

Rugosidade

Um problema

O supervisor de uma empresa verificou que os trabalhos de usinagem não estavam em condições de atender aos requisitos do projeto. Por isso, contratou um técnico para explicar ao seu pessoal as normas e aparelhos utilizados para a verificação do acabamento superficial das peças. Vamos acompanhar as explicações?

Rugosidade das superfícies

As superfícies dos componentes mecânicos devem ser adequadas ao tipo de função que exercem.

Por esse motivo, a importância do estudo do acabamento superficial aumenta à medida que crescem as exigências do projeto.

As superfícies dos componentes deslizantes, como o eixo de um mancal, devem ser lisas para que o atrito seja o menor possível. Já as exigências de acabamento das superfícies externas da tampa e da base do mancal são menores.

A produção das superfícies lisas exige, em geral, custo de fabricação mais elevado.

Os diferentes processos de fabricação de componentes mecânicos determinam acabamentos diversos nas suas superfícies.

As superfícies, por mais perfeitas que sejam, apresentam irregularidades. E essas irregularidades compreendem dois grupos de erros: erros macrogeométricos e erros microgeométricos.

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, retilidade, 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.

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. A rugosidade desempenha um papel importante no comportamento dos componentes mecânicos. 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;
- resistência à corrosão e à fadiga;
- vedação;
- aparência.

A grandeza, a orientação e o grau de irregularidade da rugosidade podem indicar suas causas que, entre outras, são:

- imperfeições nos mecanismos das máquinas-ferramenta;
- vibrações no sistema peça-ferramenta;
- desgaste das ferramentas;
- o próprio método de conformação da peça.

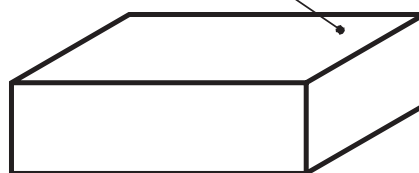
Conceitos básicos

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 geométrica

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

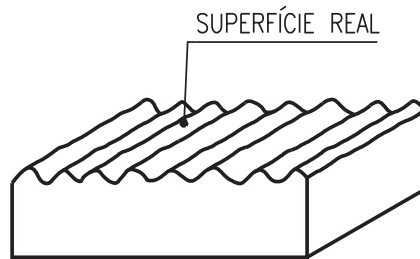
SUPERFÍCIE GEOMÉTRICA



A superfície geométrica é, por definição, perfeita.

Superfície real

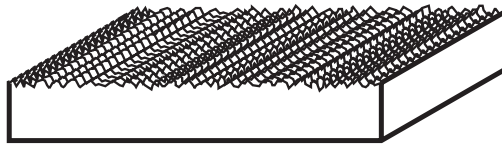
Superfície que limita o corpo e o separa do meio que o envolve. É a superfície que resulta do método empregado na sua produção. Por exemplo: torneamento, retífica, ataque químico etc. Superfície que podemos ver e tocar.



Superfície real, uma herança do método empregado na usinagem.

Superfície efetiva

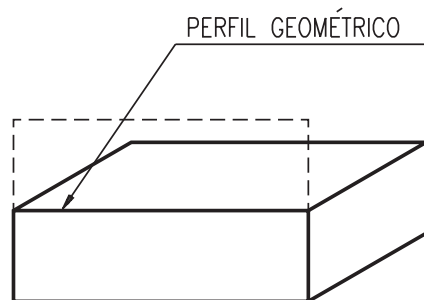
Superfície avaliada pela técnica de medição, com forma aproximada da superfície real de uma peça. É a superfície apresentada e analisada pelo aparelho de medição. É importante esclarecer que existem diferentes sistemas e condições de medição que apresentam diferentes superfícies efetivas.



Superfície efetiva apresentada com ampliação por uma impressora.

Perfil geométrico

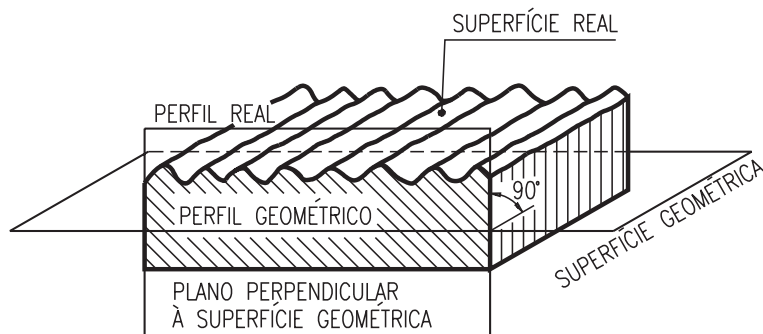
Interseção da superfície geométrica com um plano perpendicular. Por exemplo: uma superfície plana perfeita, cortada por um plano perpendicular, originará um perfil geométrico que será uma linha reta.



O perfil geométrico é, por definição, perfeito.

Perfil real

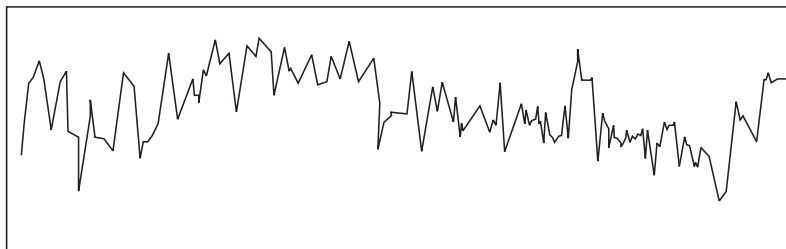
Intersecção da superfície real com um plano perpendicular. Neste caso, o plano perpendicular (imaginário) cortará a superfície que resultou do método de usinagem e originará uma linha irregular.



Perfil real, cortado por um plano perpendicular.

Perfil efetivo

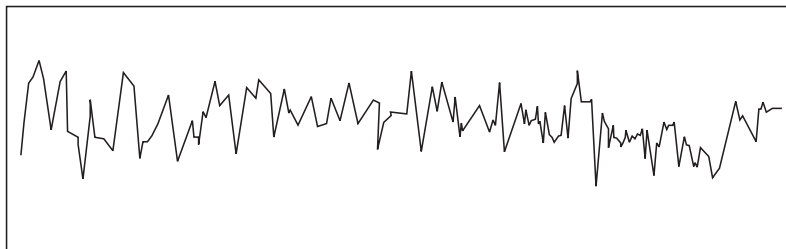
Imagem aproximada do perfil real, obtido por um meio de avaliação ou medição. Por exemplo: o perfil apresentado por um registro gráfico, sem qualquer filtragem e com as limitações atuais da eletrônica.



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

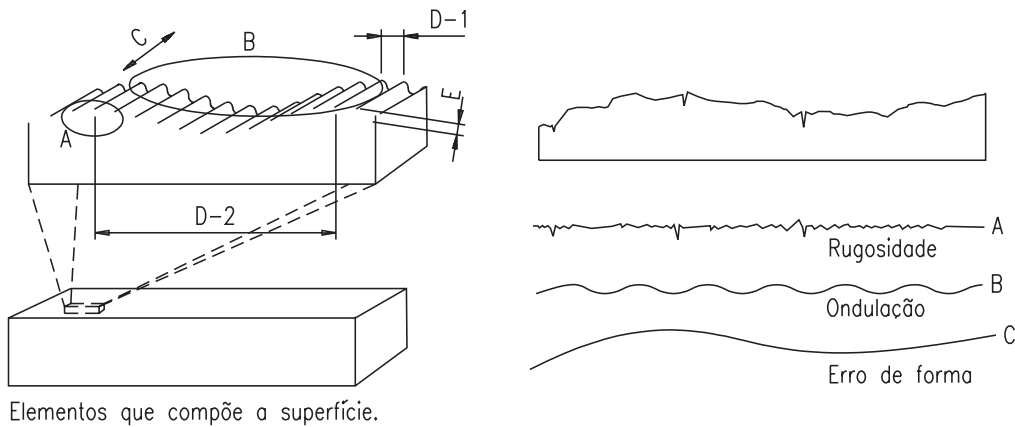
Perfil de rugosidade

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).

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



A figura representa um perfil efetivo de uma superfície, e servirá de exemplo para salientar os elementos que compõem a textura superficial, decompondo o perfil.

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.).
Lembrete: a rugosidade é também chamada de erro microgeométrico.

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.
O passo pode ser designado pela frequência das irregularidades.

E) Altura das irregularidades ou amplitude das irregularidades.
Examinamos somente as irregularidades da textura primária.

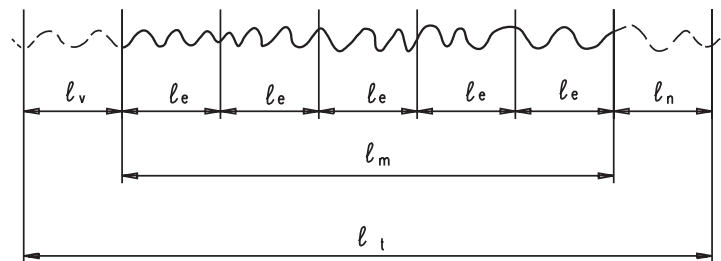
Crêterios para avaliar a rugosidade

Comprimento de amostragem (*Cut off*)

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).

O comprimento de amostragem nos aparelhos eletrônicos, chamado de *cut-off* (l_e), não deve ser confundido com a distância total (l_t) percorrida pelo apalpador sobre a superfície.

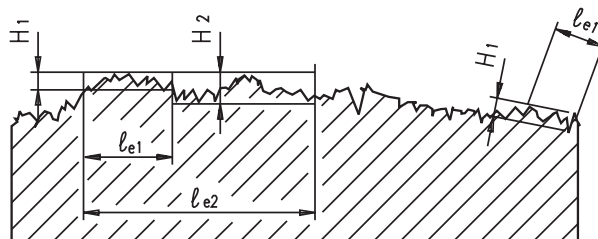
É recomendado pela norma ISO que os rugosímetros devam medir 5 comprimentos de amostragem e devem indicar o valor médio.



Comprimentos para avaliação de rugosidade.

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

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



Rugosidade e ondulação

A rugosidade H_2   maior, pois l_{e2} incorpora ondulação.

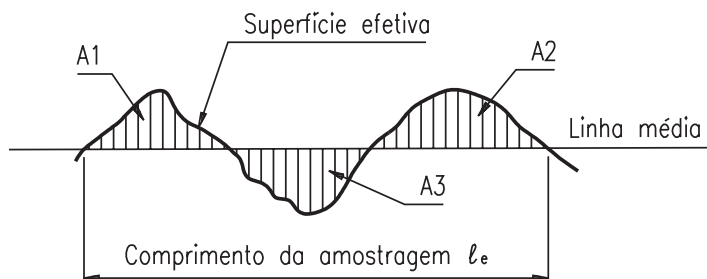
A rugosidade H_1   menor, pois, como o comprimento l_{e1}   menor, ele filtra a ondulação.

Sistemas de medição da rugosidade superficial

São usados dois sistemas básicos de medida: o da linha média M e o da envolvente E. O sistema da linha média é o mais utilizado. Alguns países adotam ambos os sistemas. No Brasil - pelas Normas ABNT NBR 6405/1988 e NBR 8404/1984 -, é adotado o sistema M.

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).



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

$$A1 + A2 = A3$$

Teste sua aprendizagem. Faça os exercícios a seguir e confira suas respostas com as do gabarito.

Marque com X a resposta correta.

Exercício 1

Erros microgeométricos são verificáveis por:

- a) ☐ rugosímetro;
- b) ☐ projetor de perfil;
- c) ☐ micrômetro;
- d) ☐ relógio comparador.

Exercício 2

A rugosidade desempenha um papel importante no comportamento dos componentes mecânicos. Ela não influi:

- a) ☐ na aparência;
- b) ☐ na qualidade de deslizamento;
- c) ☐ na resistência ao desgaste;
- d) ☐ nenhuma das respostas anteriores.

Exercícios

Exercício 3

A superfície obtida por processos de fabricação, denomina-se:

- a) () geométrica;
- b) () real;
- c) () efetiva;
- d) () rugosa;

Exercício 4

Cut off significa:

- a) () passo das irregularidades;
- b) () ondulações causada por vibrações do sistema de produção;
- c) () comprimento de amostragem nos aparelhos eletrônicos (rugosímetros);
- d) () orientação dada as irregularidades.



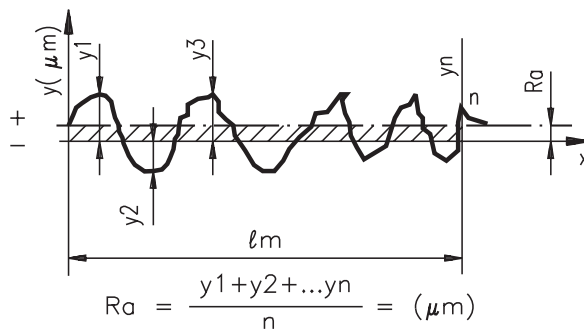
Parâmetros de rugosidade

A superfície de peças apresenta perfis bastante diferentes entre si. As saliências e reentrâncias (rugosidade) são irregulares. Para dar acabamento adequado às superfícies é necessário, portanto, determinar o nível em que elas devem ser usinadas, ou seja, deve-se adotar um parâmetro que possibilite avaliar a rugosidade. É o que vamos estudar nesta aula.

Um problema

Rugosidade média (Ra)

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). Essa grandeza pode corresponder à altura de um retângulo, cuja área é igual à soma absoluta das áreas delimitadas pelo perfil de rugosidade e pela linha média, tendo por comprimento o percurso de medição (ℓ_m).



Esse parâmetro é conhecido como:

Ra (*roughness average*) significa rugosidade média;

CLA (*center line average*) significa centro da linha média, e é adotado pela norma inglesa. A medida é expressa em micropolegadas (min = microinch).

O parâmetro Ra pode ser usado nos seguintes casos:

- Quando for necessário o controle contínuo da rugosidade nas linhas de produção;
- Em superfícies em que o acabamento apresenta sulcos de usinagem bem orientados (torneamento, fresagem etc.);
- Em superfícies de pouca responsabilidade, como no caso de acabamentos com fins apenas estéticos.

Vantagens do parâmetro Ra

É o parâmetro de medição mais utilizado em todo o mundo.

É aplicável à maioria dos processos de fabricação.

Devido a sua grande utilização, quase todos os equipamentos apresentam esse parâmetro (de forma analógica ou digital eletrônica).

Os riscos superficiais inerentes ao processo não alteram muito seu valor.

Para a maioria das superfícies, o valor da rugosidade nesse parâmetro está de acordo com a curva de Gauss, que caracteriza a distribuição de amplitude.

Desvantagens do parâmetro Ra

O valor de Ra em um comprimento de amostragem indica a média da rugosidade. Por isso, se um pico ou vale não típico aparecer na superfície, o valor da média não sofrerá grande alteração, ocultando o defeito.

O valor de Ra não define a forma das irregularidades do perfil. Dessa forma, poderemos ter um valor de Ra para superfícies originadas de processos diferentes de usinagem.

Nenhuma distinção é feita entre picos e vales.

Para alguns processos de fabricação com frequência muito alta de vales ou picos, como é o caso dos sinterizados, o parâmetro não é adequado, já que a distorção provocada pelo filtro eleva o erro a altos níveis.

Indicação da rugosidade Ra pelos números de classe

A norma NBR 8404/1984 de indicação do Estado de Superfícies em Desenhos Técnicos esclarece que a característica principal (o valor) da rugosidade Ra pode ser indicada pelos números da classe de rugosidade correspondente, conforme tabela a seguir.

CLASSE DE RUGOSIDADE	RUGOSIDADE RA (valorem mm)
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

O desvio médio aritmético é expresso em micrometro (mm).

Medição da rugosidade (Ra)

Na medição da rugosidade, são recomendados valores para o comprimento da amostragem, conforme tabela abaixo.

TABELA DE COMPRIMENTO DA AMOSTRAGEM (CUT OFF)	
RUGOSIDADE RA (mm)	MÍNIMO COMPRIMENTO DE AMOSTRAGEM L (CUT OFF) (mm)
De 0 até 0,1	0,25
Maior que 0,1 até 2,0	0,80
Maior que 2,0 até 10,0	2,50
Maior que 10,0	8,00

Simbologia, equivalência e processos de usinagem

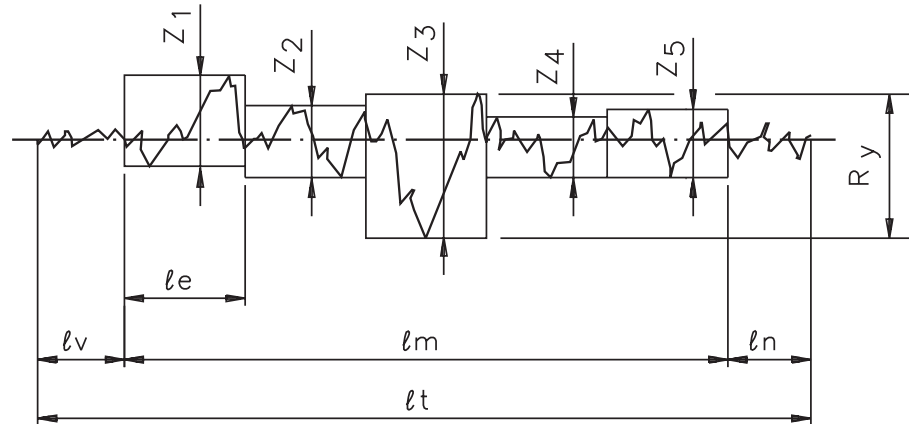
A tabela que se segue, classifica os acabamentos superficiais - geralmente encontrados na indústria mecânica - em 12 grupos, e as organiza de acordo com o grau de rugosidade e o processo de usinagem que pode ser usado em sua obtenção. Permite, também, visualizar uma relação aproximada entre a simbologia de triângulos, as classes e os valores de Ra (mm).

Grupos de rugosidades												
Rugosidade máxima valores em Ra(μm)	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(μm)	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 máxima (R_y)

Está definido como o maior valor das rugosidades parciais (Z_i) que se apresenta no percurso de medição (l_m). Por exemplo: na figura a seguir, o maior valor parcial é o Z_3 , que está localizado no 3º cut off, e que corresponde à rugosidade R_y .



Rugosidade R_y definida pela rugosidade parcial (neste caso Z_3)

O parâmetro R_y pode ser empregado nos seguintes casos:

- Superfícies de vedação;
- Assentos de anéis de vedação;
- Superfícies dinamicamente carregadas;
- Tampões em geral;
- Parafusos altamente carregados;
- Superfícies de deslizamento em que o perfil efetivo é periódico.

Vantagens do parâmetro R_y

Informa sobre a máxima deteriorização da superfície vertical da peça.

É de fácil obtenção quando o equipamento de medição fornece o gráfico da superfície.

Tem grande aplicação na maioria dos países.

Fornece informações complementares ao parâmetro R_a (que dilui o valor dos picos e vales).

Desvantagens do parâmetro R_y

Nem todos os equipamentos fornecem o parâmetro. E, para avaliá-lo por meio de um gráfico, é preciso ter certeza de que o perfil registrado é um perfil de rugosidade. Caso seja o perfil efetivo (sem filtragem), deve ser feita uma filtragem gráfica.

Pode dar uma imagem errada da superfície, pois avalia erros que muitas vezes não representam a superfície como um todo. Por exemplo: um risco causado após a usinagem e que não caracteriza o processo.

Individualmente, não apresenta informação suficiente a respeito da superfície, isto é, não informa o formato da superfície. A figura a seguir ilustra esta idéia: diversas formas de rugosidade podem ter o mesmo valor para R_y .

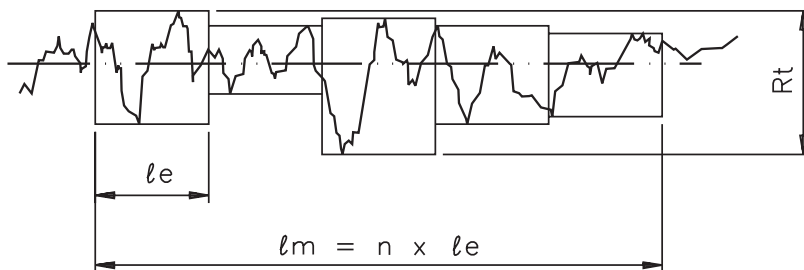


Diversas formas de rugosidade podem ter o mesmo valor para R_y .

Observação: O parâmetro R_y substitui o parâmetro $R_{máx}$.

Rugosidade total (R_t)

Corresponde à distância vertical entre o pico mais alto e o vale mais profundo no comprimento de avaliação (l_m), independentemente dos valores de rugosidade parcial (Z_i). Na figura abaixo, pode-se observar que o pico mais alto está no retângulo Z_1 , e que o vale mais fundo encontra-se no retângulo Z_3 . Ambos configuram a profundidade total da rugosidade R_t .



Rugosidade R_t . Distância entre pico mais alto e vale mais fundo.

O parâmetro R_t tem o mesmo emprego do R_y , mas com maior rigidez, pois considera o comprimento de amostra igual ao comprimento de avaliação.

Vantagens do parâmetro R_t

É mais rígido na avaliação que o R_y , pois considera todo o comprimento de avaliação e não apenas o comprimento de amostragem (1 valor de *cut off*).

É mais fácil para obter o gráfico de superfície do que com o parâmetro R_y . Tem todas as vantagens indicadas para o R_y .

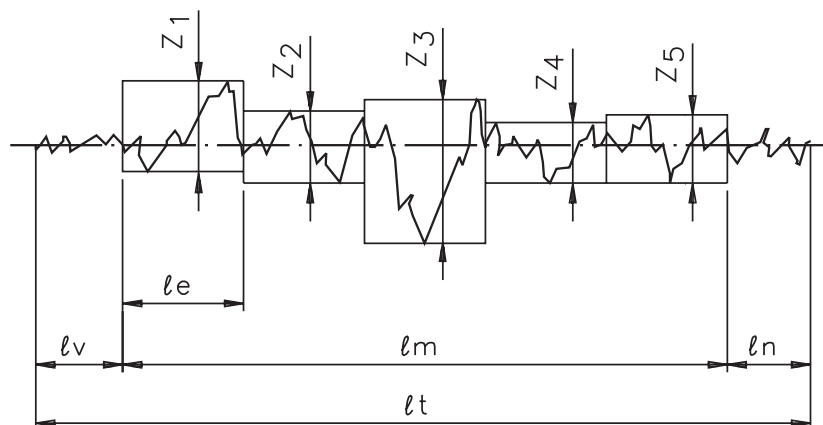
Desvantagem do parâmetro R_t

Em alguns casos, a rigidez de avaliação leva a resultados enganosos.

Rugosidade média (R_z)

Corresponde à média aritmética dos cinco valores de rugosidade parcial. Rugosidade parcial (Z_i) é a soma dos valores absolutos das ordenadas dos pontos de maior afastamento, acima e abaixo da linha média, existentes no comprimento de amostragem (*cut off*). Na representação gráfica do perfil, esse valor corresponde à altura entre os pontos máximo e mínimo do perfil, no comprimento de amostragem (l_e). Ver figura a seguir.

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



Rugosidade parcial Z_i para definir R_z .

O parâmetro R_z pode ser empregado nos seguintes casos:

- Pontos isolados não influenciam na função da peça a ser controlada. Por exemplo: superfícies de apoio e de deslizamento, ajustes prensados etc.;
- Em superfícies onde o perfil é periódico e conhecido.

Vantagens do parâmetro R_z

Informa a distribuição média da superfície vertical.

É de fácil obtenção em equipamentos que fornecem gráficos.

Em perfis periódicos, define muito bem a superfície.

Riscos isolados serão considerados apenas parcialmente, de acordo com o número de pontos isolados.

Desvantagens do parâmetro R_z

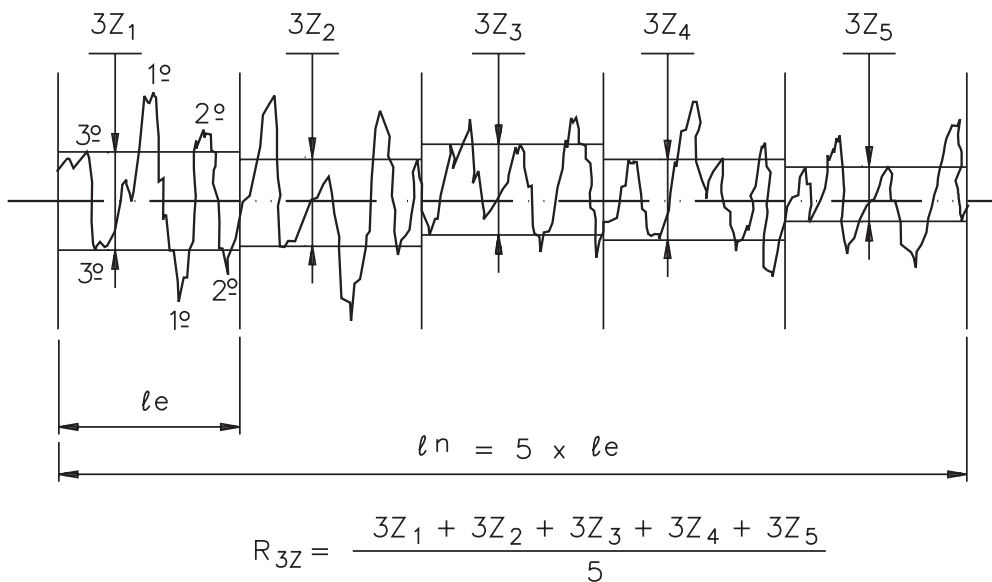
Em algumas aplicações, não é aconselhável a consideração parcial dos pontos isolados, pois um ponto isolado acentuado será considerado somente em 20%, mediante a divisão de $\frac{1}{5}$.

Assim como o R_y , não possibilita nenhuma informação sobre a forma do perfil, bem como da distância entre as ranhuras.

Nem todos os equipamentos fornecem esse parâmetro.

Rugosidade média do terceiro pico e vale (R_{3Z})

Consiste na média aritmética dos valores de rugosidade parcial ($3Z_i$), correspondentes a cada um dos cinco módulos (*cut off*). Em cada módulo foram traçadas as distâncias entre o terceiro pico mais alto e o terceiro vale mais fundo, em sentido paralelo à linha média. Na figura abaixo ilustram-se os cinco módulos com os valores $3Z_i$ ($i =$ de 1 a 5).



O parâmetro R_{3Z} pode ser empregado em:

- Superfícies de peças sinterizadas;
- Peças fundidas e porosas em geral.

Vantagens do parâmetro R_{3Z}

Desconsidera picos e vales que não sejam representativos da superfície.

Caracteriza muito bem uma superfície que mantém certa periodicidade do perfil ranhurado.

É de fácil obtenção com equipamento que forneça gráfico.

Desvantagens do parâmetro R_{3Z}

Não possibilita informação sobre a forma do perfil nem sobre a distância entre ranhuras.

Poucos equipamentos fornecem o parâmetro de forma direta.

Teste sua aprendizagem. Faça os exercícios a seguir e confira suas respostas com as do gabarito.

Exercícios

Marque com X a resposta correta.

Exercício 1

O parâmetro de avaliação da rugosidade mais usado é:

- a) ☐ Rz;
- b) ☐ Ra;
- c) ☐ Rt;
- d) ☐ Ry.

Exercício 2

A classe N4 corresponde a uma rugosidade Ra igual a 0,2 mm. Com esses valores recomenda-se um comprimento de amostragem (*cut off*) igual a:

- a) ☐ 8,00 mm;
- b) ☐ 2,50 mm;
- c) ☐ 0,25 mm;
- d) ☐ 0,80 mm.

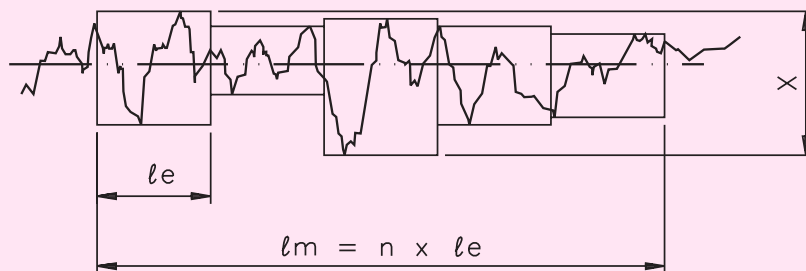
Exercício 3

Para medir a rugosidade de uma superfície de peças sinterizadas utiliza-se o parâmetro:

- a) ☐ Rz;
- b) ☐ Rt;
- c) ☐ Ra;
- d) ☐ R_{3Z} .

Exercício 4

A cota representada com X na figura abaixo corresponde a:



- a) ☐ Ry;
- b) ☐ R_{3Z} ;
- c) ☐ Ra;
- d) ☐ Rt.

Representação de rugosidade

Existem vários tipos de superfície de peças. Qual o melhor meio para identificar rapidamente cada um desses tipos e o estado das superfícies?




Um problema

Essa questão foi resolvida com símbolos convencionados, representados por desenhos técnicos. Vamos conhecer essa simbologia?

Simbologia: Norma ABNT - NBR 8404/1984

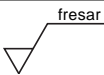
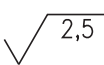


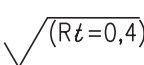
A Norma ABNT - NBR 8404 fixa os símbolos e indicações complementares para a identificação do estado de superfície em desenhos técnicos.

QUADRO 1: SÍMBOLO SEM INDICAÇÃO



SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Símbolo básico; só pode ser usado quando seu significado for complementado por uma indicação.
	Caracteriza uma superfície usinada, sem mais detalhes.
	Caracteriza uma superfície na qual a remoção de material não é permitida e indica que a superfície deve permanecer no estado resultante de um processo de fabricação anterior, mesmo se ela tiver sido obtida por usinagem.

QUADRO 2: SÍMBOLOS COM INDICAÇÃO DA CARACTERÍSTICA PRINCIPAL DA RUGOSIDADE, RA

SÍMBOLO			SIGNIFICADO
A remoção do material é:			
facultativa	exigida	não permitida	
<div><div>3,2</div><div><div><div></div></div></div><div>ou</div><div><div>N8</div><div><div></div></div></div></div>	<div><div>3,2</div><div><div><div></div></div></div><div>ou</div><div><div>N8</div><div><div></div></div></div></div>	<div><div>3,2</div><div><div><div></div></div></div><div>ou</div><div><div>N8</div><div><div></div></div></div></div>	Superfície com rugosidade de valor máximo Ra=3,2mm.
<div><div>6,3</div><div><div><div></div></div></div><div>1,6</div><div><div><div></div></div></div><div>ou</div><div><div>N9</div><div><div></div></div></div><div><div>N7</div><div><div></div></div></div></div>	<div><div>6,3</div><div><div><div></div></div></div><div>1,6</div><div><div><div></div></div></div><div>ou</div><div><div>N9</div><div><div></div></div></div><div><div>N7</div><div><div></div></div></div></div>	<div><div>6,3</div><div><div><div></div></div></div><div>1,6</div><div><div><div></div></div></div><div>ou</div><div><div>N9</div><div><div></div></div></div><div><div>N7</div><div><div></div></div></div></div>	Superfície com rugosidade de valor máximo Ra=6,3mm e mínimo Ra=1,6mm.

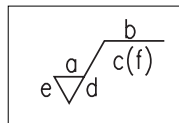
QUADRO 3: SÍMBOLOS COM INDICAÇÕES COMPLEMENTARES	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Processo de fabricação: fresar.
	Comprimento de amostragem <i>cut off</i> = 2,5 mm.
	Direção das estrias: perpendicular ao plano; projeção da vista.
	Sobremetal para usinagem = 2mm.
	Indicação (entre parênteses) de um outro parâmetro de rugosidade diferente de Ra, por exemplo, Rt = 0,4 mm.

Esses símbolos podem ser combinados entre si, ou utilizados em combinação com os símbolos que tenham a indicação da característica principal da rugosidade Ra.

QUADRO 4: SÍMBOLOS PARA INDICAÇÕES SIMPLIFICADAS	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Uma indicação complementar explica o significado do símbolo.
	Uma indicação complementar explica o significado dos símbolos.

Indicações do estado de superfície no símbolo

Cada uma das indicações do estado de superfície é disposta em relação ao símbolo.



a = valor da rugosidade Ra, em mm, ou classe de rugosidade N1 até N12

b = método de fabricação, tratamento ou revestimento

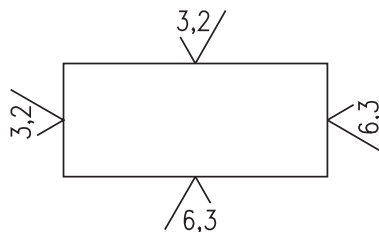
c = comprimento de amostra, em milímetro (*cut off*)

d = direção de estrias

e = sobremetal para usinagem, em milímetro

f = outros parâmetros de rugosidade (entre parênteses)

Os símbolos e inscrições devem estar orientados de maneira que possam ser lidos tanto com o desenho na posição normal como pelo lado direito.



Direção das estrias

QUADRO 5: SÍMBOLO PARA DIREÇÃO DAS ESTRIAS

SÍMBOLO	INTERPRETAÇÃO	
=	Paralela ao plano de projeção da vista sobre o qual o símbolo é aplicado.	
^	Perpendicular ao plano de projeção da vista sobre o qual o símbolo é aplicado.	
X	Cruzadas em duas direções oblíquas em relação ao plano de projeção da vista sobre o qual o símbolo é aplicado.	
M	Muitas direções.	
C	Aproximadamente central em relação ao ponto médio da superfície ao qual o símbolo é referido.	
R	Aproximadamente radial em relação ao ponto médio da superfície ao qual o símbolo é referido.	

Se for necessário definir uma direção das estrias que não esteja claramente definida por um desses símbolos, ela deve estar descrita no desenho por uma nota adicional.

A direção das estrias é a direção predominante das irregularidades da superfície, que geralmente resultam do processo de fabricação utilizado.

Rugosímetro

O rugosímetro é um aparelho eletrônico amplamente empregado na indústria para verificação de superfície de peças e ferramentas (rugosidade). Assegura um alto padrão de qualidade nas medições. Destina-se à análise dos problemas relacionados à rugosidade de superfícies.

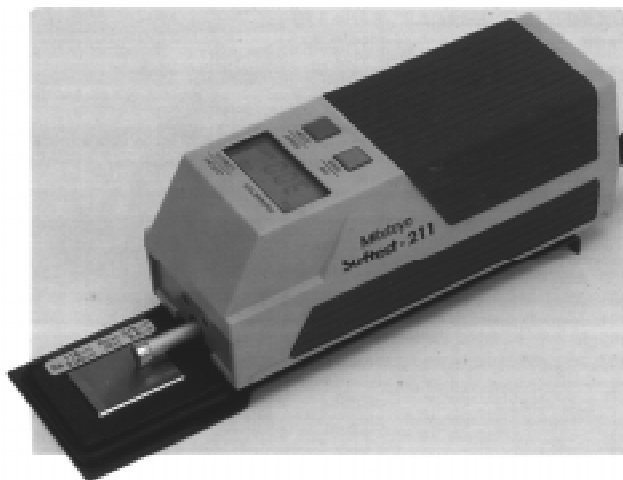
Aparelhos eletrônicos

Inicialmente, o rugosímetro destinava-se somente à avaliação da rugosidade ou textura primária. Com o tempo, apareceram os critérios para avaliação da textura secundária, ou seja, a ondulação, e muitos aparelhos evoluíram para essa nova tecnologia. Mesmo assim, por comodidade, conservou-se o nome genérico de rugosímetro também para esses aparelhos que, além de rugosidade, medem a ondulação.

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.

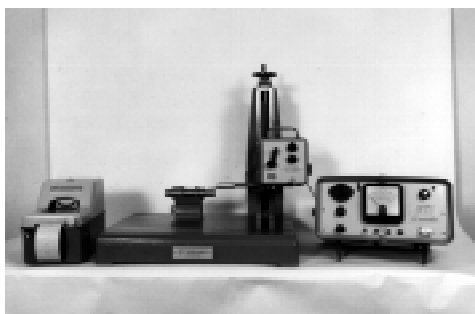
Os primeiros são mais empregados em linhas de produção, enquanto os segundos têm mais uso nos laboratórios, pois também apresentam um gráfico que é importante para uma análise mais profunda da textura superficial.



rugosímetro portátil digital



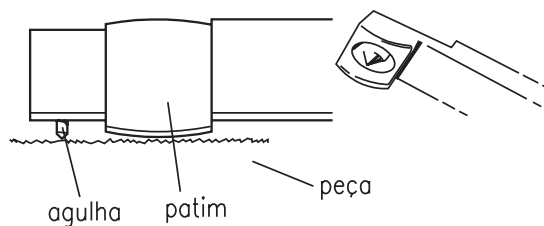
rugosímetro digital
com registro gráfico incorporado



sistema para avaliação de textura superficial
(análogo)

Os aparelhos para avaliação da textura superficial são compostos das seguintes partes:

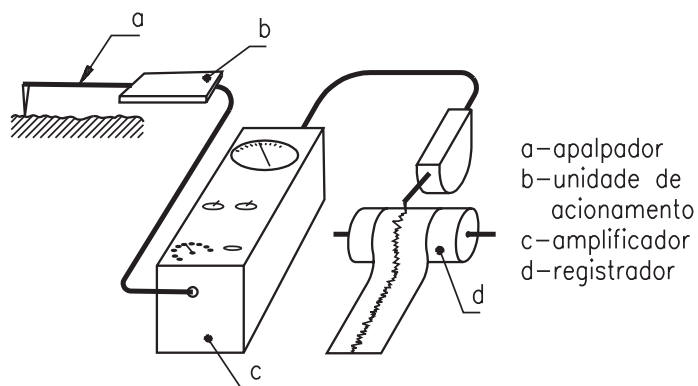
Apalpador - Também chamado de "pick-up", desliza sobre a superfície que será verificada, levando os sinais da agulha apalpadora, de diamante, até o amplificador.



Unidade de acionamento - Desloca o apalpador sobre a superfície, numa velocidade constante e por uma distância desejável, mantendo-o na mesma direção.

Amplificador - Contém a parte eletrônica principal, dotada de um indicador de leitura que recebe os sinais da agulha, amplia-os, e os calcula em função do parâmetro escolhido.

Registrador - É um acessório do amplificador (em certos casos fica incorporado a ele) e fornece a reprodução, em papel, do corte efetivo da superfície.



esquema de funcionamento de um rugosímetro

Processo da determinação da rugosidade

Esse processo consiste, basicamente, em percorrer a rugosidade com um apalpador de formato normalizado, acompanhado de uma guia (patim) em relação ao qual ele se move verticalmente.

Enquanto o apalpador acompanha a rugosidade, a guia (patim) acompanha as ondulações da superfície. O movimento da agulha é transformado em impulsos elétricos e registrados no mostrador e no gráfico.

Teste sua aprendizagem. Faça os exercícios a seguir e confira suas respostas com as do gabarito.

Exercícios

Marque com X a resposta correta.

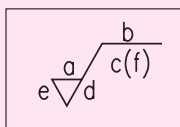
Exercício 1

De acordo com o símbolo $\sqrt{3,2}$ da NBR 8404:

- a) () a remoção de cavaco é exigida, e a superfície com rugosidade R_a mede 3,2 mm;
- b) () a remoção de cavaco é facultativa, e a superfície com rugosidade mede $R_a = 3,2$ mm;
- c) () a remoção de cavaco não é permitida, e a superfície com rugosidade mede $R_a = 3,2$ mm;
- d) () a rugosidade é caracterizada por uma superfície usinada, sem mais detalhes.

Exercício 2

No símbolo da figura abaixo, a letra “e” significa:



- a) () método de fabricação;
- b) () valor da rugosidade em R_a ;
- c) () direção das estrias;
- d) () sobremetal para usinagem, em milímetro (mm).

Exercício 3

Quanto ao símbolos para direção das estrias, volte ao **Quadro 5** e diga o que significa símbolo “M”:

- a) () perpendicular ao plano de projeção;
- b) () paralela ao plano de projeção;
- c) () muitas direções;
- d) () cruzadas em duas direções oblíquas.

Exercício 4

As partes principais de um aparelho para medir rugosidade são:

- a) () apalpador, patim, *cut off*;
- b) () apalpador, unidade de acionamento, amplificador, registrador;
- c) () amplificador, *cut off*, agulha;
- d) () filtro, unidade de acionamento, registrador, *cut off*.

Estado de superfície

Introdução

A produção de uma peça, ou de um objeto qualquer, parte sempre de um corpo bruto para, passo a passo, chegar ao estado acabado. Durante o processo de fabricação, o material bruto sofre transformações de forma, de tamanho e de propriedades.

A peça pronta deve ficar de acordo com o seu desenho técnico. Você já sabe que o desenho técnico traz informações sobre as características geométricas e dimensionais da peça. Você já aprendeu, também, que certos desvios de tamanho e de forma, dentro de limites de tolerância estabelecidos no desenho técnico, são aceitáveis porque não comprometem o funcionamento da peça.

Mas, em alguns casos, para garantir a perfeita funcionalidade da peça, é necessário especificar, também, o **acabamento das superfícies**, isto é, a aparência final da peça e as propriedades que ela deve ter. As informações sobre os **estados de superfície** são indicadas, no desenho técnico, através de simbologia normalizada.

Nossa aula

Estudando os assuntos desta aula, você ficará conhecendo os símbolos indicativos de estado de superfície recomendados pela ABNT.

Esta aula encerra formalmente o módulo de **Leitura e Interpretação de Desenho Técnico Mecânico**. Porém, este assunto é tão importante que será retomado em outros módulos, com a aplicação prática dos conhecimentos básicos aqui desenvolvidos.

No módulo **Elementos de Máquinas**, você estudará alguns componentes padronizados de máquinas que seguem convenções e normas próprias e, finalmente, exercitará a aplicação de todos os conhecimentos adquiridos, interpretando alguns desenhos para execução, de conjuntos mecânicos e seus componentes.

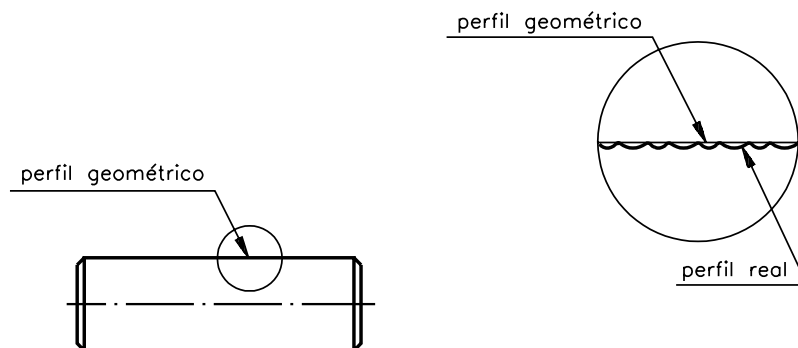
Processos de fabricação e de acabamento de peças

O método de produção interfere na aparência, na funcionalidade e nas características gerais do produto acabado. Existem vários processos de fabricação de peças. Você conhecerá mais detalhadamente cada um desses processos ao estudar o módulo **Processos de fabricação**.

Por enquanto, é suficiente que você saiba que a usinagem, a fundição e o forjamento são alguns dos processos de fabricação de peças que determinam diferentes graus de acabamento de superfícies. Um mesmo grau de acabamento pode ser obtido por diversos processos de trabalho. Da mesma forma, o mesmo processo de trabalho permite atingir diversos graus de acabamento.

Quanto melhor o acabamento a ser obtido, maior o custo de execução da peça. Portanto, para não onerar o custo de fabricação, as peças devem apresentar o grau de acabamento adequado à sua função.

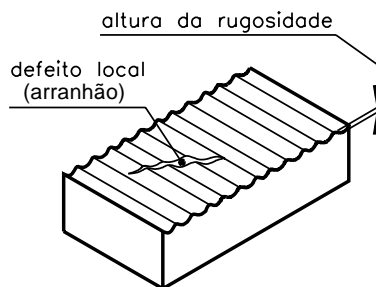
A escolha do processo de fabricação deve levar em conta a forma, a função, a natureza da superfície, o tipo de material e os meios de produção disponíveis. Mais adiante você ficará sabendo como é feita a indicação dos processos de fabricação nos desenhos técnicos. Antes, porém, você precisa conhecer mais alguns detalhes sobre o acabamento de superfícies das peças. Na prática, a superfície real da peça nunca é igual à superfície geométrica representada no desenho. Analise, na figura abaixo, o perfil geométrico de um eixo e, a sua direita, o detalhe ampliado da superfície deste mesmo eixo. No detalhe ampliado você pode observar que a superfície real apresenta irregularidades na forma:



Você já viu que, na fabricação de peças, as superfícies estão sujeitas a erros de forma e de posição, que determinam as tolerâncias geométricas. Esses erros são considerados **macrogeométricos**.

As tolerâncias geométricas são estabelecidas para que tais erros não prejudiquem o funcionamento da peça. Entretanto, mesmo superfícies executadas dentro dos padrões de tolerância geométrica determinados, apresentam um conjunto de irregularidades **microgeométricas** que constituem a **rugosidade** da peça ou **textura primária**.

A rugosidade consiste nas marcas ou sulcos deixados pela ferramenta utilizada para produzir a peça. As irregularidades das superfícies, que constituem a rugosidade, são as saliências e reentrâncias existentes na superfície real.

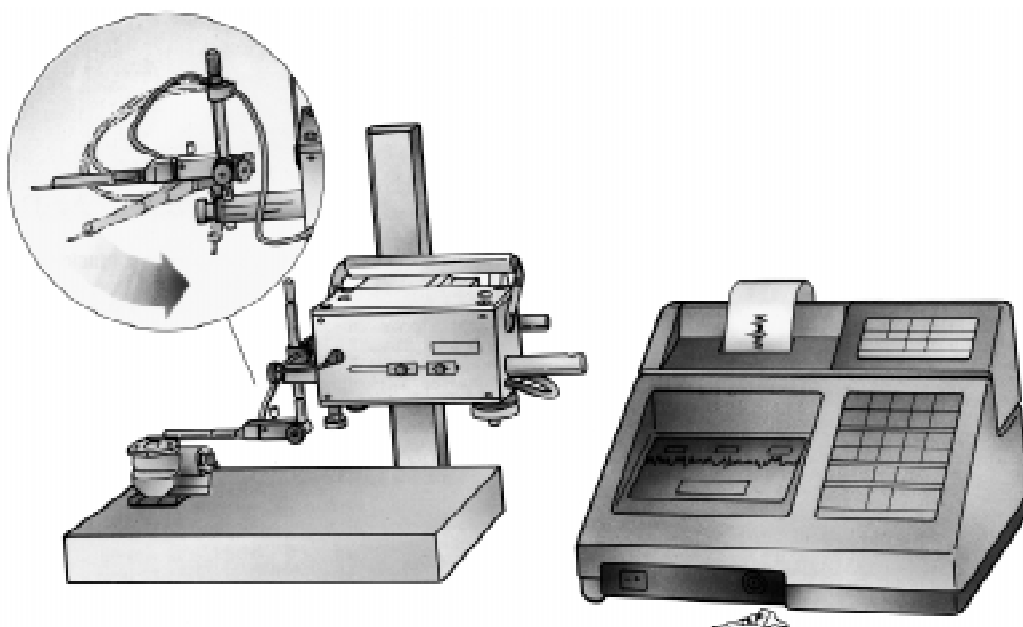


A princípio, a avaliação da rugosidade era feita pela visão e pelo tato. A comparação visual e tátil dá uma idéia, mas não transmite a precisão necessária, levando a conclusões muitas vezes enganosas, e que não podem ser expressas em números. Depois, passou-se a utilizar microscópios, que permitiam uma visão ampliada da superfície a ser julgada.

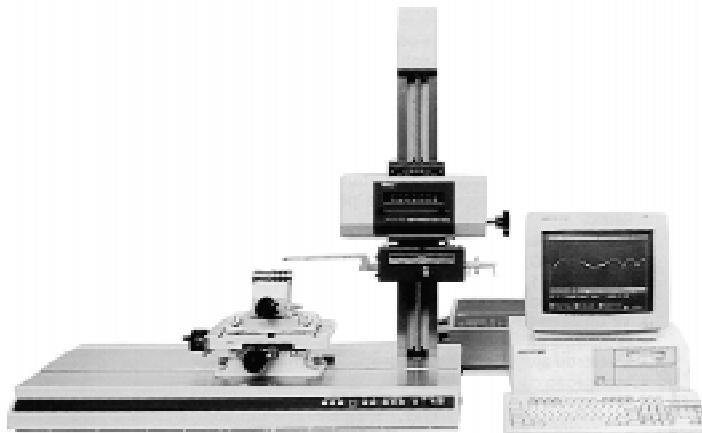


ampliação 1000x

Porém, os microscópios apresentavam limitações: apesar de possibilitarem a medida da largura e espaçamento entre as saliências e reentrâncias não forneciam informações sobre suas alturas e profundidades. Atualmente, graças ao progresso da eletrônica, já existem aparelhos que fornecem informações completas e precisas sobre o perfil de superfícies analisadas. Por meio de uma pequena agulha, que percorre amostras de comprimento da superfície verificada, é possível obter informações numéricas e gráficas sobre seu perfil. Assim, utilizando aparelhos como: rugosímetro, perfilógrafo, perfiloscópio etc. é possível avaliar com exatidão se a peça apresenta o estado de superfície adequado ao seu funcionamento.



Rugosímetro



Perfilógrafo

Indicação de estado de superfície no Brasil

No Brasil, até 1984, a NBR6402 indicava o acabamento superficial por meio de uma simbologia que transmitia apenas informações **qualitativas**. Esta simbologia, que hoje se encontra ultrapassada, **não** deve ser utilizada em desenhos técnicos mecânicos. Entretanto, é importante que você a conheça, pois pode vir a encontrá-la em desenhos mais antigos.

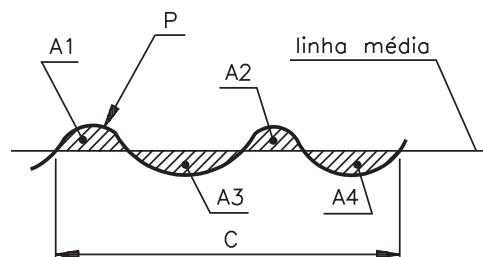
Veja a seguir, os símbolos de acabamento superficial e seu significado.

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
~	Indica que a superfície deve permanecer bruta, sem acabamento, e as rebarbas devem ser eliminadas.
▽	Indica que a superfície deve ser desbastada. As estrias produzidas pela ferramenta podem ser percebidas pelo tato ou visão.
▽▽	Indica que a superfície deve ser alisada, apresentando dessa forma marcas pouco perceptíveis à visão.
▽▽▽	Indica que a superfície deve ser polida, e assim ficar lisa, brilhante, sem marcas visíveis.

Atualmente, a avaliação da rugosidade, no Brasil, baseia-se nas normas NBR6405/88 e NBR8404/84, que tratam a rugosidade de forma **quantitativa**, permitindo que ela seja medida. Este é o próximo assunto que você vai estudar.

Avaliação da rugosidade

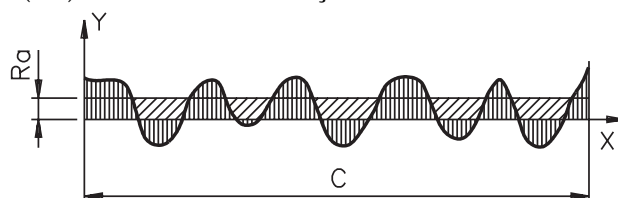
A norma brasileira adota o sistema de **linha média** para avaliação da rugosidade. Veja, no desenho do perfil de uma superfície, a representação da linha média.



A1 e **A2** representam as saliências da superfície real. **A3** e **A4** representam os sulcos ou reentrâncias da superfície real.

Não é possível a determinação dos erros de todos os pontos de uma superfície. Então, a rugosidade é avaliada em relação a uma linha (**p**), de comprimento **c**, que representa uma amostra do perfil **real** da superfície examinada.

A linha média acompanha a direção geral do perfil, determinando áreas superiores e áreas inferiores, de tal forma que a soma das áreas superiores (**A1** e **A2**, no exemplo) seja igual à soma das áreas inferiores (**A3** e **A4**, no mesmo exemplo), no comprimento da amostra. A medida da rugosidade é o desvio médio aritmético (**Ra**) calculado em relação à linha média.



Representação gráfica da rugosidade média

A norma NBR 8404/84 define **12** classes de rugosidade, que correspondem a determinados desvios médios aritméticos (**Ra**) expressos em microns (μm). Veja, na tabela reproduzida a seguir, as 12 classes de rugosidade e os desvios correspondentes.

TABELA: CARACTERÍSTICAS DA RUGOSIDADE (**Ra**)

Classes de rugosidade	Desvio médio aritmético Ra (μm)
N 12	50
N 11	25
N 10	12,5
N 9	6,3
N 8	3,2
N 7	1,6
N 6	0,8
N 5	0,4
N 4	0,2
N 3	0,1
N 2	0,05
N 1	0,025

Como exemplos: um desvio de $3,2\mu\text{m}$ corresponde a uma classe de rugosidade **N 8**; a uma classe de rugosidade **N 6** corresponde um valor de rugosidade $Ra = 0,8\mu\text{m}$.

Consulte a tabela anterior e responda à questão.

Verificando o entendimento

Qual o valor da rugosidade R_a para a classe **N 5**?

R.: $R_a = \dots\dots\dots$

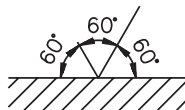
Para encontrar o valor de R_a , você deve ter consultado a oitava linha da tabela, de cima para baixo, localizando o valor $0,4 \mu\text{m}$.

A seguir você vai aprender como são feitas as indicações de rugosidade nos desenhos técnicos.

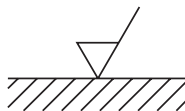
Indicação de rugosidade nos desenhos técnicos

Símbolo indicativo de rugosidade

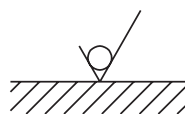
O **símbolo** básico para a indicação da rugosidade de superfícies é constituído por duas linhas de comprimento desigual, que formam ângulos de 60° entre si e em relação à linha que representa a superfície considerada.



Este símbolo, isoladamente, não tem qualquer valor. Quando, no processo de fabricação, é exigida remoção de material, para obter o estado de superfície previsto, o símbolo básico é representado com um traço adicional.

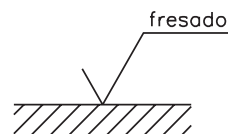


A remoção de material sempre ocorre em processos de fabricação que envolvem **corte**, como por exemplo: o torneamento, a fresagem, a perfuração entre outros. Quando a remoção de material não é permitida, o símbolo básico é representado com um círculo, como segue.



O símbolo básico com um círculo pode ser utilizado, também, para indicar que o estado de superfície deve permanecer inalterado mesmo que a superfície venha a sofrer novas operações.

Quando for necessário fornecer indicações complementares, prolonga-se o traço maior do símbolo básico com um traço horizontal e sobre este traço escreve-se a informação desejada.



No exemplo anterior está indicado o processo de remoção de material por fresagem.

Indicação do valor da rugosidade

Você já sabe que o valor da rugosidade tanto pode ser expresso numericamente, em microns, como também por classe de rugosidade.

O valor da rugosidade vem indicado sobre o símbolo básico, com ou sem sinais adicionais.

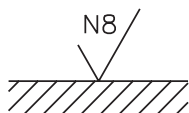


Fig. A

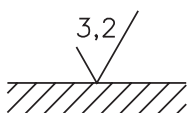
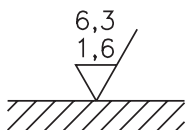
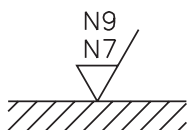


Fig. B

As duas formas de indicar a rugosidade (figuras A e B) são corretas.

Quando for necessário estabelecer os limites **máximo** e **mínimo** das classes de rugosidade, estes valores devem ser indicados um sobre o outro. O limite máximo deve vir escrito em cima.



Nesse exemplo, a superfície considerada deve ter uma rugosidade **Ra** compreendida entre um valor máximo **N9** e um valor mínimo **N7** que é o mesmo que entre 6,3 μm e 1,6 μm . Para saber a equivalência das classes de rugosidade em microns (μm), basta consultar a tabela de **Características da rugosidade (Ra)**, vista anteriormente.

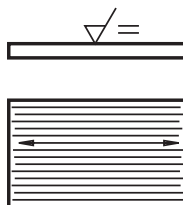
Símbolo para a direção das estrias

Há uma outra característica **microgeométrica** que deve ser levada em conta no processo de fabricação e na avaliação da rugosidade: trata-se da direção das **estrias**, que são as pequenas linhas ou os sulcos deixados na superfície usinada pela ferramenta usada no processo de fabricação da peça.

Quando for necessário definir a direção das estrias isso deve ser feito por um símbolo adicional ao símbolo do estado de rugosidade.

Os símbolos para direção das estrias são normalizados pela NBR8404/84. Veja, a seguir, quais são os símbolos normalizados.

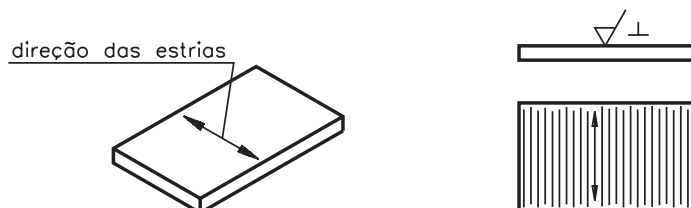
O símbolo — indica que as estrias são paralelas ao plano de projeção da vista sobre a qual o símbolo é aplicado. Acompanhe o exemplo. Imagine que após a usinagem, as estrias da superfície devem ficar na direção indicada na perspectiva. Veja, ao lado, a indicação da direção das estrias no desenho técnico.



Note que, no desenho técnico, o símbolo de rugosidade foi representado na vista frontal. Ao seu lado, foi representado o símbolo — , que indica a posição das estrias em relação ao plano de projeção da vista frontal.

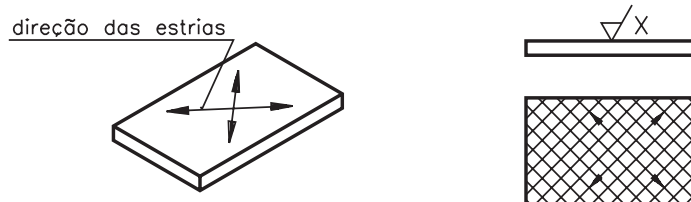
Lembre-se de que as estrias não são visíveis a olho nu por serem características microgeométricas. A indicação da direção das estrias, no desenho técnico, informa ao operador da máquina qual deve ser a posição da superfície a ser usinada em relação à ferramenta que vai usiná-la.

O símbolo \perp indica que as estrias são perpendiculares ao plano de projeção da vista sobre a qual ele é aplicado. Veja no desenho.



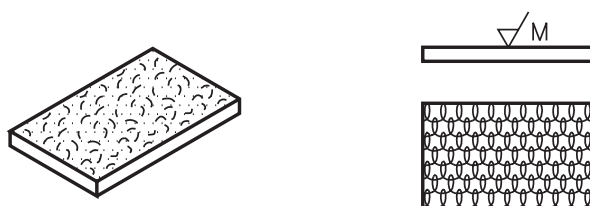
O símbolo \perp , ao lado do símbolo de rugosidade, na vista frontal indica que a posição das estrias da superfície a ser usinada deve ser perpendicular ao plano de projeção da vista frontal.

Quando as estrias devem ficar cruzadas, em duas direções oblíquas, como mostram os desenhos abaixo, o símbolo de direção das estrias é **X**.



Repare que os símbolos: ∇X , representados na vista frontal, indicam qual a superfície a ser usinada e quais as direções das estrias resultantes.

Outra possibilidade é que as estrias se distribuam em muitas direções, como nos desenhos abaixo:



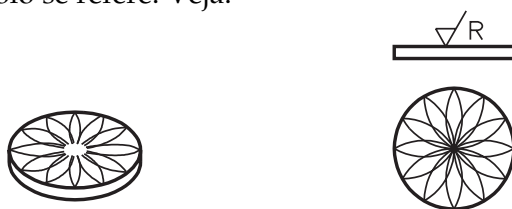
O símbolo indicativo de direções das estrias é **M**, que aparece representado ao lado do símbolo de rugosidade, na vista frontal.

Quando as estrias devem formar círculos aproximadamente concêntricos, como mostram os próximos desenhos, o símbolo de direção das estrias é **C**.



Repare que o símbolo **C** aparece representado ao lado do símbolo de rugosidade, no desenho técnico.

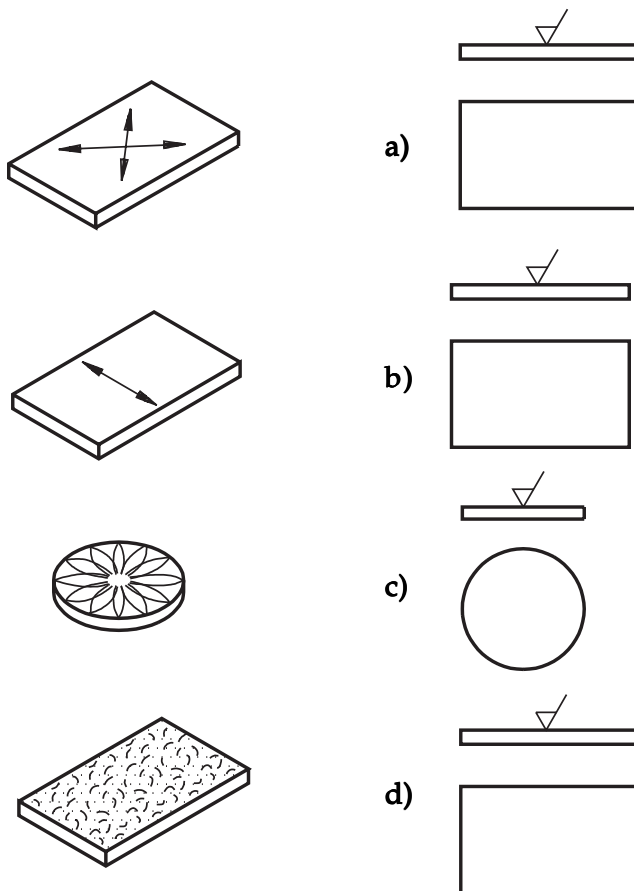
Finalmente, as estrias podem se irradiar a partir do ponto médio da superfície à qual o símbolo se refere. Veja.



O símbolo **R**, ao lado do símbolo de rugosidade, indica que a direção das estrias é radial em relação ao ponto médio da superfície a ser usinada.

Verificando o entendimento

Análise as perspectivas, à esquerda, e indique nas vistas ortográficas, à direita, o símbolo indicativo de direção das estrias correspondente.

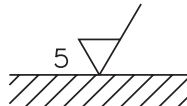


No final desta aula você encontra um quadro sinótico que reúne todos os símbolos indicativos de direção das estrias, de forma resumida, para facilitar futuras consultas. Por ora, verifique se você acertou: **a)** X; **b)** \perp ; **c)** R; **d)** M.

Indicação de sobremetal para usinagem

Quando uma peça fundida deve ser submetida a usinagem posterior, é necessário prever e indicar a quantidade de **sobremetal**, isto é, de metal a mais, exigido para a usinagem.

Quando for necessário indicar esse valor, ele deve ser representado à esquerda do símbolo, de acordo com o sistema de medidas utilizado para cotação. Veja um exemplo.

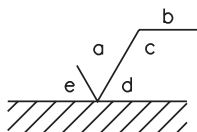


O numeral **5**, à esquerda do símbolo de rugosidade, indica que a superfície fundida deve ter 5 mm de espessura a mais do que a dimensão nominal da cota correspondente.

Agora que você conhece todos os elementos associados ao símbolo de rugosidade, veja a disposição do conjunto desses elementos para indicação do estado de superfície.

Disposição das indicações de estado de superfície

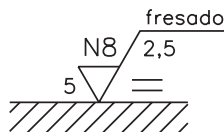
Cada uma das indicações de estado de superfície é representada em relação ao símbolo, conforme as posições a seguir:



Relembre o que cada uma das letras indica:

- a** - valor da rugosidade R_a , em μm , ou classe de rugosidade N 1 a N 12;
- b** - método de fabricação, tratamento ou revestimento da superfície;
- c** - comprimento da amostra para avaliação da rugosidade, em mm;
- d** - direção predominante das estrias;
- e** - sobremetal para usinagem (μm).

Análise o próximo exemplo, com indicação de estado de superfície e depois resolva o exercício.



Verificando o entendimento

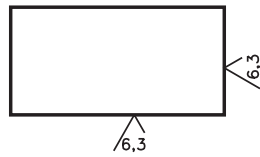
Escreva nas lacunas, as informações solicitadas:

- a)** classe de rugosidade:..... **d)** direção das estrias:.....
- b)** processo de fabricação:..... **e)** sobremetal p/usinagem:.....
- c)** comprimento da amostra:

Veja agora as respostas corretas: **a)** classe de rugosidade: N 8; **b)** processo de fabricação: fresagem; **c)** comprimento da amostra: 2,5 mm; **d)** direção das estrias: paralelas ao plano vertical; **e)** sobremetal para usinagem: 5 mm.

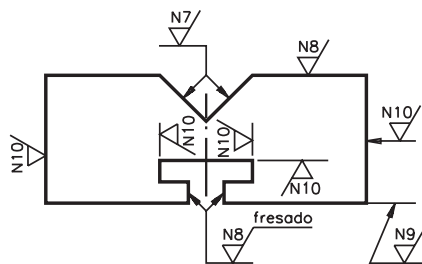
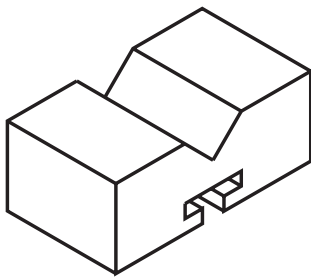
Indicações de estado de superfície nos desenhos

Os símbolos e as inscrições devem estar representados de tal modo que possam ser lidos sem dificuldade. Veja um exemplo.

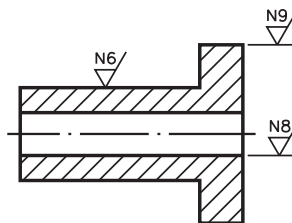
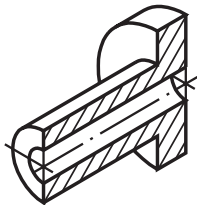


No exemplo acima, a rugosidade **Ra** das faces: inferior e lateral direita é igual a 6,3 μm .

O símbolo pode ser ligado à superfície a que se refere por meio de uma linha de indicação, como no próximo desenho.

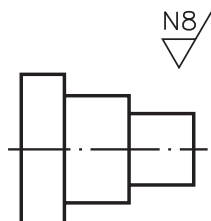


Note que a linha de indicação apresenta uma seta na extremidade que toca a superfície. Observe novamente o desenho anterior e repare que o símbolo é indicado uma vez para cada superfície. Nas peças de revolução o símbolo de rugosidade é indicado uma única vez, sobre a geratriz da superfície considerada. Veja.

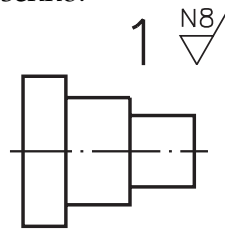


O símbolo indica que a superfície de revolução inteira deve apresentar o mesmo estado de superfície. Quando **todas** as superfícies da peça têm o **mesmo** grau de rugosidade, a indicação é feita de maneira simplificada.

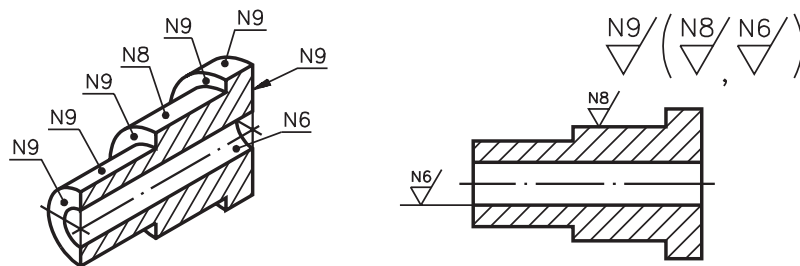
Caso se trate de uma peça isolada, a indicação do estado de rugosidade é representada próxima à vista da peça, como no desenho a seguir.



Se a peça faz parte de um conjunto mecânico, ela recebe um número de referência que a identifica e informa sobre a posição da peça no conjunto. Nesse caso, a indicação do estado de superfície vem ao lado do número de referência da peça, como no próximo desenho.

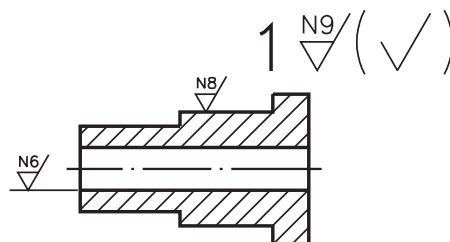


Quando um determinado estado de superfície é exigido para a maioria das superfícies de uma peça, o símbolo de rugosidade correspondente vem representado **uma vez**, ao lado superior direito da peça. Os demais símbolos de rugosidade, que se referem a superfícies indicadas diretamente no desenho, vêm após o símbolo principal, entre parênteses. Veja um exemplo.

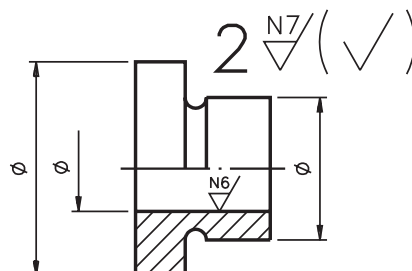


Neste exemplo, **N 9** é a classe de rugosidade predominante. Uma das superfícies de revolução deve apresentar a classe **N 8** e a superfície do furo longitudinal deve apresentar a classe **N 6**. O símbolo $\sqrt{\quad}$ pode ser representado dentro dos parênteses para substituir as indicações específicas de classes de rugosidade. No exemplo anterior, onde aparece $\sqrt{N9} / (\sqrt{N8} / \sqrt{N6})$, esta indicação pode ser substituída por $\sqrt{N9} / (\sqrt{\quad})$.

Quando a peça leva número de referência, a indicação da rugosidade geral e das rugosidades específicas vem ao lado do número de referência, como no desenho abaixo.



Analise o próximo desenho e resolva o exercício proposto, para verificar se este assunto ficou bem compreendido.



Verificando o entendimento






Preencha as lacunas:

- a) A classe de rugosidade da maioria das superfícies da peça é
- b) O número que indica a posição da peça no conjunto é
- c) A superfície do furo deve ter a classe de rugosidade
- d) O valor, em μm da rugosidade da superfície do furo é: _..... .

Veja as respostas corretas: **a)** A classe de rugosidade da maioria das superfícies da peça é N 7; **b)** O número que indica a posição da peça no conjunto é 2; **c)** A superfície do furo deve ter a rugosidade N 6 e **d)** A rugosidade da superfície do furo é de 0,8 mm , conforme a tabela apresentada nesta aula.

Correspondência entre os símbolos de acabamento e classes de rugosidade

Os símbolos indicativos de acabamento superficial, apresentados no início desta aula, vêm sendo gradativamente substituídos pelas indicações de rugosidade. É possível que você ainda encontre desenhos que apresentem aquela simbologia já superada. Na prática, foi estabelecida uma correspondência aproximada entre os antigos símbolos de acabamento de superfícies e os atuais símbolos de rugosidade.

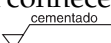
SÍMBOLO DE ACABAMENTO SUPERFICIAL	SÍMBOLO INDICATIVO DE RUGOSIDADE
	
	de N 10 a N 12
	de N 7 a N 9
	de N 4 a N 6

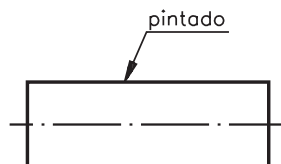
As classes de **N 1 a N 3** correspondem a graus de rugosidade mais “finos” que o polido ().

Tratamento

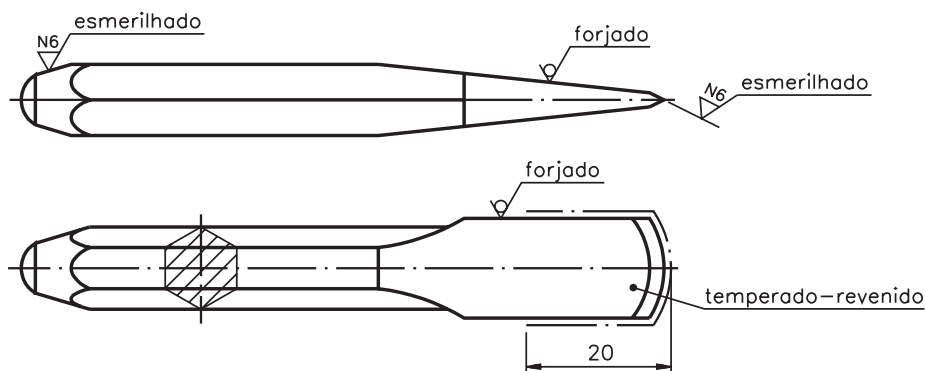
Além do acabamento superficial, muitas peças devem receber **tratamento**. Tratamento é o processo que permite modificar certas propriedades da peça, tais como: dureza, maleabilidade, resistência à oxidação etc. É muito difícil encontrar um material que se adapte perfeitamente a todas as condições exigidas de funcionamento. Uma das maneiras de contornar este problema consiste em escolher o material que tenha certas propriedades compatíveis com as exigências da peça e, depois, tratá-lo convenientemente, para que adquira outras propriedades exigidas. Existem diferentes processos de tratamento. Alguns modificam apenas as superfícies das peças, como por exemplo: cromação, pintura e niquelagem. Outros modificam certas propriedades da peça, como por exemplo: a cementação, o recozimento, a têmpera e o revenimento.

Indicações de tratamento nos desenhos técnicos.

O processo de tratamento pode vir indicado nos desenhos técnicos de duas maneiras. Uma delas você já conhece: a indicação é feita sobre a linha horizontal do símbolo de rugosidade: . Outra forma consiste em indicar o tratamento sobre uma linha de chamada ligada à superfície à qual deve ser aplicado o tratamento.



Nos desenhos técnicos podemos indicar mais de um tipo de tratamento para a mesma peça, como no exemplo a seguir.



A peça acima, uma talhadeira, vai receber dois tipos de tratamento: a **têmpera** e o **revenimento**. A linha **traço e ponto larga** que você vê na vista superior, mostra a parte da peça que deverá receber os tratamentos indicados. No exemplo dado, a cota **20** delimita a extensão da peça a ser submetida aos dois tratamentos (temperado-revenido).

Se todos os assuntos desta aula ficaram bem compreendidos passe para os exercícios de verificação. Caso contrário, releia o conteúdo e analise os exemplos com atenção, antes de resolver os exercícios.

Exercícios

Exercício 1

Acrescente ao símbolo básico o sinal que indica a remoção de material exigida



Exercício 2

Assinale com um X a alternativa que corresponde ao símbolo indicativo de rugosidade em que a remoção de material **não** é permitida.

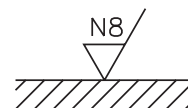
a)  ()

b)  ()

c)  ()

Exercício 3

A superfície representada a seguir deve ser obtida por torneamento. Complete o símbolo básico indicando, no lugar correto, o processo de fabricação da peça.



Exercício 4

Analise a representação abaixo, consulte a tabela correspondente e indique os valores:



- a) da rugosidade máxima: R:
b) da rugosidade mínima: R:

Exercício 5

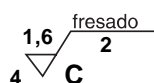
Analise a representação abaixo e assinale com um X a alternativa que corresponde à direção das estrias indicada no símbolo de rugosidade.



- a) () as estrias são multidirecionadas;
b) () as estrias são concêntricas;
c) () as estrias são radiais;
d) () as estrias devem ficar cruzadas.

Exercício 6

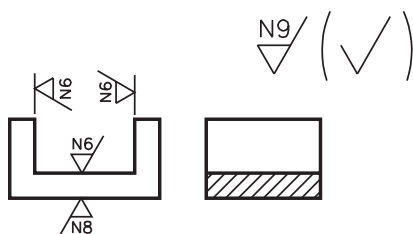
Analise o símbolo de rugosidade e depois complete as lacunas.



- a) valor da rugosidade:;
b) direção das estrias:;
c) comprimento da amostra:;
d) sobremetal para usinagem:;
e) método de fabricação:.....

Exercício 7

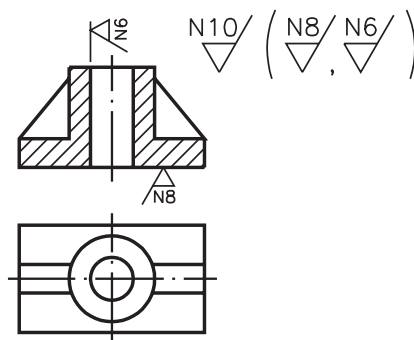
Analise o desenho abaixo e responda às questões:



- a) Quais as classes de rugosidade das superfícies que formam o rebaixo?
R:.....
b) Qual o valor da rugosidade da superfície que forma a base da peça?
R:.....

Exercício 8

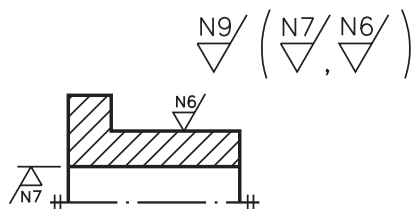
Analise o desenho abaixo e complete as frases:



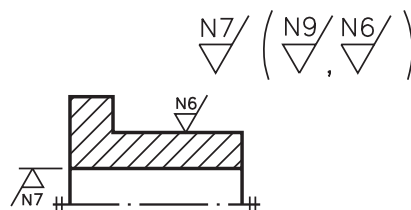
- a) A classe de rugosidade da maioria das superfícies da peça é
b) As classes de rugosidade indicadas entre parênteses ($\nabla_{N8} / \nabla_{N6}$) referem-se às superfícies da e do

Exercício 9

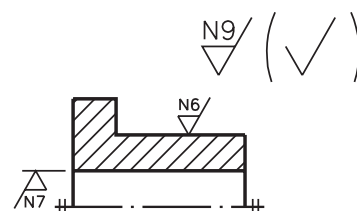
Qual das representações à direita equivale ao desenho representado à esquerda?



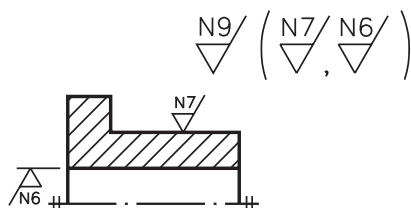
a) ()



b) ()

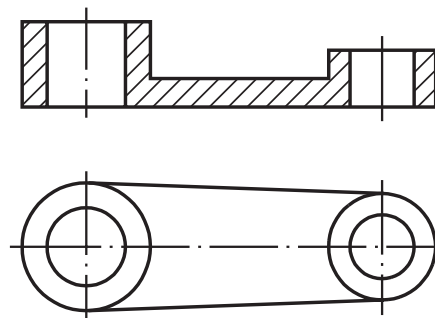
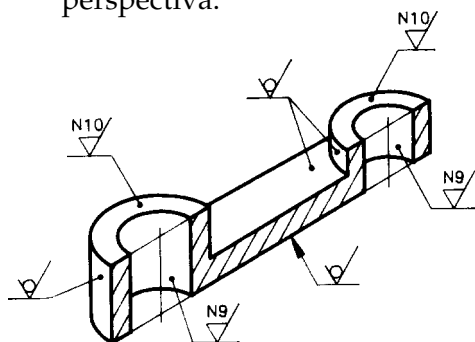


c) ()



Exercício 10

Represente, nas vistas ortográficas, as classes de rugosidade indicadas na perspectiva.

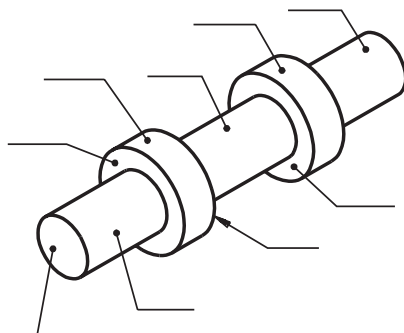
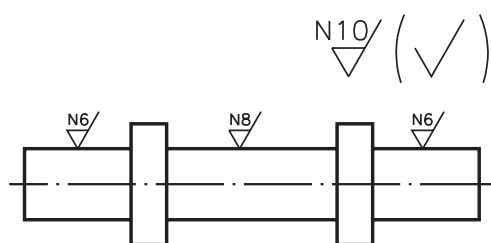


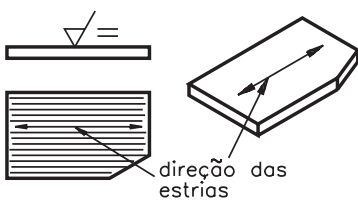
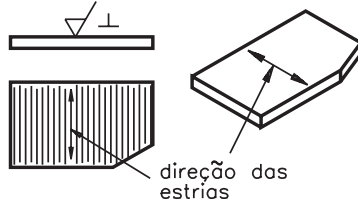
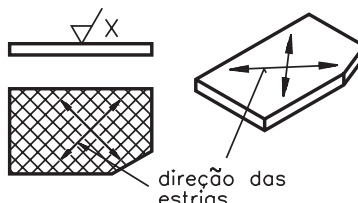
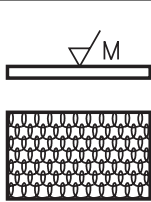
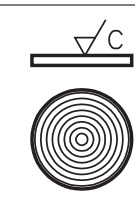
Exercício 11

Analisar a vista ortográfica e indicar, na perspectiva, as classes de rugosidade de cada superfície.

AULA

30



SÍMBOLOS PARA DIREÇÃO DAS ESTRIAS - QUADRO SINÓTICO		
Símbolo	Interpretação	
=	Paralela ao plano de projeção da vista sobre o qual o símbolo é aplicado.	
⊥	Perpendicular ao plano de projeção da vista sobre o qual o símbolo é aplicado.	
X	Cruzadas em duas direções oblíquas em relação ao plano de projeção da vista sobre o qual o símbolo é aplicado.	
M	Muitas direções.	
C	Aproximadamente central em relação ao ponto médio da superfície ao qual o símbolo é referido.	
R	Aproximadamente radial em relação ao ponto médio da superfície ao qual o símbolo é referido.	