000) \text{ m/seg}$$

Onde: d: diâmetro do rebolo (mm)

n: número de revoluções (de 5000 a 15000)

## Retificação Plana Tangencial

### Desbaste e acabamento

O desbaste tem por finalidade uma retificação plana rápida, sem exigências muito grandes de boa qualidade superficial. Se houver necessidade de grande precisão geométrica e a menor rugosidade superficial possível, procede-se em seguida ao desbaste à fase de acabamento onde os parâmetros de retificação regulados devem ser bem mais suaves que na fase anterior.

Muitas vezes alonga-se a fase de acabamento com um ciclo de fim de faiscamento fazendo o rebolo passar por toda área da peça sem avanço vertical, procedimento este que melhora ainda mais as condições de precisão geométrica e rugosidade superficial.

## Retificação Plana Tangencial

### Velocidade do rebolo

Os rebolos das retificadoras planas (do IF) apresentam rotação única e conseqüente velocidade periférica ao redor de 30 m/seg para os rebolos novos.

## Retificação Plana Tangencial

### Velocidade da mesa

- As retificadoras planas (do IF) apresentam possibilidade de variação contínua da velocidade da mesa: entre 0 a 25 m/min.
- Quanto menor esta velocidade melhores serão os resultados de acabamento, principalmente para a obtenção de superfícies com baixíssimas rugosidades superficiais.
- De acordo com pesquisas recentes, dentre todos os parâmetros da retificação plana tangencial que influem na rugosidade superficial, sobressai-se a velocidade da mesa como o fator mais ponderável.
- Contudo, na utilização de velocidades muito baixas, agrava-se o problema do super-aquecimento da peça que poderá provocar o aparecimento de manchas de queimaduras na superfície retificada, ocorrência esta que deve ser inquestionavelmente evitada.
- No desbaste a velocidade da mesa escolhida pode ser a maior possível, sem prejuízo da precisão de dimensão e de forma.

## Retificação Plana Tangencial

### Avanço transversal

Este avanço será regulado:

- a) grande no desbaste;
- b) pequeno no acabamento;
- c) grande para pequenas profundidades de corte;
- d) pequeno para grandes profundidades de corte.

## Retificação cilíndrica

A retificação cilíndrica é uma operação de usinagem que se processa em peças previamente torneadas e proporciona precisão e qualidade superficial superior no acabamento.

A peça torneada, antes de ser retificada, apresenta uma sobre-espessura, isto é, um diâmetro maior que o diâmetro final que será obtida na retificação. A sobre-espessura é a diferença da peça antes e depois da retificação.

## Retificação cilíndrica

TIPO DA PEÇA	COMPRIMENTO DA PEÇA (mm)		
CILINDRICA LISA	0 a 600	-	-
CILINDRICA COM ESCALONAMENTOS	0 a 400	400 a 600	-
CILINDRICA TEMPERADA	0 a 200	200 a 500	500 a 600
DIAMETRO DA PEÇA	SOBRE-ESPESSURA (mm)		
0 a 10	0,25	0,30	-
10 a 20	0,30	0,35	0,45
20 a 30	0,35	0,40	0,55
30 a 50	0,40	0,50	0,65
50 a 80	0,50	0,60	0,75
80 a 120	0,60	0,70	0,85
120 a 180	0,65	0,80	1,00
180 a 260	-	0,90	1,10

## Deficiências comuns em retificações planas

### Queimaduras

Dentre as operações de usinagem, a retificação supera em muito todas as outras em calor gerado por Kg de cavaco removido. Daí a grande importância da refrigeração em todas as retificações.

## Queimaduras

As queimaduras, que não podem ser toleradas nas peças acabadas, pois comprometem as qualidades mecânicas do material, podem ter como causa 05 (cinco) razões principais:

- Regime de retificação muito forte: avanço vertical (profundidade de corte) muito grande, avanço transversal muito grande, velocidade longitudinal da mesa muito baixa;
- Refrigeração insuficiente;
- Líquido refrigerante muito sujo;
- Rebolo empastado, necessitando afiação. Nestas circunstâncias o rebolo praticamente deixa de cortar a peça e passa apenas a atritá-la com excessiva geração de calor.
- Rebolo muito duro, fugindo às especificações adequadas ao trabalho.

## Trincas

As trincas surgem nas superfícies retificadas, também em função da geração de calor do processo, pois as diferenças de temperatura entre a superfície e o núcleo da peça concorrem para a formação de violentas tensões internas.

Os mesmos fatores motivadores das queimaduras podem provocar as trincas, e frequentemente estas aparecem acompanhando aquelas.

Entretanto, casos existem em que as trincas surgem em função de tensões internas que o material já apresentava antes da retificação, oriundas muitas vezes de tratamentos térmicos incorretos.

## Raias de vibração

Sempre que o trabalho for acompanhado de vibrações de amplitude acima da tolerável a superfície retificada apresentará pequenas manchas distribuídas com uma certa uniformidade e reconhecidas como "raias de vibração".

A vibração pode ter diversas causas e a identificação do problema nem sempre é fácil. Contudo, a pesquisa deve ser orientada em torno dos seguintes pontos:

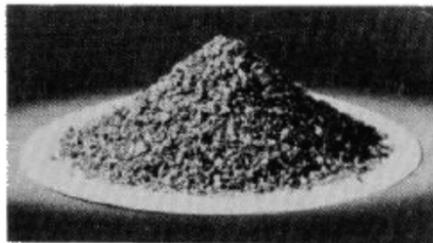
- Movimentos hidráulicos da máquina muito bruscos;
- Ar no circuito hidráulico;
- Rebolo desbalanceado;
- Fixação do rebolo e da peça.

## REBOLO

- ✓ O rebolo é a ferramenta de corte utilizada na retificadora.
- ✓ Rebolos são ferramentas constituídas de grãos abrasivos ligados por um aglutinante (liga).
- ✓ São utilizados em operações de desbaste, corte, retificação, afiação, polimento, entre outras.

Rebolo

Grãos abrasivos



Grãos abrasivos



Ligas aglomerantes



Rebolo



## REBOLO

As características básicas dos rebolos são dadas por:

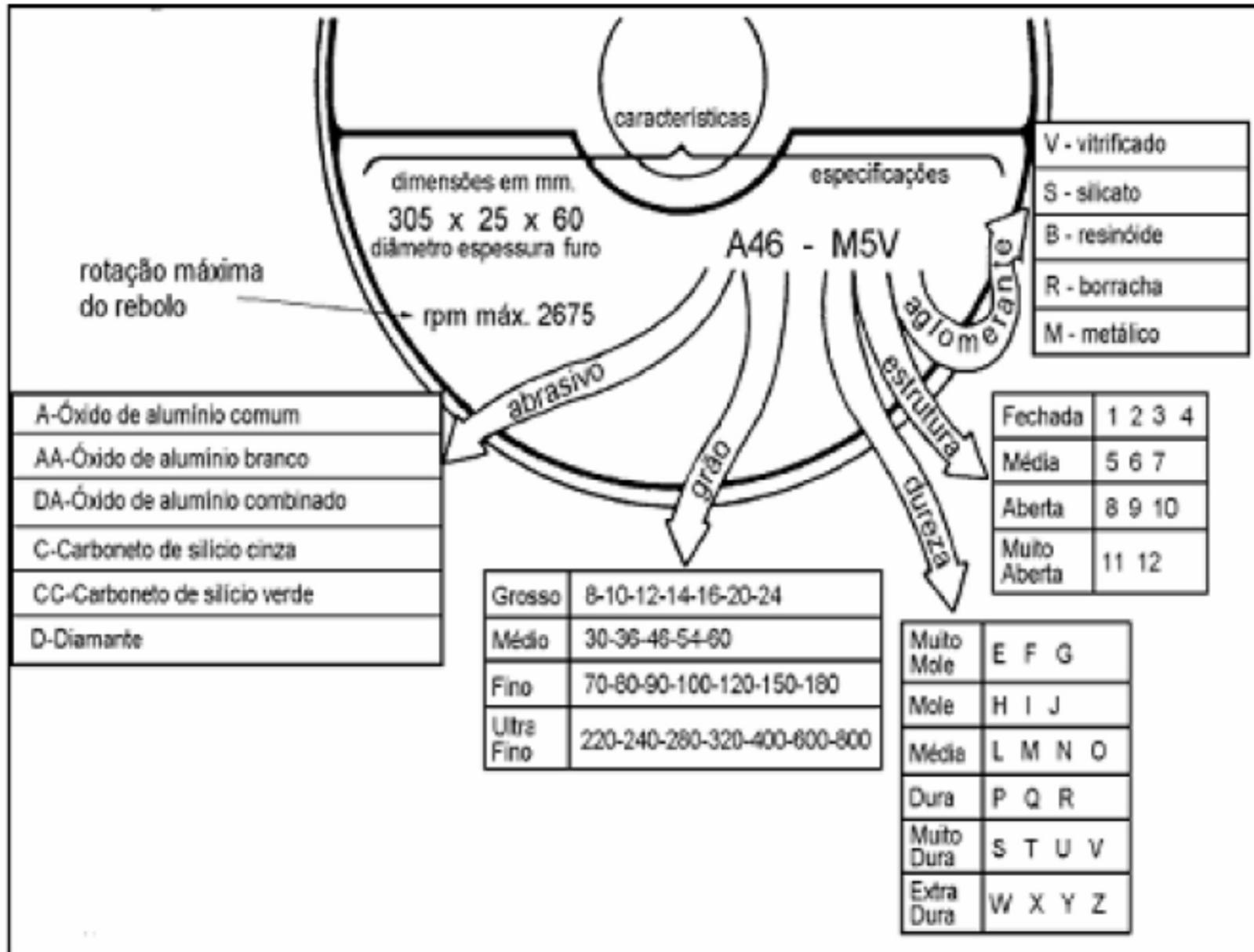
1. Formato, abrasivo (material que compõe os grãos do rebole);
2. Granulação (tamanho dos grãos abrasivos);
3. Grau de dureza (resistência do aglomerante);
4. Estrutura (porosidade do disco abrasivo);
5. Aglomerante (material que une os grãos abrasivos);
6. Dimensões (diâmetro, espessura e diâmetro do furo (D x E x A)).

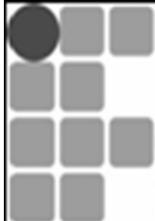
## REBOLO

**De forma geral, podemos dizer que:**

- ✓ **Quanto mais duro o material a ser retificado, mais macio deverá ser o rebolo e vice-versa.**
- ✓ **Quanto maiores forem os avanços verticais (profundidade de corte) mais duro deverá ser o rebolo.**
- ✓ **Peças ocas e finas devem ser retificadas com rebolos mais macios que as peças maciças.**

# REBOLO





# REBOLO

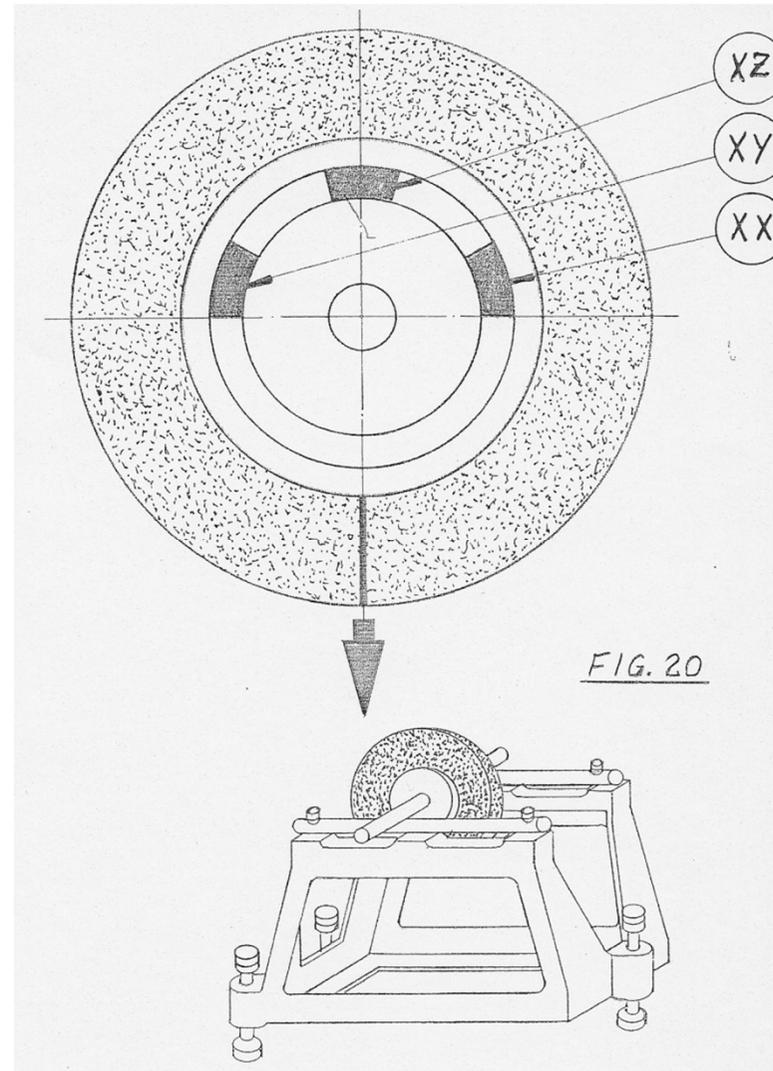


CARACTERÍSTICAS E USOS GERAIS DOS ABRASIVOS		APLICAÇÃO		ABRA-SIVO	TAMA-NHO DO GRÃO	DUREZA	POROSI-DADE	LIGA		
ÓXIDO DE ALUMÍNIO	<b>A</b> REBOLO CINZA-OPACO AZULADO Uso: em Ferro e Aço (Rebolo Comum)	USO GERAL	desbaste muito grosso	A ou C	14	R	5	B (*)		
	<b>A A</b> REBOLO BRANCO OU VERMELHO FERRUGEM Uso: Aços temperados, dureza forte.		desbaste grosso	A ou C	24	Q	6	B ou V		
	<b>D A</b> REBOLO CINZA-ESBRANQUIÇADO (pouco usado) Uso: Aços temperados de dureza branda.		desbaste leve	A ou C	36	Q	6	B ou V		
	<b>R A</b> REBOLO ROSADO Uso: Afição e usinagem de ferramentas especiais de aço rápido e aços duros.		semi-acabamento	A ou C	46	O	6	B ou V		
	<b>R B</b> REBOLO COR MORANGO Uso: Afição de precisão, onde o rebolo deve manter o perfil (broxas, filetes, estrias etc.)		acabamento e afiação	A	60	N	6	V (**)		
			acabamento fino	A	80	M	6	V		
CARBURETO DE SILÍCIO	<b>G C</b> REBOLO VERDE Uso: metal duro (Widia) <b>C</b> REBOLO CINZA-CHUMBO BRILHANTE Uso: Ferro fundido, materiais não ferrosos e não metálicos (latão, bronze mármore etc.)	FERRAMENTARIA	desbaste	Aços Temperados	46	J ou K	6	V		
									acabamento e afiação	DA
										AA
	RA									
	acabamento fino		RB		80	J ou K	6	V		
			Afição		Widia	GC	80	J ou K	6	V
GC		120		J ou K		6	V			
<b>B (*)</b> liga resinóide <b>V (**)</b> liga vitrificada <b>NB</b> – Na liga B (resinóide) predomina a cor marrom no rebolo.										

# Grau de rugosidade e o processo de usinagem

Grupos de rugosidades	▽			▽▽			▽▽▽			▽▽▽▽		
Rugosidade máxima valores em $Ra(\mu m)$	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 $Ra(\mu m)$	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												

## BALANCEAMENTO DO REBOLO



# REBOLO

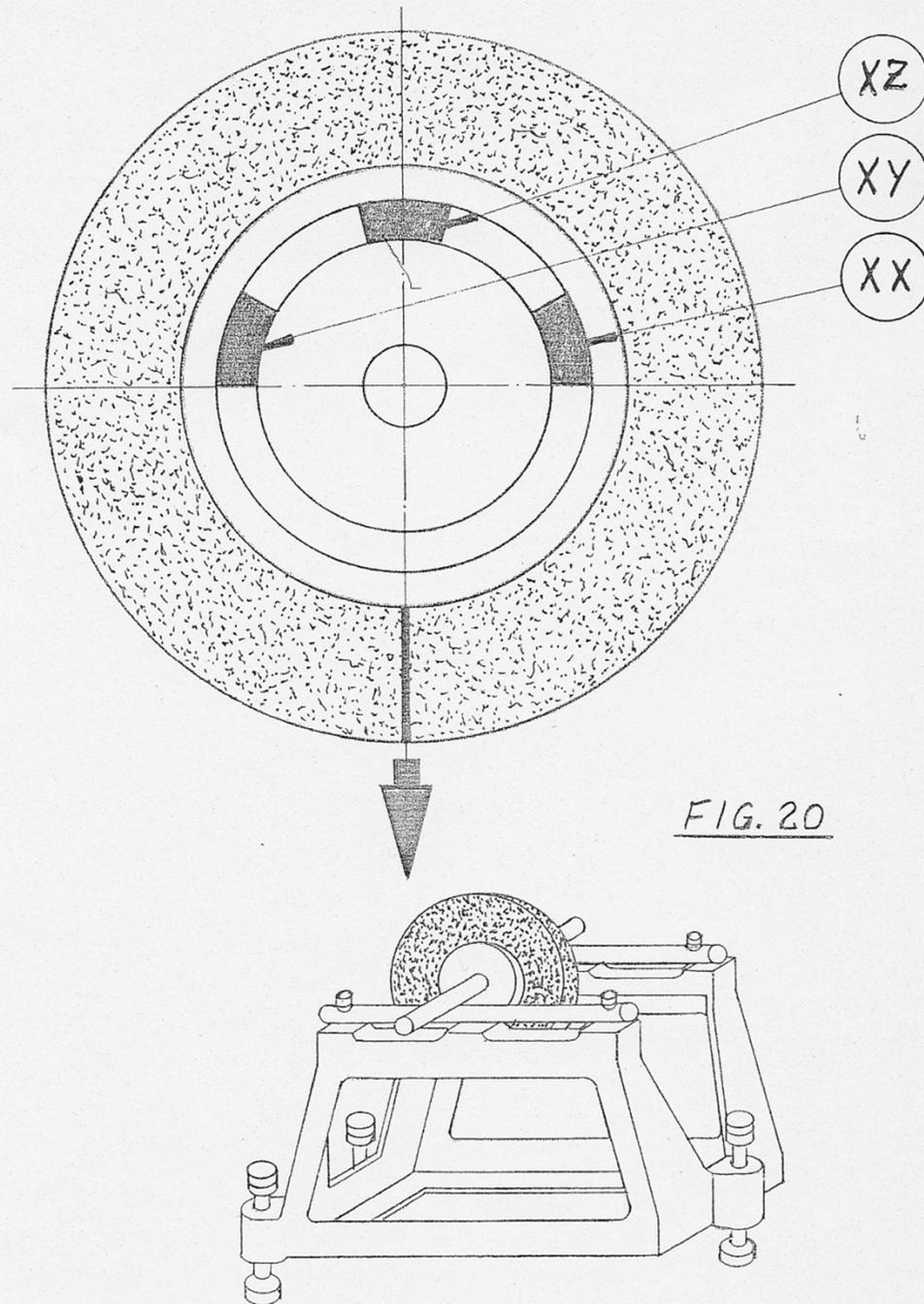


FIG. 20

Erros macrogeométricos são os erros de forma, verificáveis por meio de instrumentos convencionais de medição, como micrômetros, relógios comparadores, projetores de perfil etc.

Entre esses erros, incluem-se divergências de ondulações, ovalização, retilineidade, planicidade, circularidade etc.

Durante a usinagem, as principais causas dos erros macrogeométricos são:

- defeitos em guias de máquinas-ferramenta;
- desvios da máquina ou da peça;
- fixação errada da peça;
- distorção devida ao tratamento térmico.

Erros microgeométricos são os erros conhecidos como rugosidade.

É o conjunto de irregularidades, isto é, pequenas saliências e reentrâncias que caracterizam uma superfície.

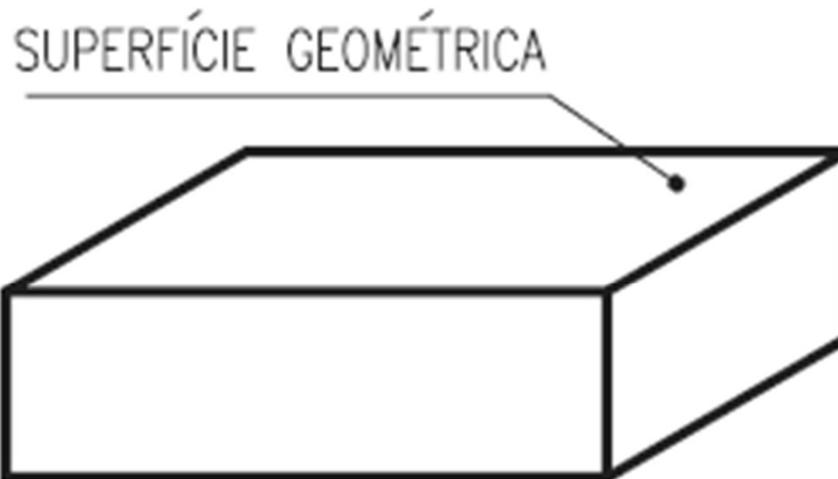
Essas irregularidades podem ser avaliadas com aparelhos eletrônicos, a exemplo do rugosímetro.

## Ela influi na:

- **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;**
- **vedação;**
- **aparência.**

Para estudar e criar sistemas de avaliação do estado da superfície, é necessário definir previamente diversos termos e conceitos que possam criar uma linguagem apropriada. Com essa finalidade utilizaremos as definições da norma NBR 6405/1988.

Superfície ideal prescrita no projeto, na qual não existem erros de forma e acabamento. Por exemplo: superfície plana, cilíndrica etc., que sejam, por definição, perfeitas. Na realidade, isso não existe; trata-se apenas de uma referência.

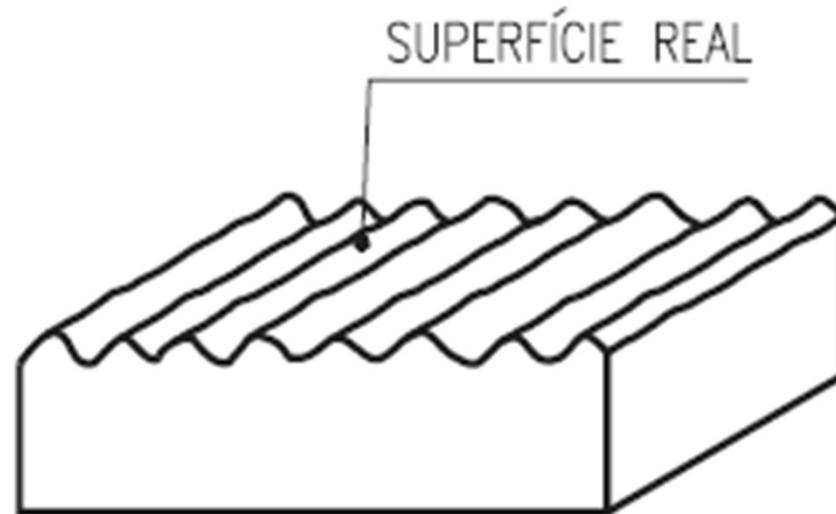


A superfície geométrica é, por definição, perfeita.

# Superfície Real

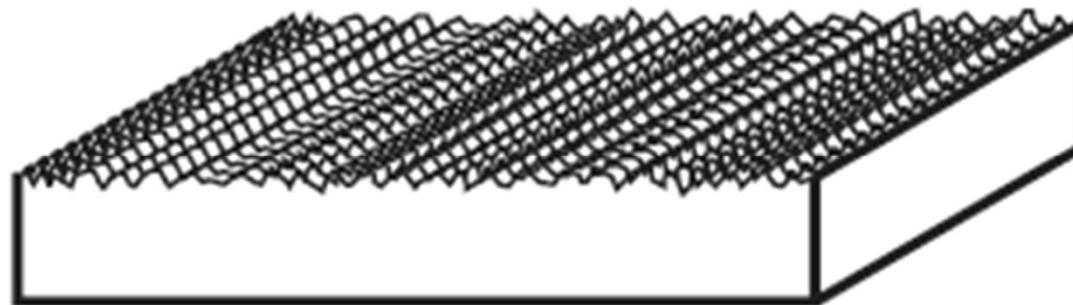
Superfície que limita o corpo e o separa do meio que o envolve. É a superfície que resulta do método empregado na sua produção. Por exemplo: torneamento, retífica, ataque químico etc.

Superfície que podemos ver e tocar.



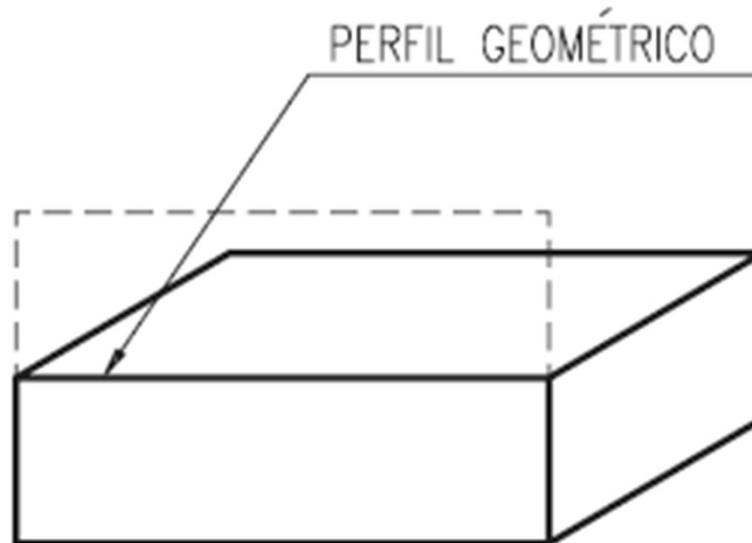
Superfície real, uma herança do método empregado na usinagem.

Superfície avaliada pela técnica de medição, com forma aproximada da superfície real de uma peça. É a superfície apresentada e analisada pelo aparelho de medição.



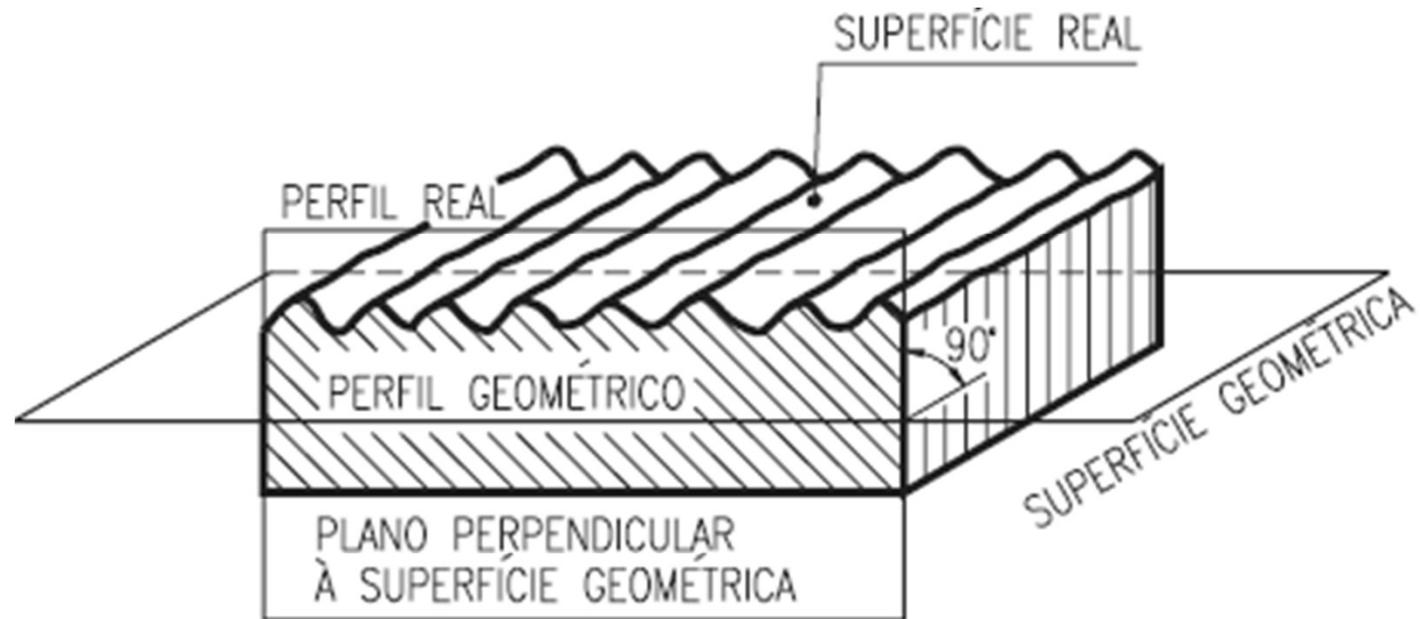
Superfície efetiva apresentada com ampliação por uma impressora.

Interseção da superfície geométrica com um plano perpendicular. Por exemplo: uma superfície plana perfeita, cortada por um plano perpendicular, originará um perfil geométrico que será uma linha reta.



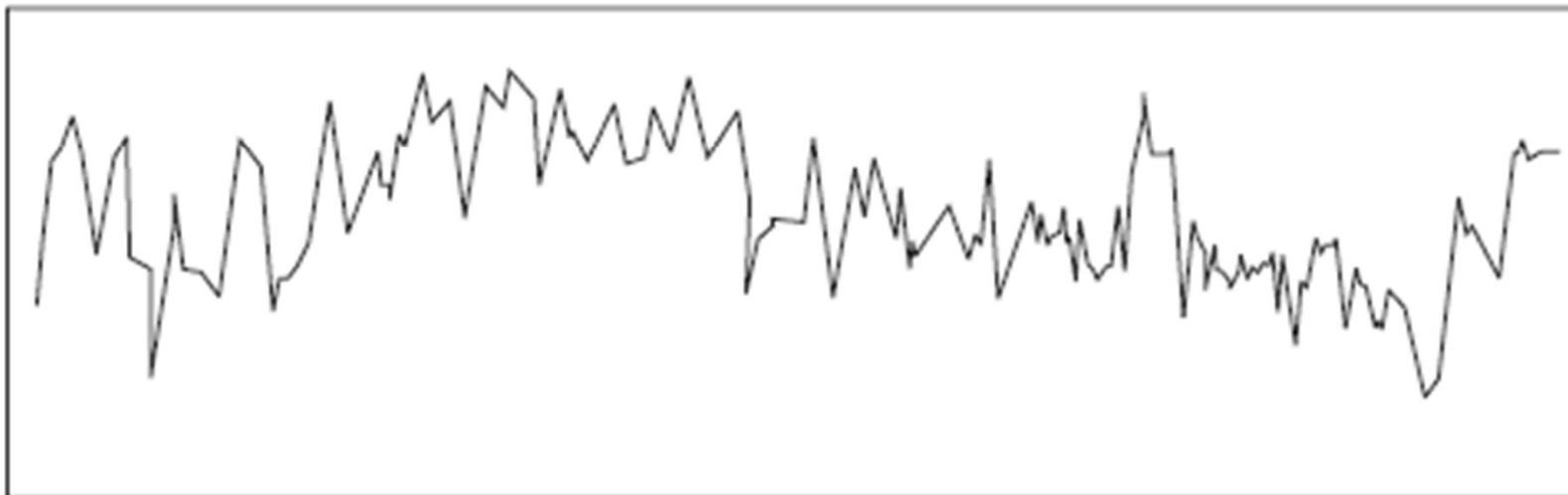
O perfil geométrico é, por definição, perfeito.

Intersecção da superfície real com um plano perpendicular.  
Neste caso, o plano perpendicular (imaginário) cortará a superfície que resultou do método de usinagem e originará uma linha irregular.



Perfil real, cortado por um plano perpendicular.

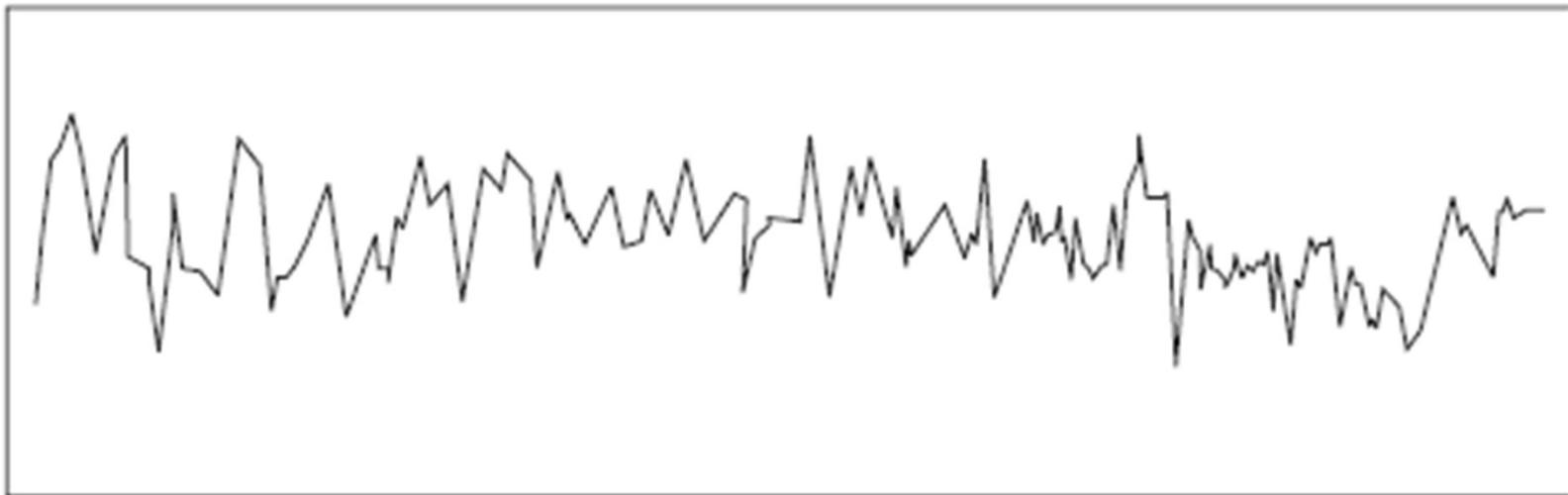
Imagem aproximada do perfil real, obtido por um meio de avaliação ou medição. Por exemplo: o perfil apresentado por um registro gráfico, sem qualquer filtragem e com as limitações atuais da eletrônica.



Perfil efetivo, obtido com impressora de rugosímetro (sem filtrar ondulações).

# Perfil de Rugosidade

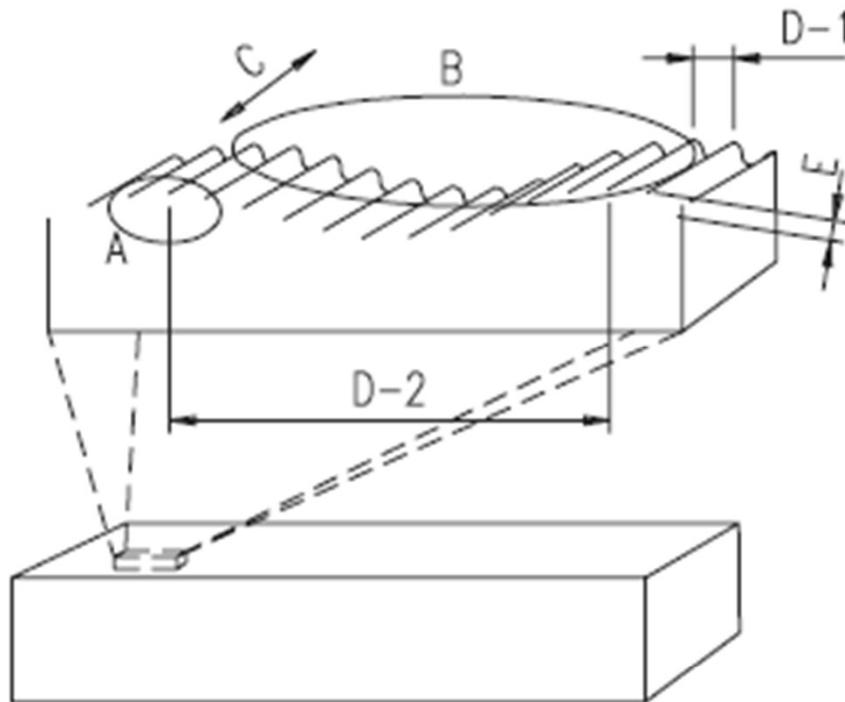
Obtido a partir do perfil efetivo, por um instrumento de avaliação, após filtragem. É o perfil apresentado por um registro gráfico, depois de uma filtragem para eliminar a ondulação à qual se sobrepõe geralmente a rugosidade.



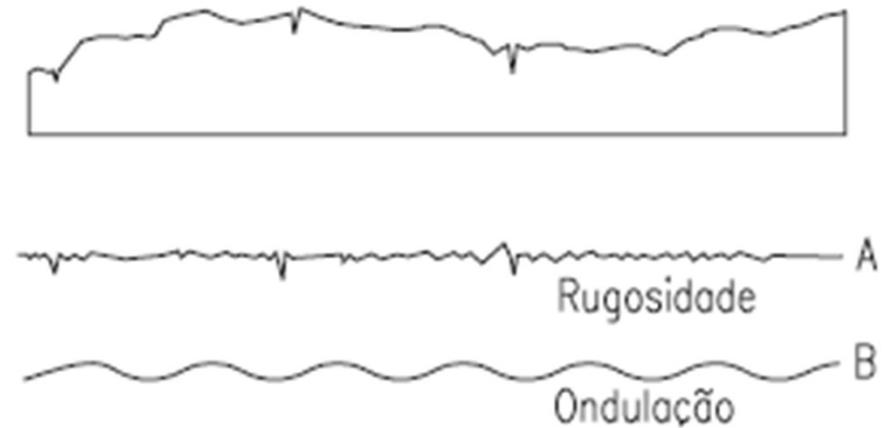
Perfil de rugosidade (após filtragem da ondulação).

# Composição da Superfície

Tomando-se uma pequena porção da superfície, observam-se certos elementos que a compõem.



Elementos que compõe a superfície.



**A) Rugosidade ou textura primária é o conjunto das irregularidades causadas pelo processo de produção, que são as impressões deixadas pela ferramenta (fresa, pastilha, rolo laminador etc.).**

**B) Ondulação ou textura secundária é o conjunto das irregularidades causadas por vibrações ou deflexões do sistema de produção ou do tratamento térmico.**

- C) Orientação das irregularidades é a direção geral dos componentes da textura, e são classificados como:**
- orientação ou perfil periódico - quando os sulcos têm direções definidas;**
  - orientação ou perfil aperiódico - quando os sulcos não têm direções definidas.**

**D) Passo das irregularidades é a média das distâncias entre as saliências.**

**D1: passo das irregularidades da textura primária;**

**D2: passo das irregularidades da textura secundária.**

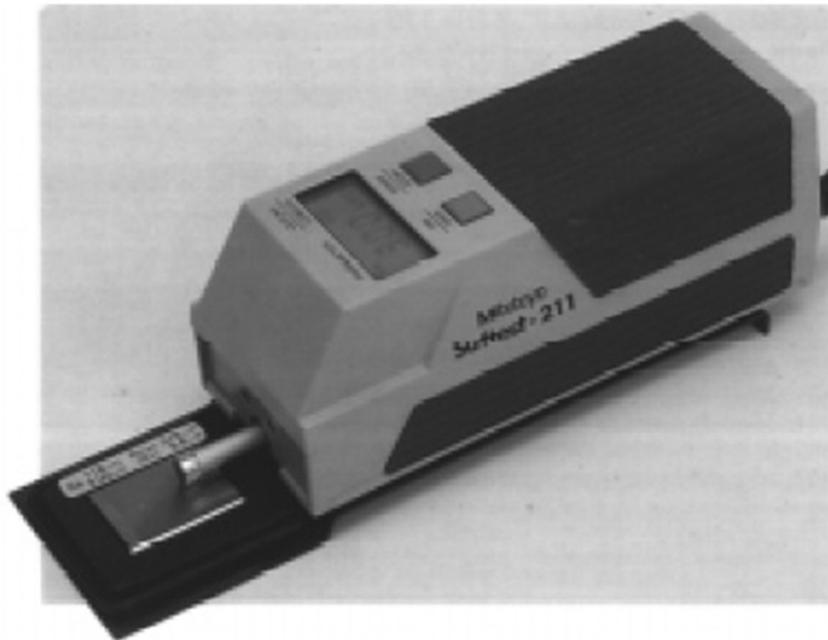
**E) Altura das irregularidades ou amplitude das irregularidades.**

**Examinamos somente as irregularidades da textura primária.**

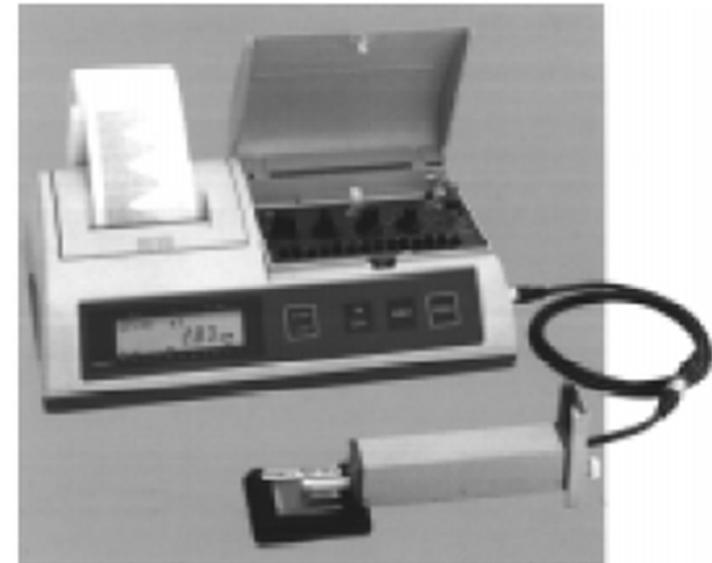
**O rugosímetro é um aparelho eletrônico amplamente empregado na indústria para verificação de superfície de peças e ferramentas (rugosidade).**

**Os rugosímetros podem ser classificados em dois grandes grupos:**

- **Aparelhos que fornecem somente a leitura dos parâmetros de rugosidade (que pode ser tanto analógica quanto digital).**
- **Aparelhos que, além da leitura, permitem o registro, em papel, do perfil efetivo da superfície.**



rugosímetro portátil digital



rugosímetro digital  
com registro gráfico incorporado

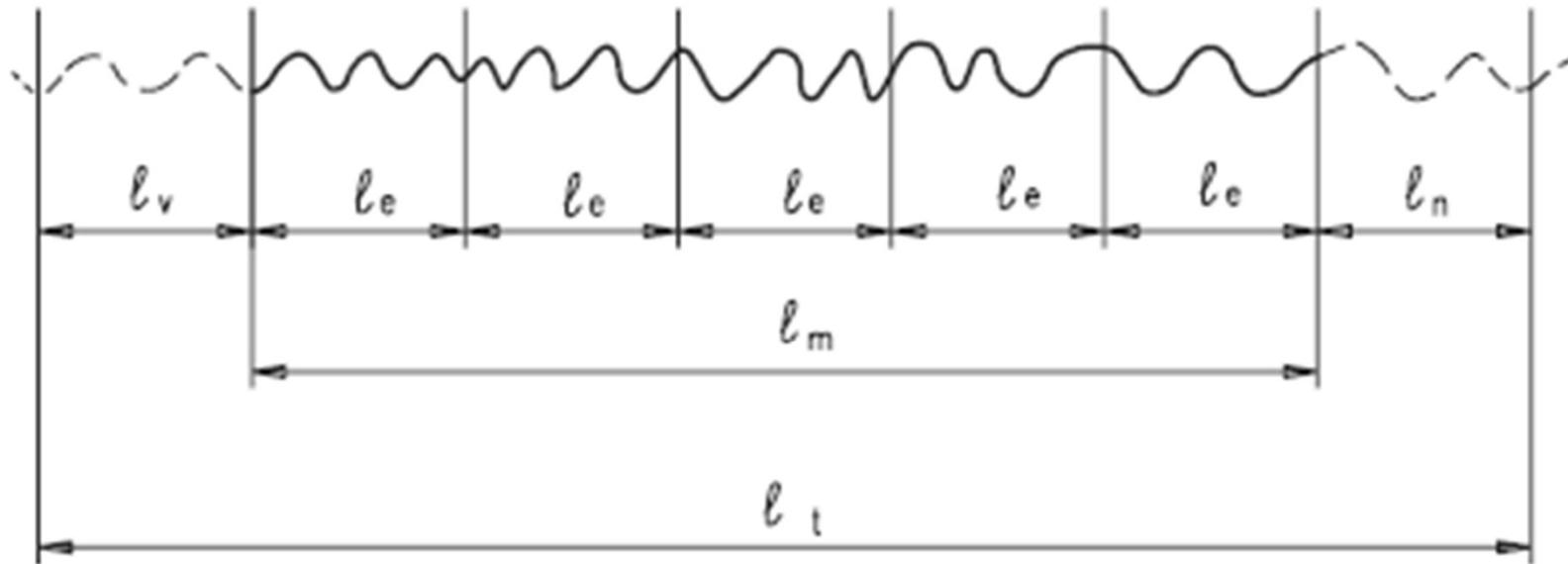
**Processo da determinação da rugosidade consiste, basicamente, em percorrer a rugosidade com um apalpador de formato normalizado. O movimento do apalpador é transformado em impulsos elétricos e registrados no mostrador e no gráfico.**

# Rugosímetros



**Toma-se o perfil efetivo de uma superfície num comprimento  $l_m$ , comprimento total de avaliação. Chama-se o comprimento  $l_e$  de comprimento de amostragem (NBR 6405/1988).**

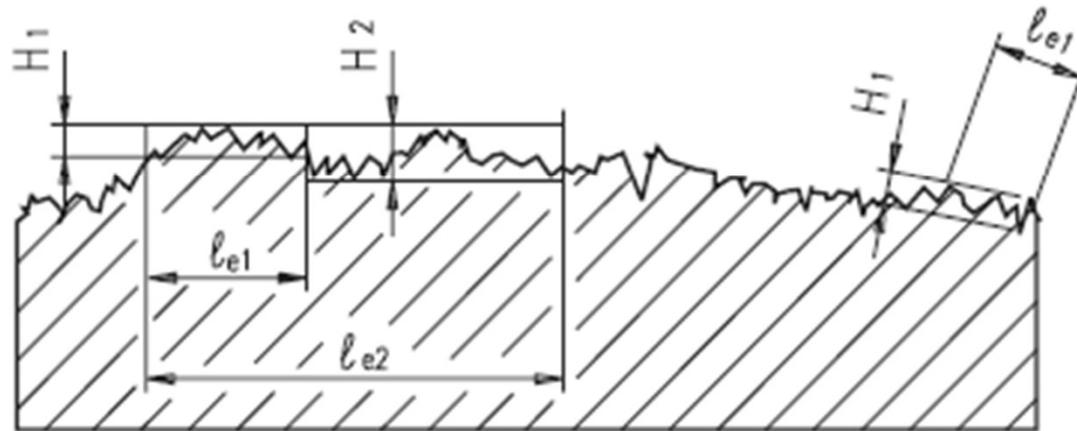
**É recomendado pela norma ISO que os rugosímetros devam medir 5 comprimentos de amostragem e devem indicar o valor médio.**



Comprimentos para avaliação de rugosidade.

**A distância percorrida pelo apalpador deverá ser igual a 5  $l_e$  mais a distância para atingir a velocidade de medição  $l_v$  e para a parada do apalpador  $l_n$ .**

**Como o perfil apresenta rugosidade e ondulação, o comprimento de amostragem filtra a ondulação.**



Rugosidade e ondulação

**A rugosidade  $H_2$  é maior, pois  $l_{e2}$  incorpora ondulação.**

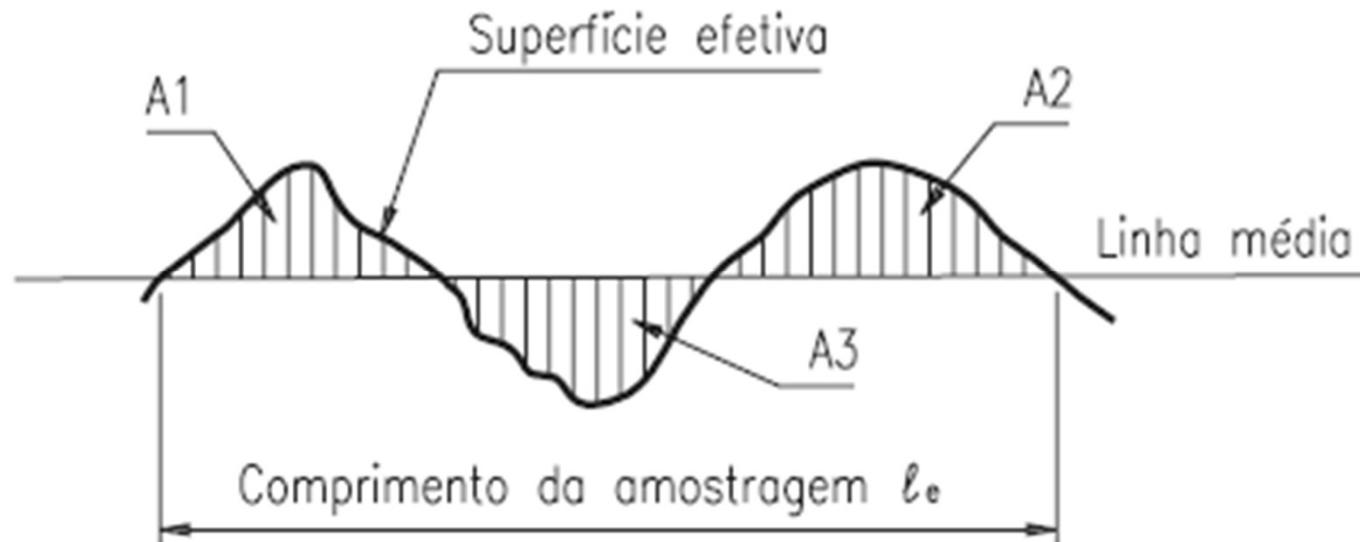
**A rugosidade  $H_1$  é menor, pois, como o comprimento  $l_{e1}$  é menor, ele filtra a ondulação.**

**O sistema da linha média ( $M$ ) é adotado no Brasil - pelas Normas ABNT NBR 6405/1988 e NBR 8404/1984.**

**No sistema da linha média, ou sistema  $M$ , todas as grandezas da medição da rugosidade são definidas a partir do seguinte conceito de linha média:**

**“Linha média é a linha paralela à direção geral do perfil, no comprimento da amostragem, de tal modo que a soma das áreas superiores, compreendidas entre ela e o perfil efetivo, seja igual à soma das áreas inferiores, no comprimento da amostragem ( $l_e$ ).”**

# Sistemas de medição da rugosidade superficial

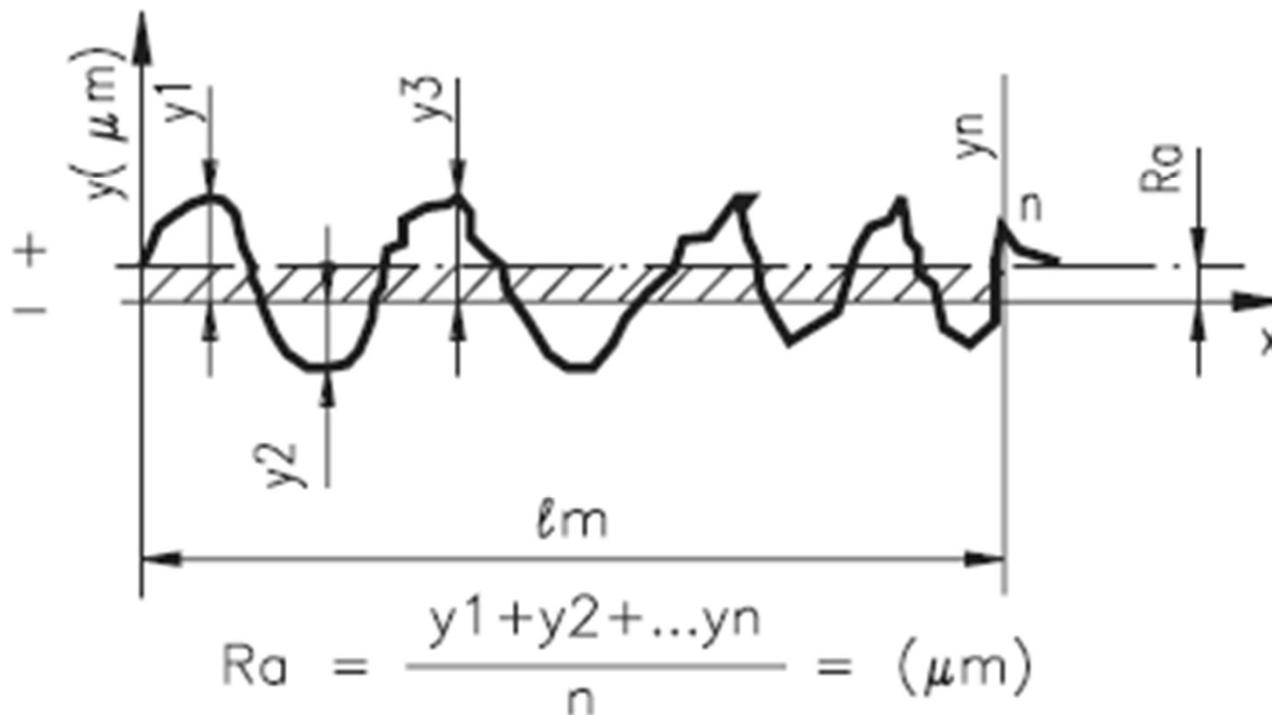


A1 e A2 áreas acima da linha média = A3 área abaixo da linha média.

$$A1 + A2 = A3$$

# Rugosidade Média ( $R_a$ )

É a média aritmética dos valores absolutos das ordenadas de afastamento ( $y_i$ ), dos pontos do perfil de rugosidade em relação à linha média, dentro do percurso de medição ( $l_m$ ).



# Indicação da rugosidade $R_a$ pelos números de classe

CLASSE DE RUGOSIDADE	RUGOSIDADE $R_a$ (valor em $\mu m$ )
N12	50
N11	25
N10	12,5
N9	6,3
N8	3,2
N7	1,6
N6	0,8
N5	0,4
N4	0,2
N3	0,1
N2	0,05
N1	0,025

# Grau de rugosidade e o processo de usinagem

Grupos de rugosidades	▽			▽▽			▽▽▽			▽▽▽▽		
Rugosidade máxima valores em $Ra(\mu m)$	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 $Ra(\mu m)$	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				█			█			█		