

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;

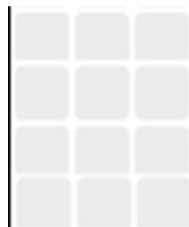
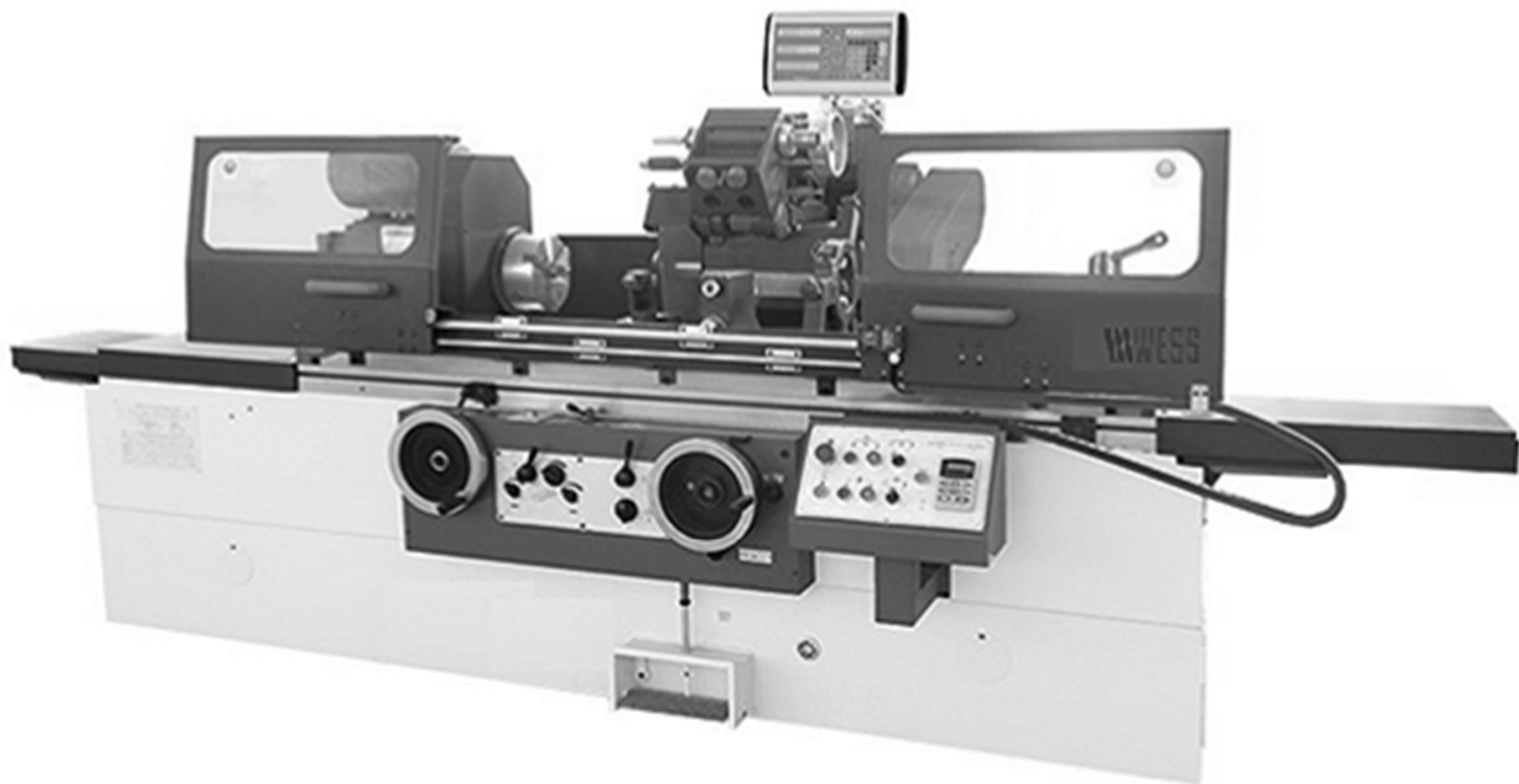
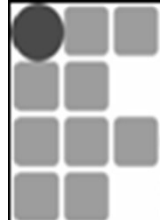
As primeiras operações mecanizadas de retificação (cilíndrica) foram realizadas com adaptações em tornos mecânicos, com aplicação de cabeçotes porta-rebolos sobre tornos mecânicos paralelos.

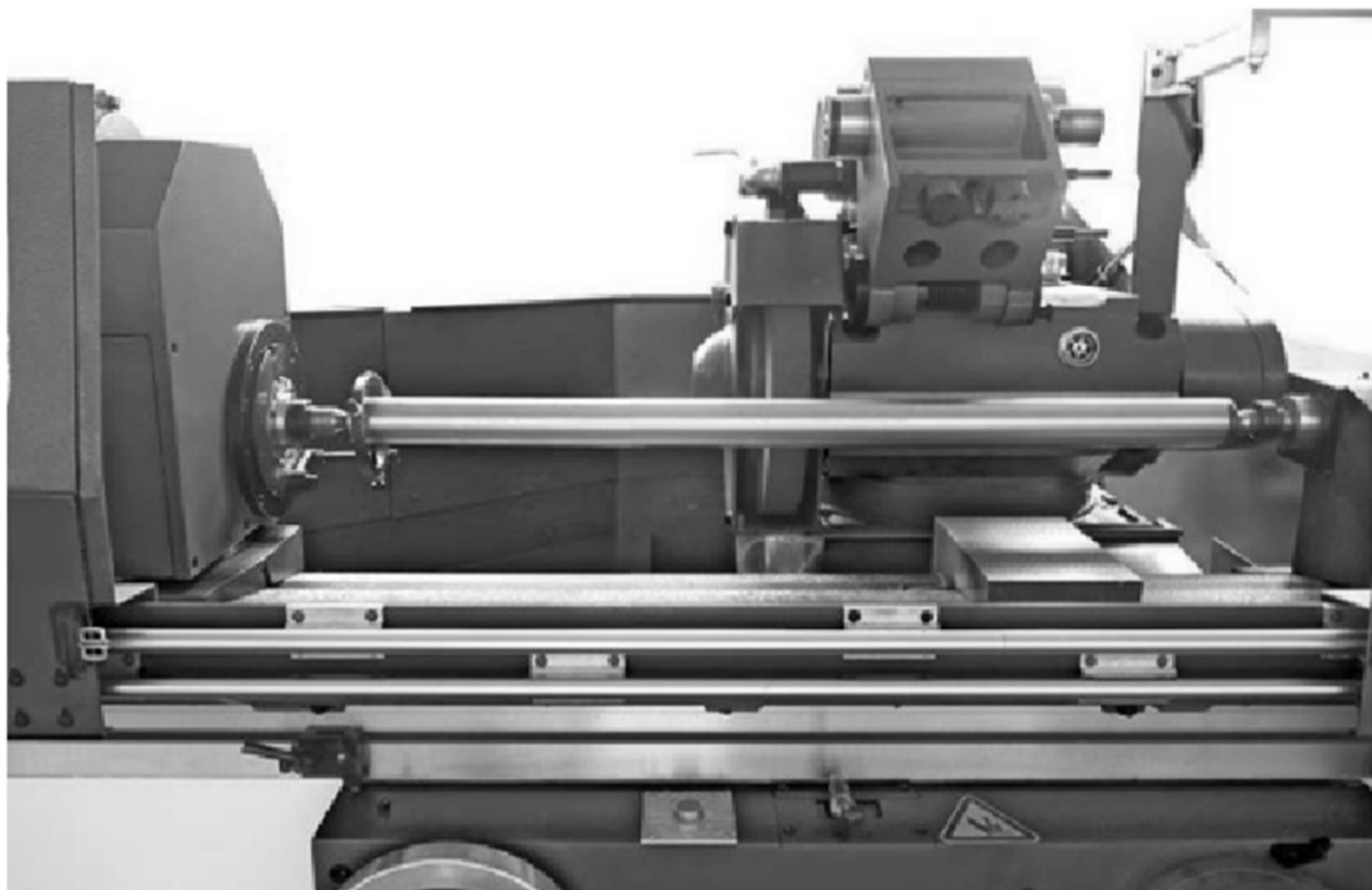
- A primeira retificadora foi construída em 1860, nos Estados Unidos, pela empresa Norton Emery Company.**

- **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)

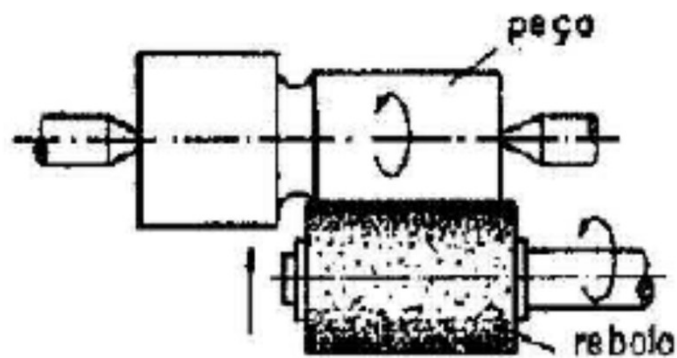
Retificação cilíndrica

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

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

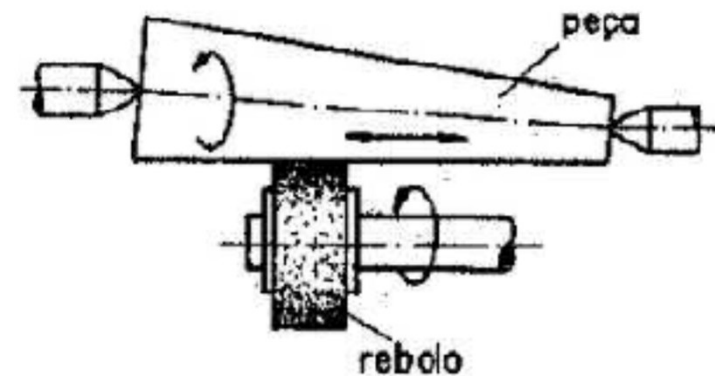
Cilíndrica externa

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.

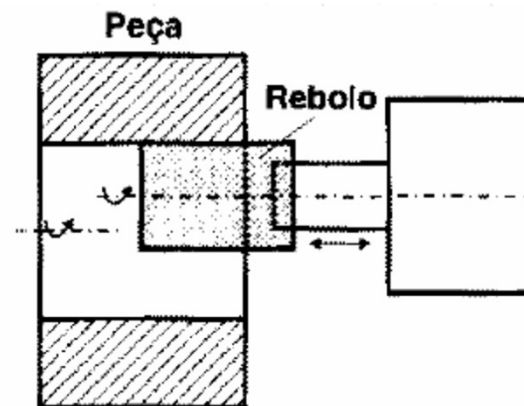
Retificação Cilíndrica interna

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

Avanço (avanço radial)



Passagem (avanço longitudinal)

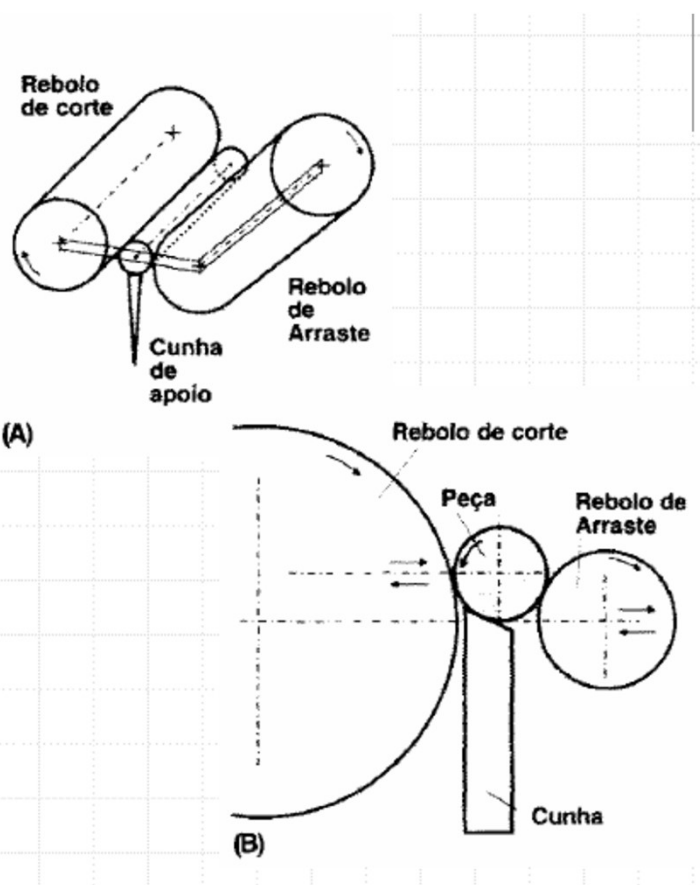


Retificação sem centros (CENTER LESS)

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)

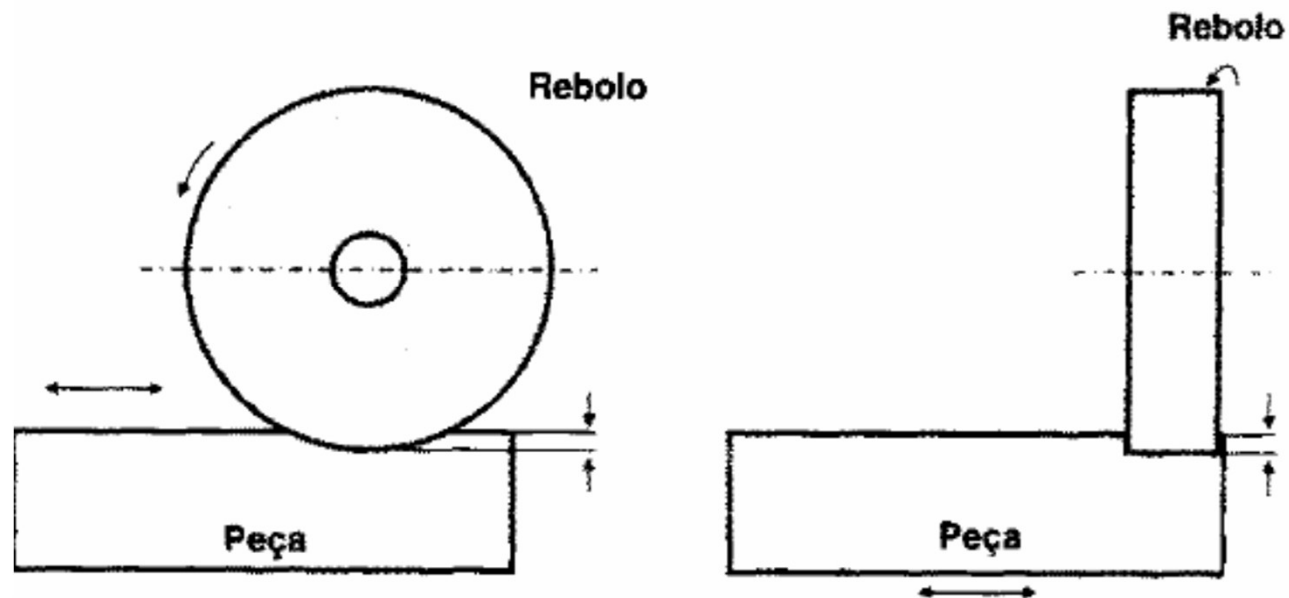


Retificação Plana

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

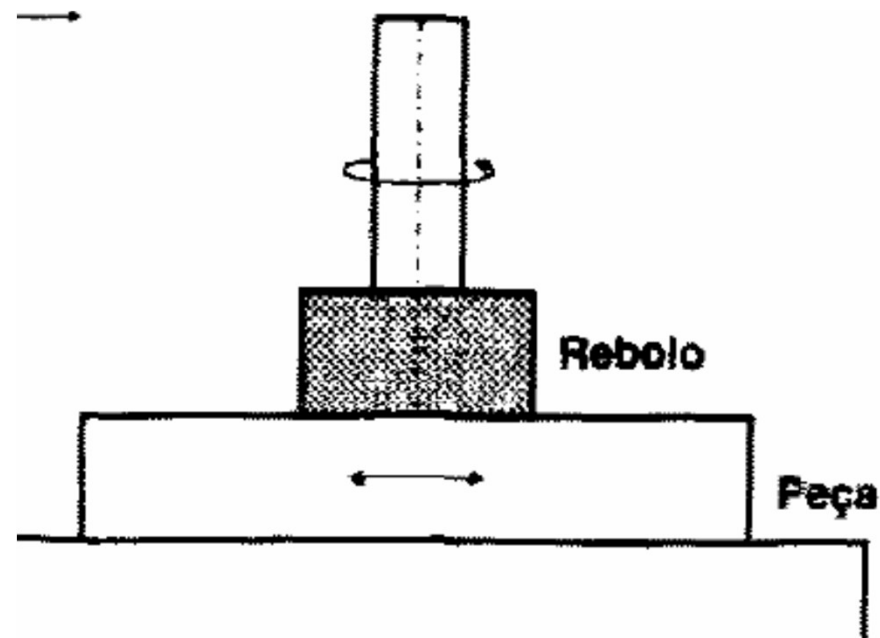
Retificação Plana Tangencial

- o eixo do rebolo é paralelo a superfície da peça



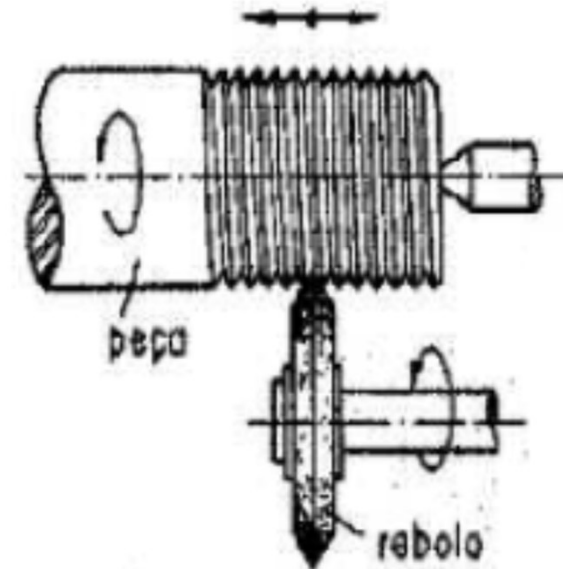
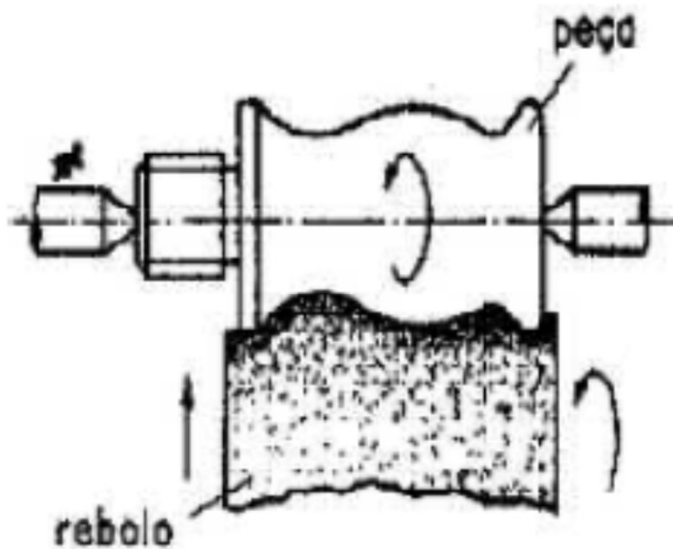
Retificação Plana Frontal

- 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:

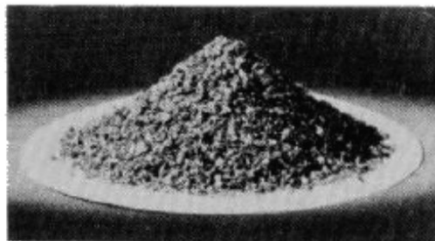
- Movimentos hidráulicos da máquina muito bruscos;
- Ar no circuito hidráulico;
- Rebolo desbalanceado;
- Fixação do rebolo e da peça.

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



Ligas o aglomerantes



Rebolo



REBOLO

As características básicas dos rebolos são dadas por:

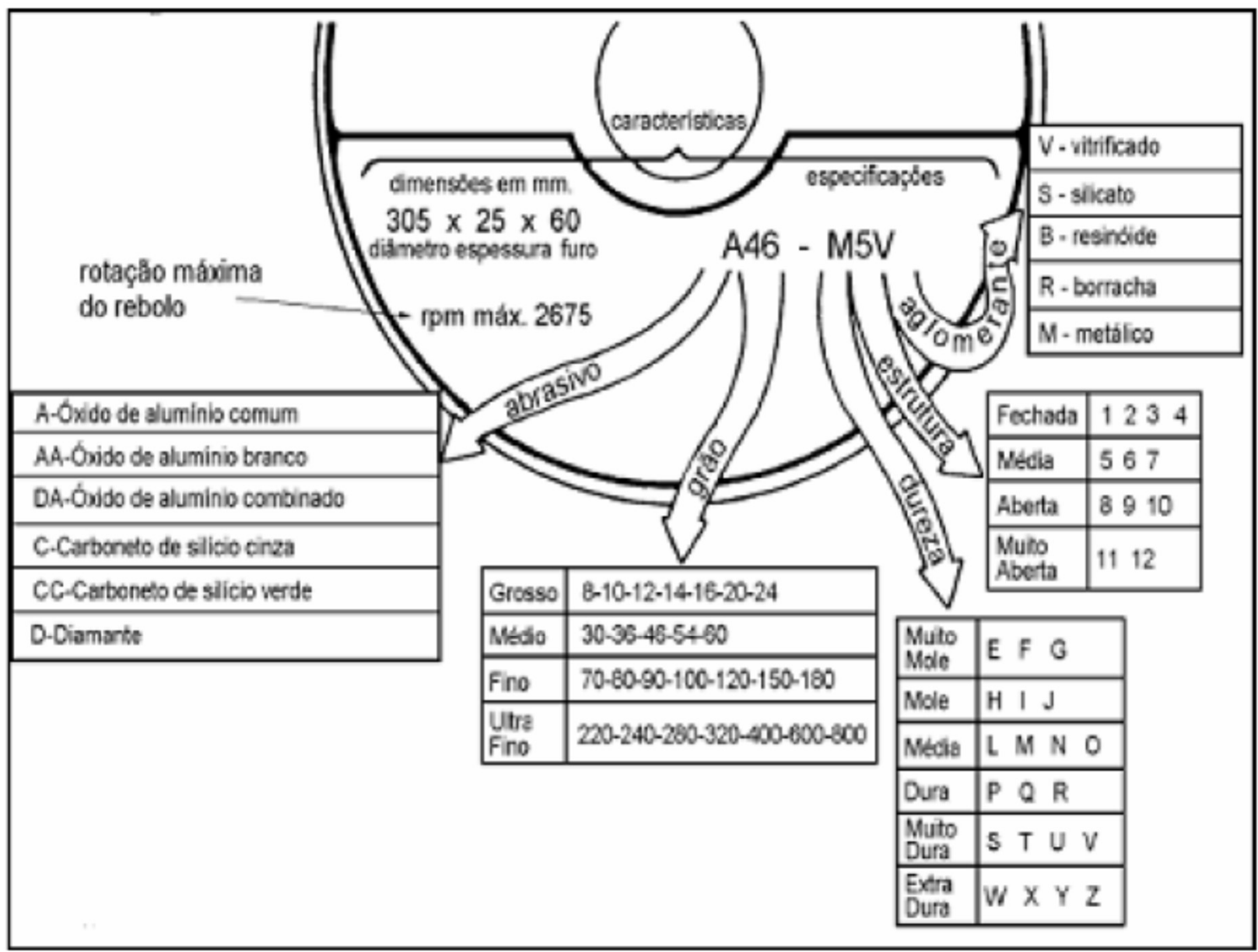
1. Formato, abrasivo (material que compõe os grãos do rebole);
2. Granulação (tamanho dos grãos abrasivos);
3. Grau de dureza (resistência do aglomerante);
4. Estrutura (porosidade do disco abrasivo);
5. Aglomerante (material que une os grãos abrasivos);
6. Dimensões (diâmetro, espessura e diâmetro do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

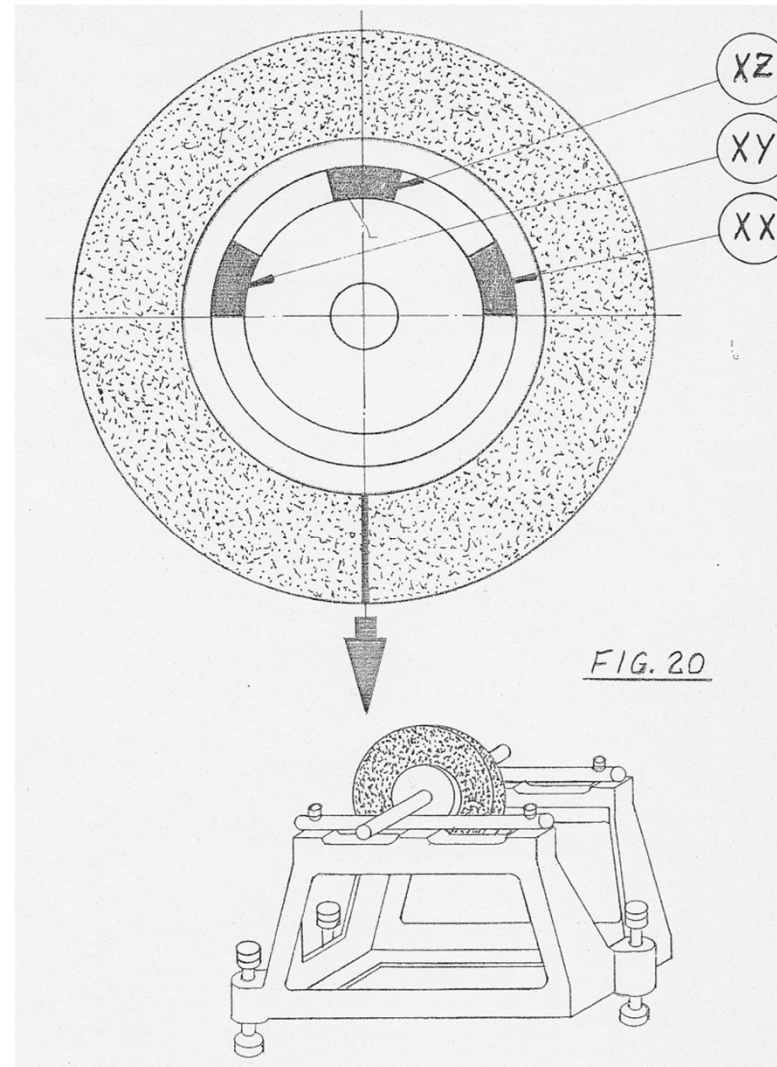
REBOLO



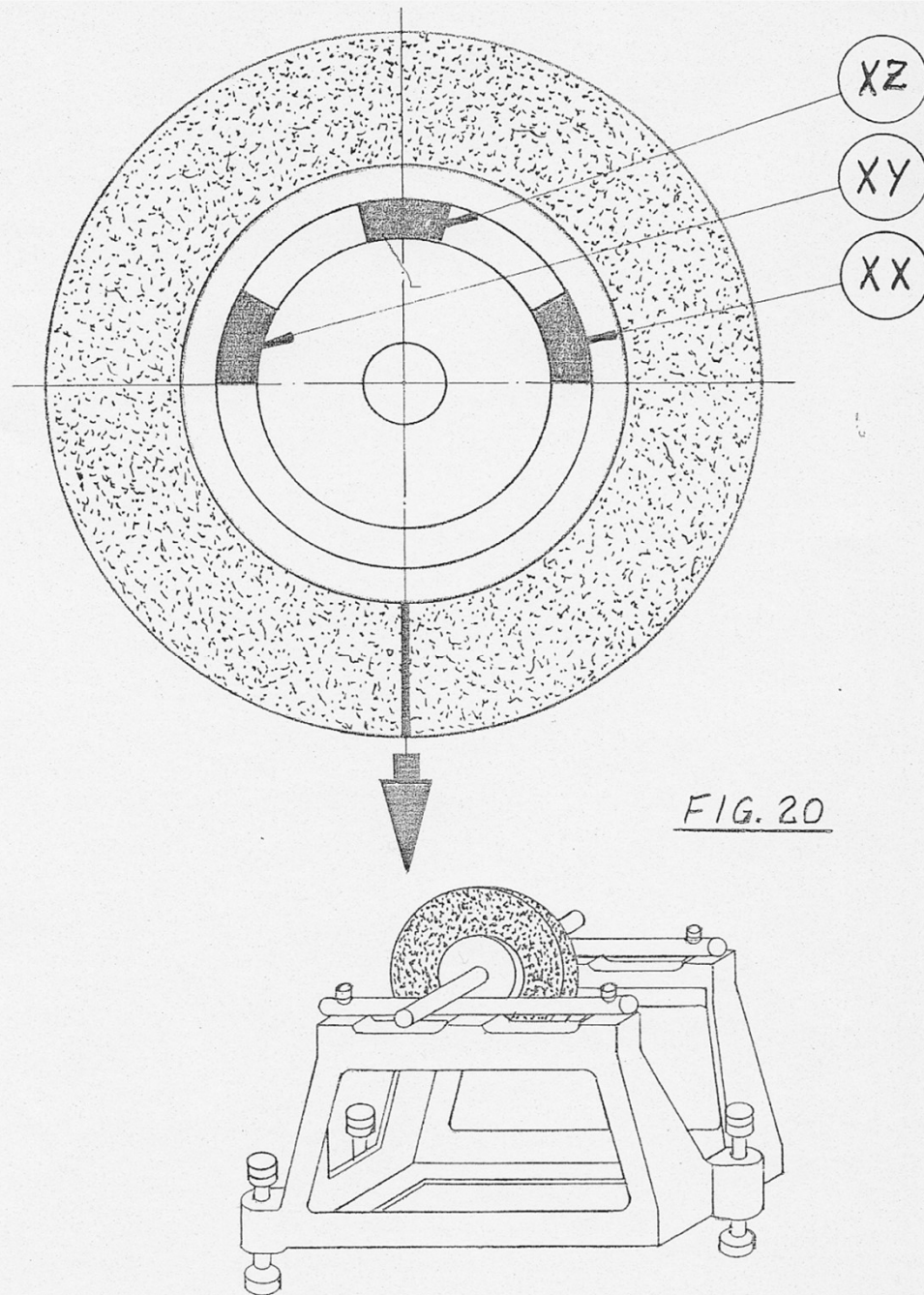
Grau de rugosidade e o processo de usinagem

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



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.

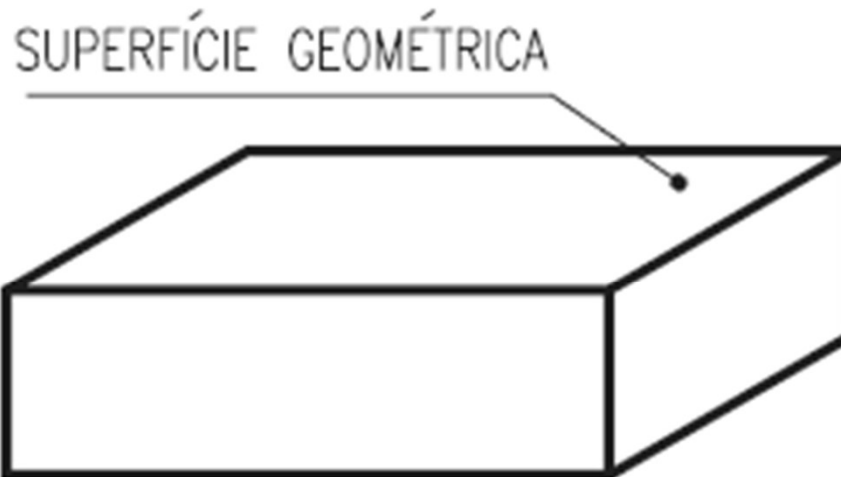
Essas irregularidades podem ser avaliadas com aparelhos eletrônicos, a exemplo do rugosímetro.

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.

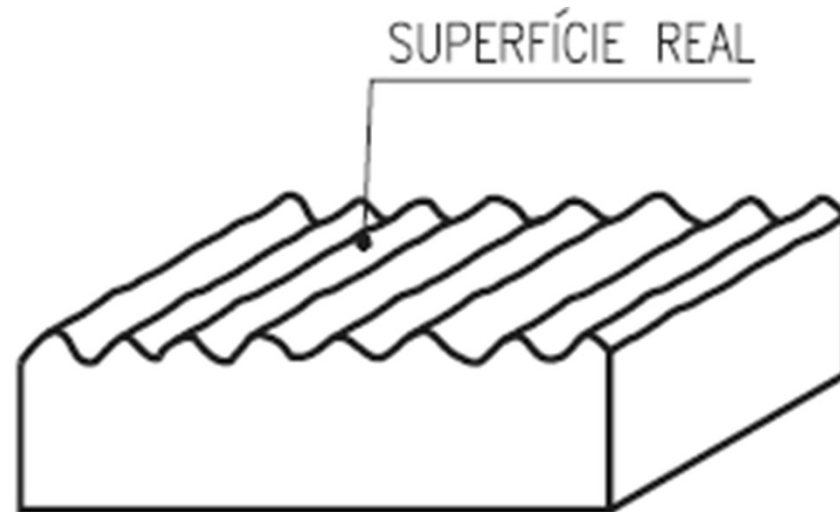


A superfície geométrica é, por definição, perfeita.

Superfície Real

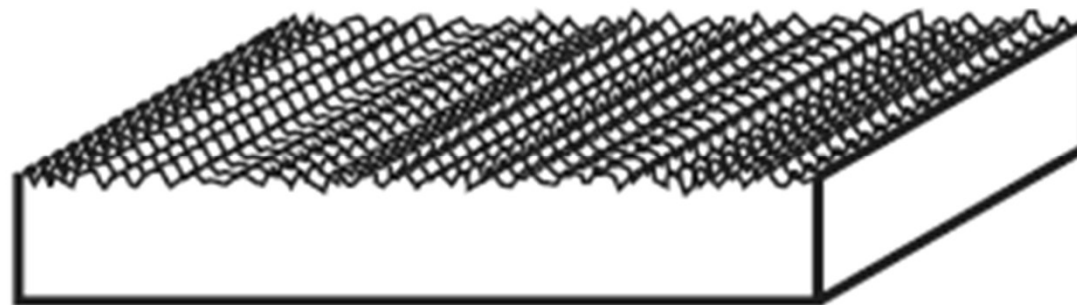
Superfície que limita o corpo e o separa do meio que o envolve. É a superfície que resulta do método empregado na sua produção. Por exemplo: torneamento, retífica, ataque químico etc.

Superfície que podemos ver e tocar.



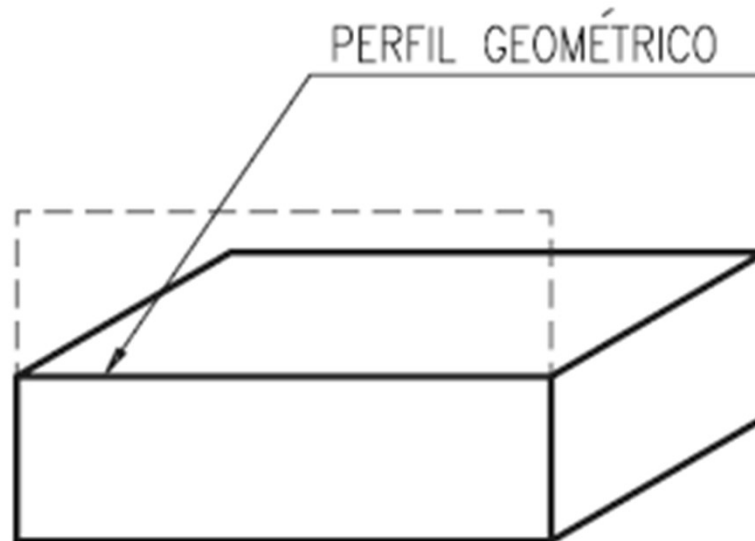
Superfície real, uma herança do método empregado na usinagem.

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.



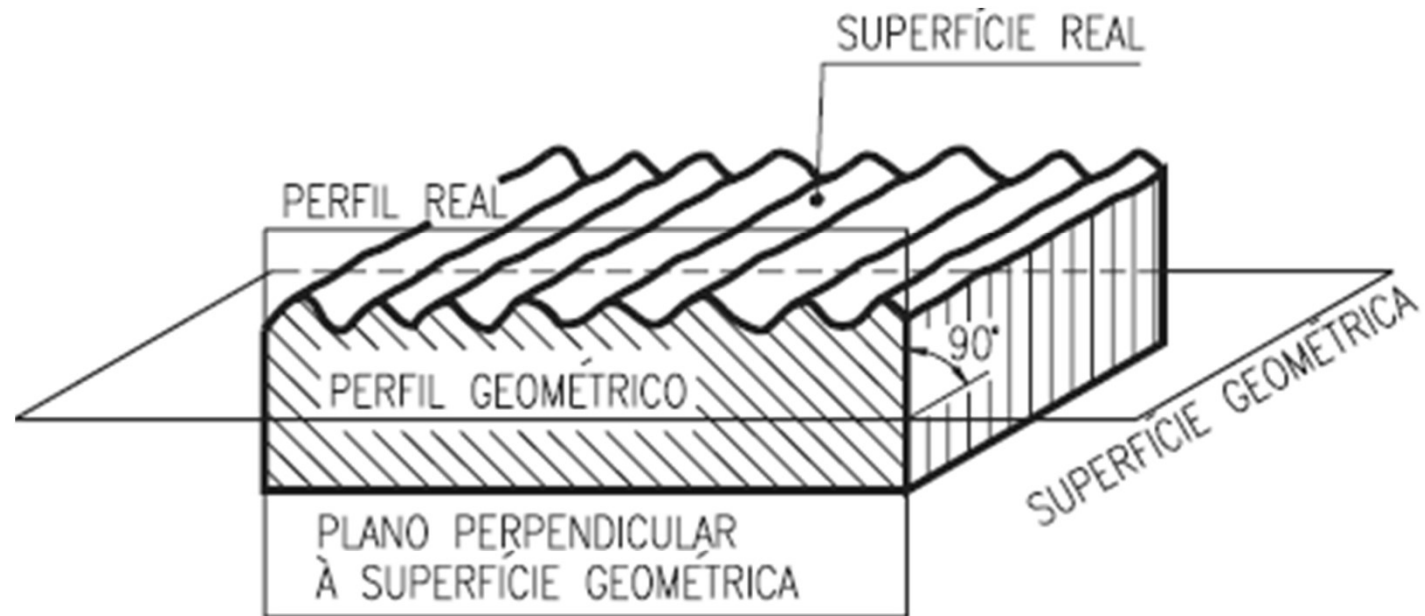
Superfície efetiva apresentada com ampliação por uma impressora.

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.



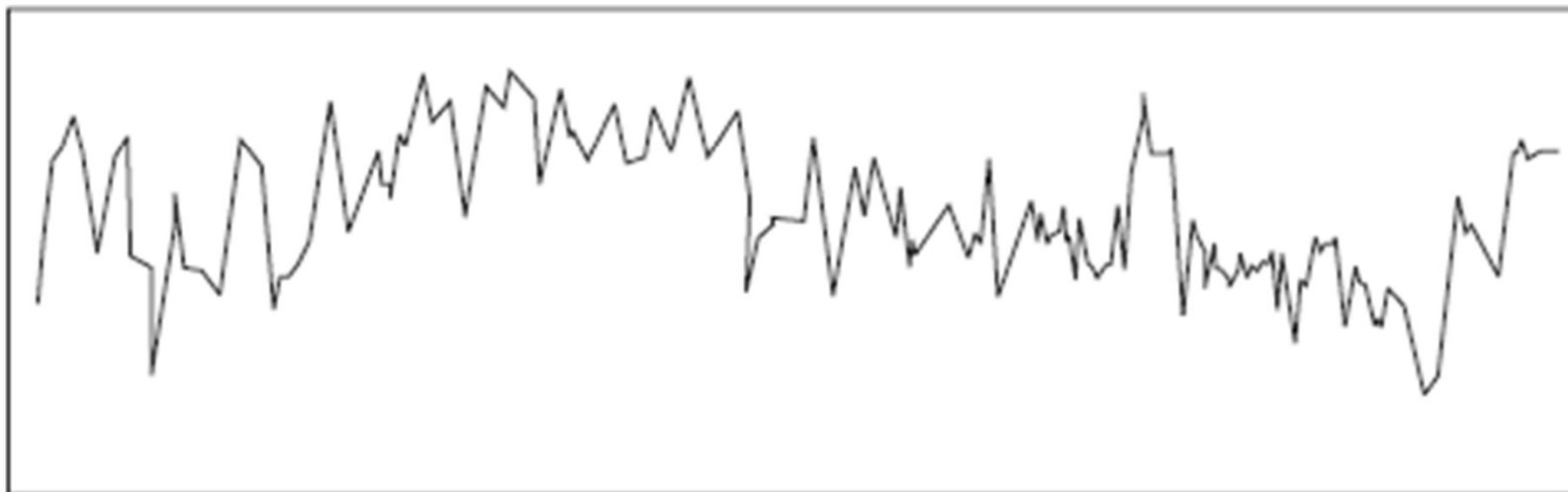
O perfil geométrico é, por definição, perfeito.

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.

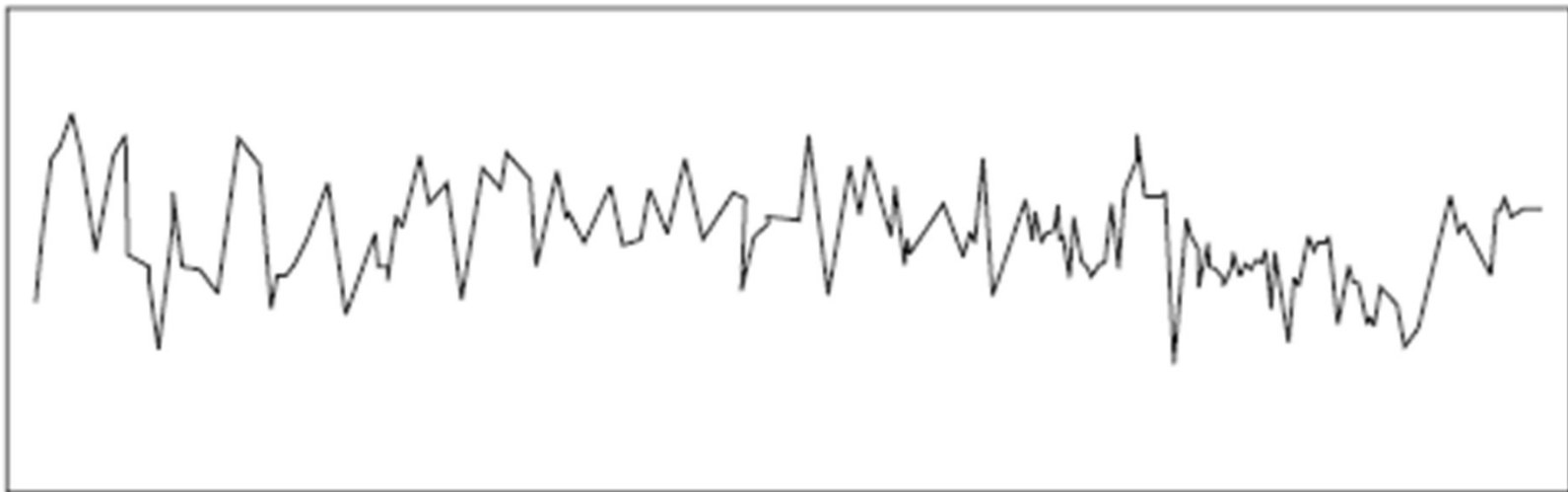
Imagem aproximada do perfil real, obtido por um meio de avaliação ou medição. Por exemplo: o perfil apresentado por um registro gráfico, sem qualquer filtragem e com as limitações atuais da eletrônica.



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

Perfil de Rugosidade

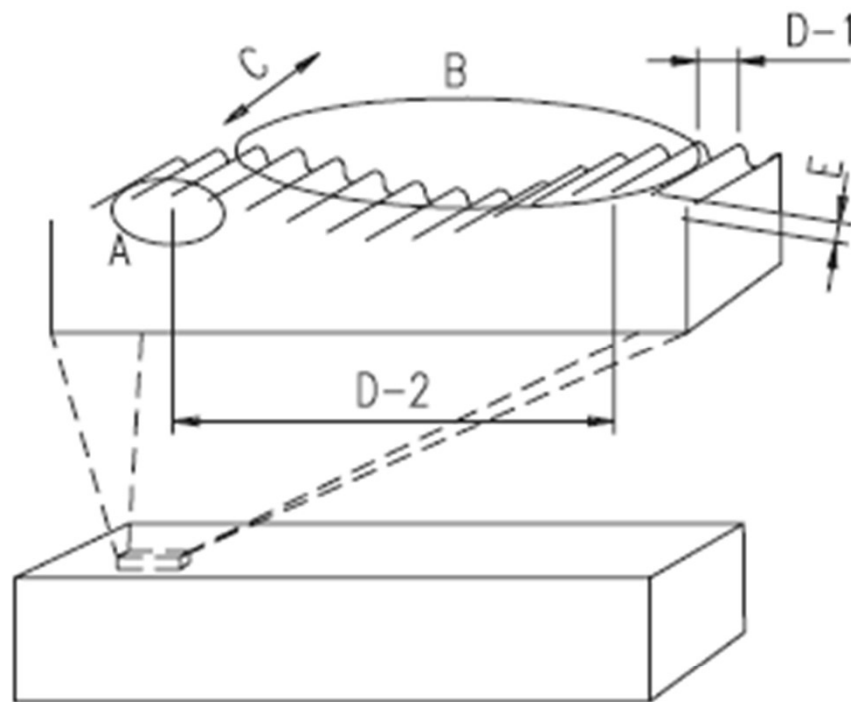
Obtido a partir do perfil efetivo, por um instrumento de avaliação, após filtragem. É o perfil apresentado por um registro gráfico, depois de uma filtragem para eliminar a ondulação à qual se sobrepõe geralmente a rugosidade.



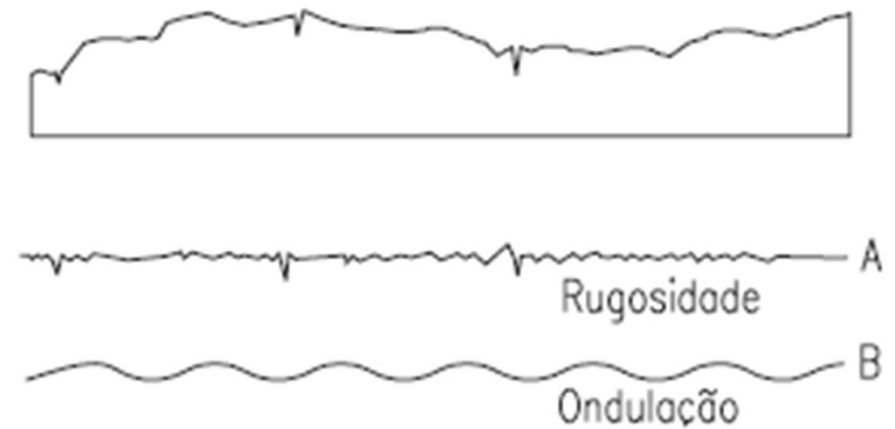
Perfil de rugosidade (após filtragem da ondulação).

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.

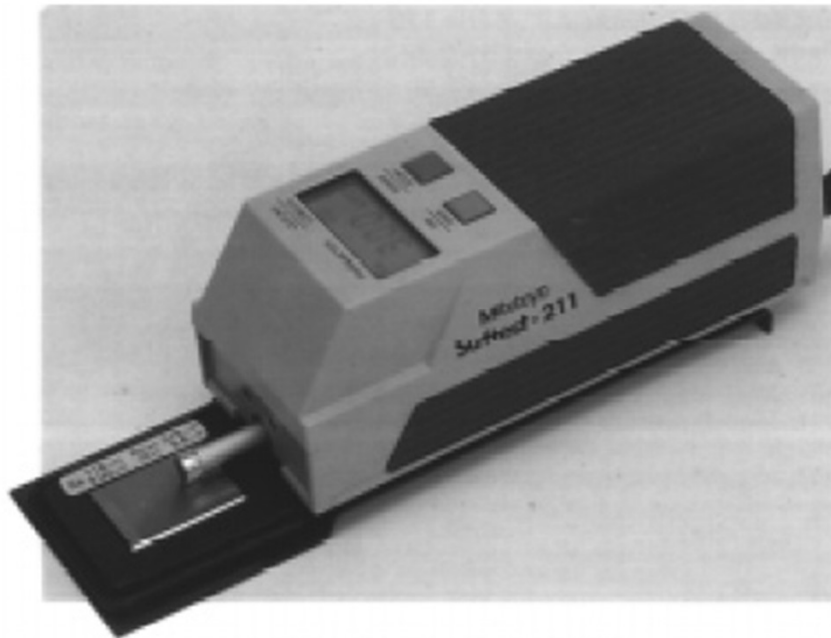
E) Altura das irregularidades ou amplitude das irregularidades.

Examinamos somente as irregularidades da textura primária.

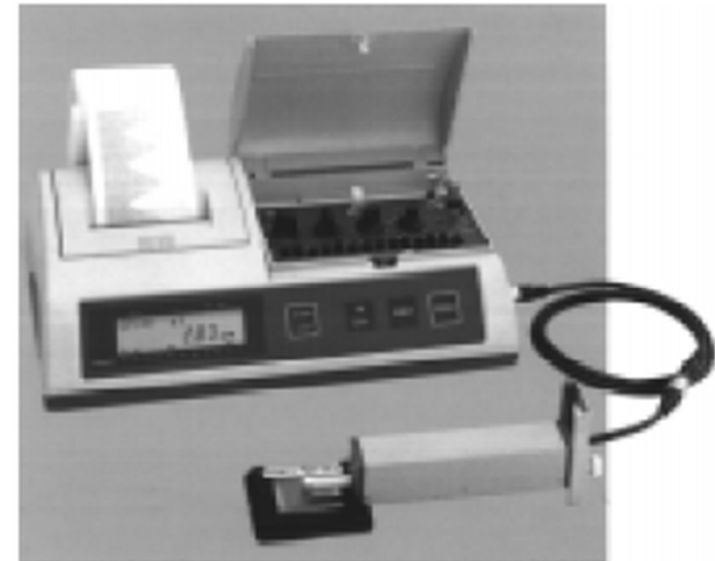
O rugosímetro é um aparelho eletrônico amplamente empregado na indústria para verificação de superfície de peças e ferramentas (rugosidade).

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.

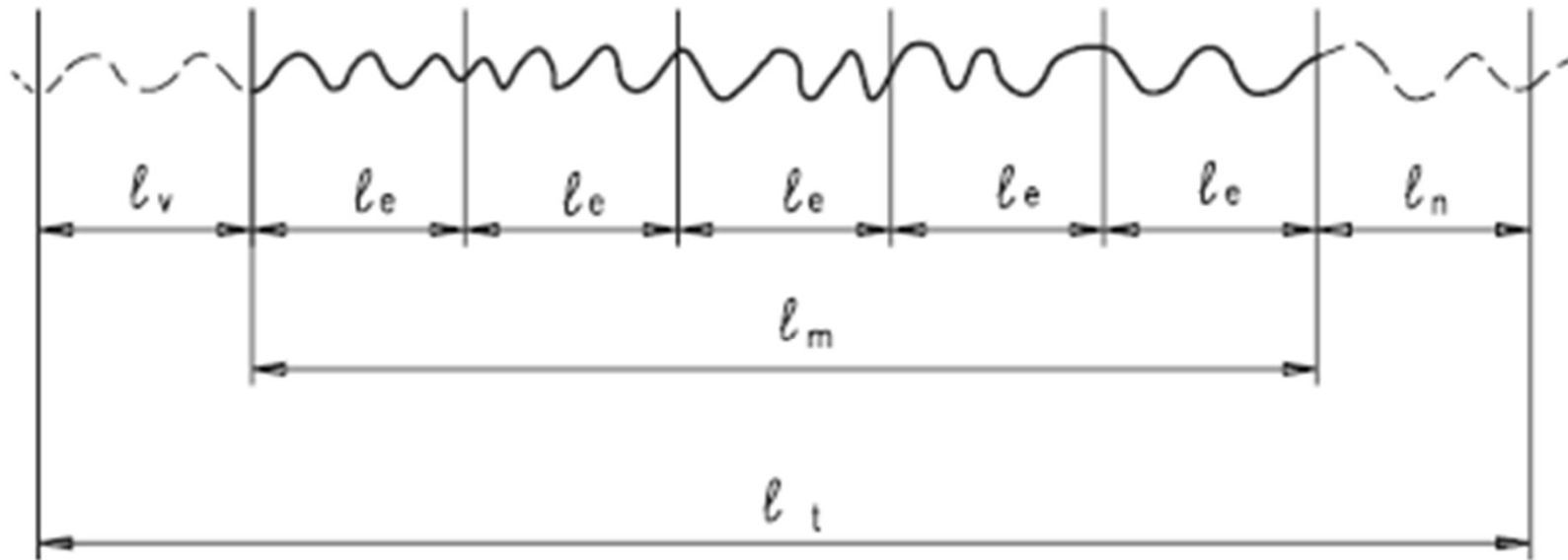
Rugosímetros



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.

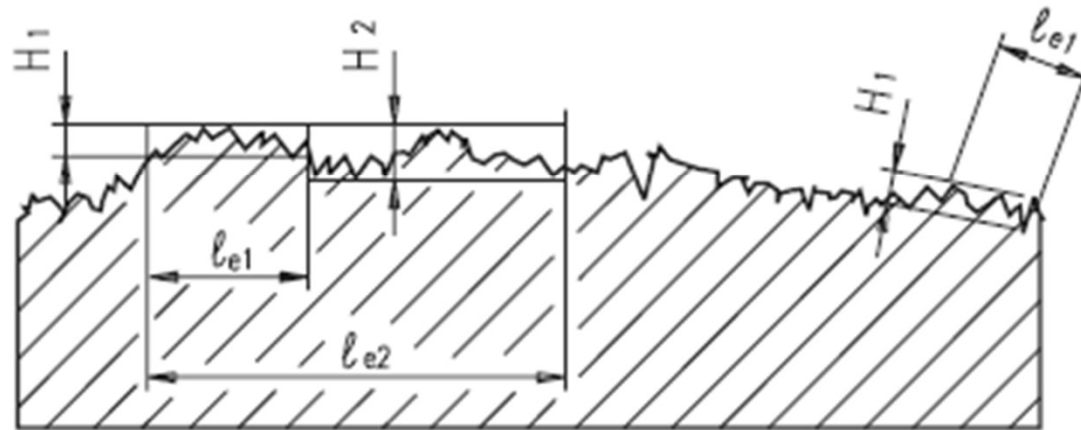
Sistemas de medição da rugosidade superficial



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.

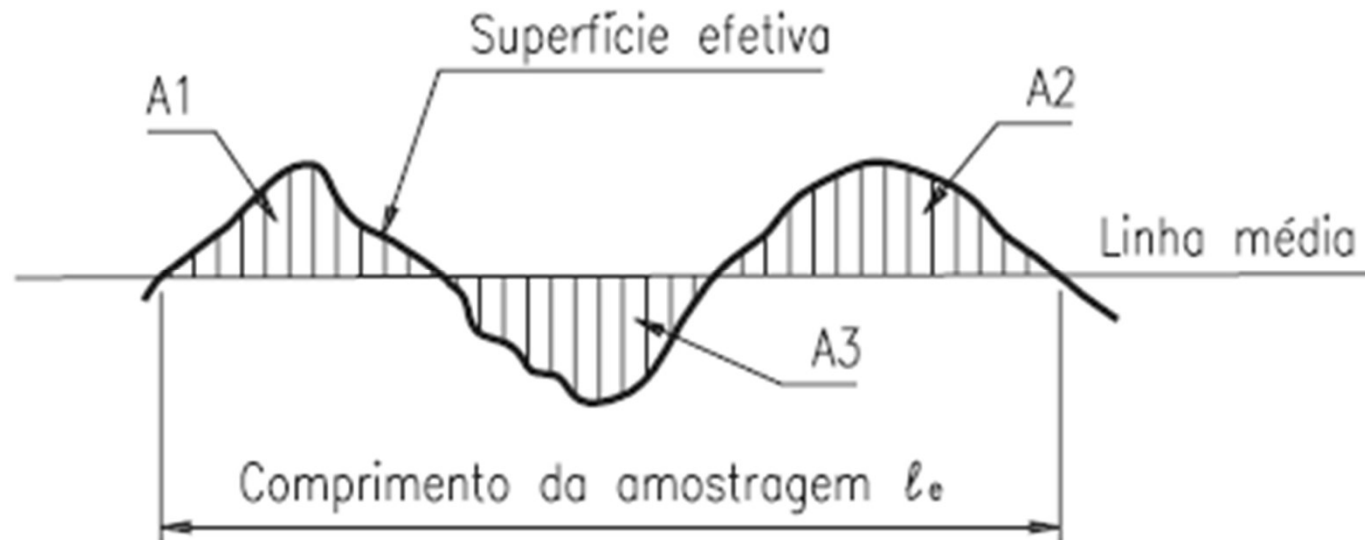
A rugosidade H_1 é menor, pois, como o comprimento l_{e1} é menor, ele filtra a ondulação.

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

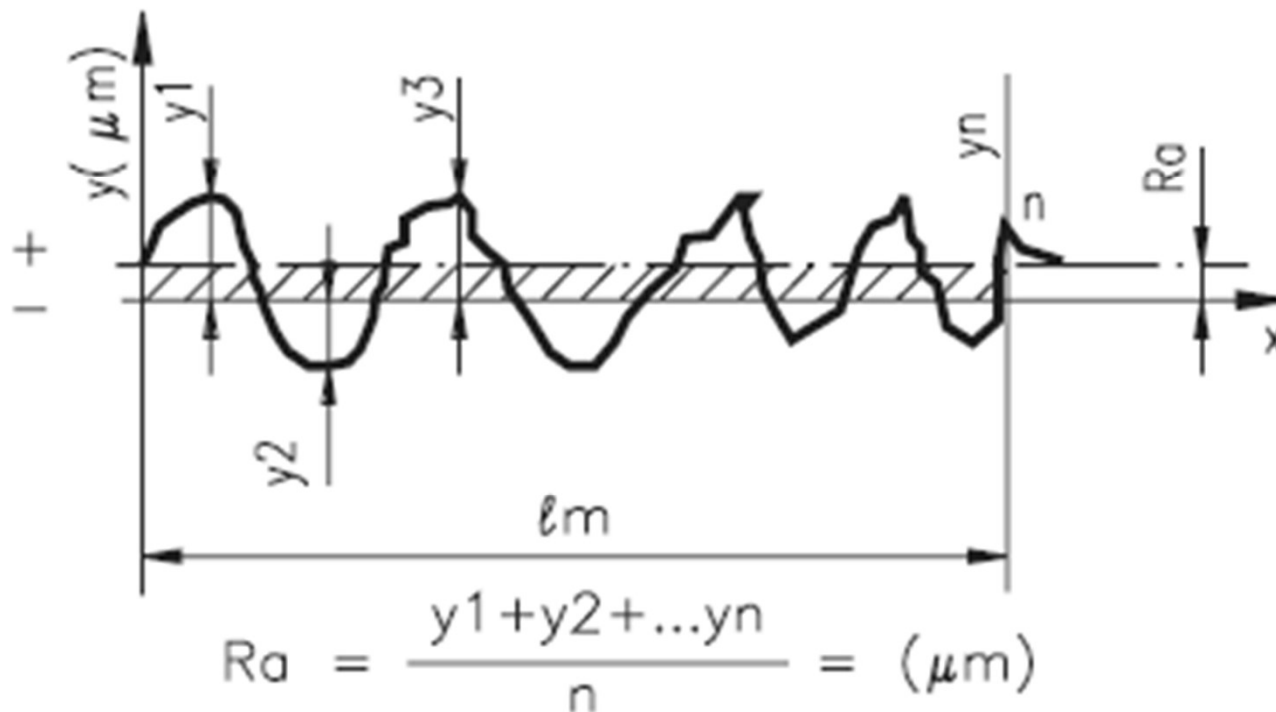


A1 e A2 áreas acima da linha média = A3 área abaixo da linha média.

$$A1 + A2 = A3$$

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 μm)
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	█			█			█			█		