





- Indicação dos estados de superfície na documentação técnica de produtos;
- Generalidades sobre a indicação dos estados de superfície;
- Parâmetros caracterizadores do estado de superfície (rugosidade);
- Relações práticas entre diferentes parâmetros de rugosidade;
- Critérios para a especificação de valores para os parâmetros de rugosidade;
- Relações práticas entre parâmetros de rugosidade e as tolerâncias dimensionais;
- Processos de avaliação do estado de superfície.



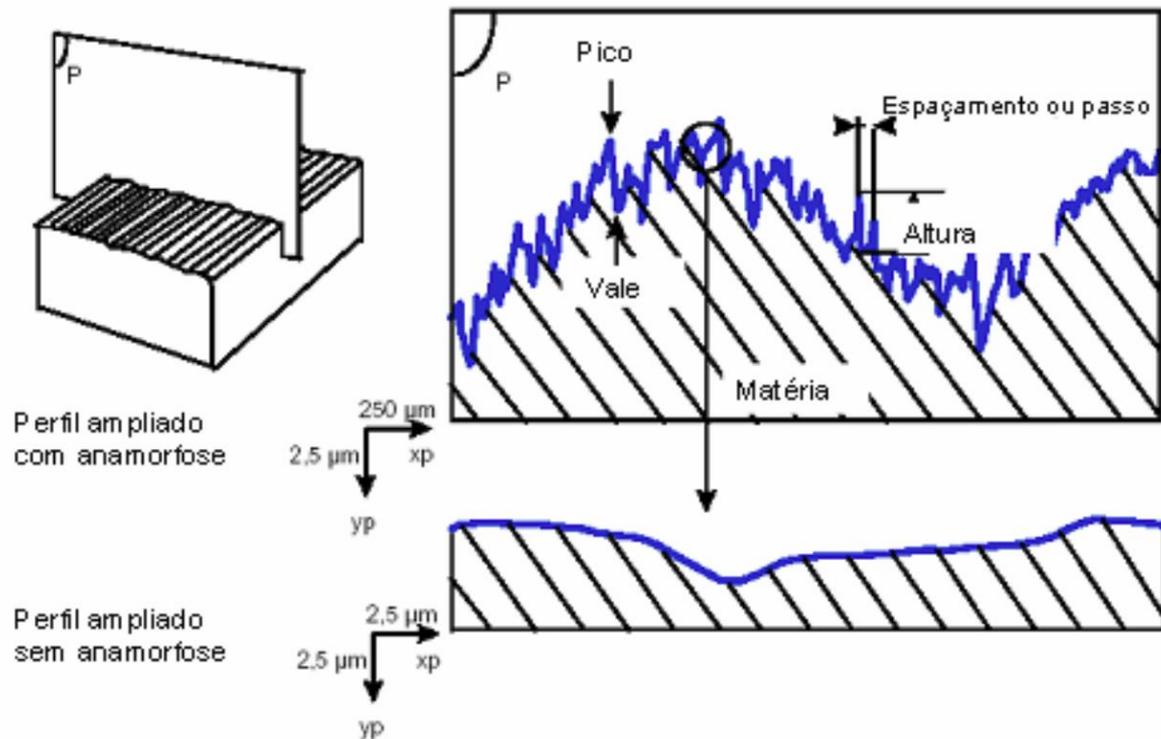
# Introdução

- **As superfícies dos diferentes componentes de um mecanismo devem ter características adequadas ao tipo de funções por eles desenvolvidas.**
- **Os diferentes processos de fabricação de componentes mecânicos determinam acabamentos diversos nas suas superfícies.**
- **As superfícies apresentam irregularidades, que podem ser classificadas em: desvios macrogeométricos (desvios de retitude, de planeza, ondulação, etc.) e desvios microgeométricos (rugosidade).**
- **O estado de superfície é o resultado de desvios repetitivos ou aleatórios, em relação à superfície geométrica, que formam a topografia tridimensional de uma superfície. Compreende a rugosidade, a ondulação, a orientação das irregularidades, as imperfeições e os desvios de forma numa zona limitada da superfície.**



# Perfil do estado superfície

O método de medição dos estados de superfície mais utilizado é a exploração do perfil de superfície, ampliado e com anamorfose (a ampliação vertical é maior do que a ampliação horizontal), num plano normal à superfície considerada.



Representação das irregularidades num perfil do estado de superfície



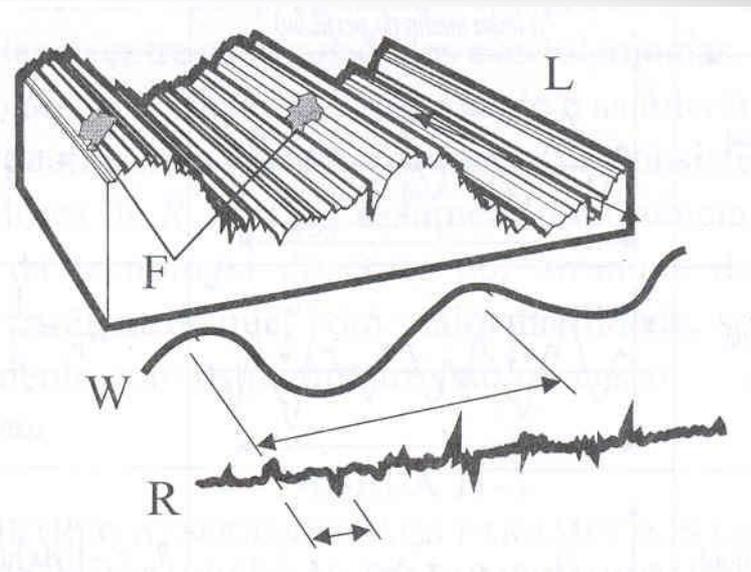
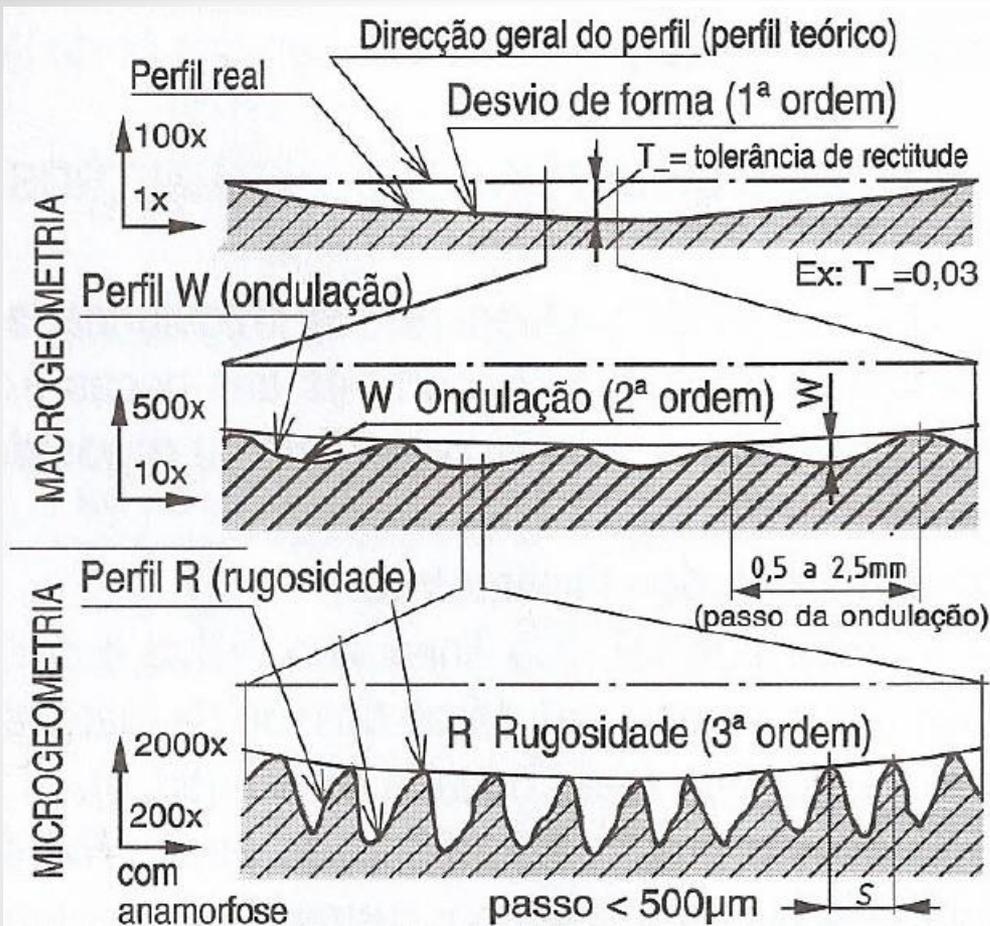
## Perfil do estado superfície

O **perfil de superfície** apresenta uma sucessão de **picos** separados por **vales** (irregularidades geométricas do perfil). Estas irregularidades são **quantificadas pela sua altura e pelo seu espaçamento**. Quando esse espaçamento é regular designa-se por **passo**.

- As diferentes ordens de grandeza das irregularidades geométricas do perfil são definidas a partir do seu passo.
- Existe uma **gama alargada de meios de avaliação dos estados de superfície** (através da análise de uma área ou de um perfil).



# Tipologia dos desvios (irregularidades)



**1º Ordem** - Desvios de forma, rectitude, planeza, etc, (P).

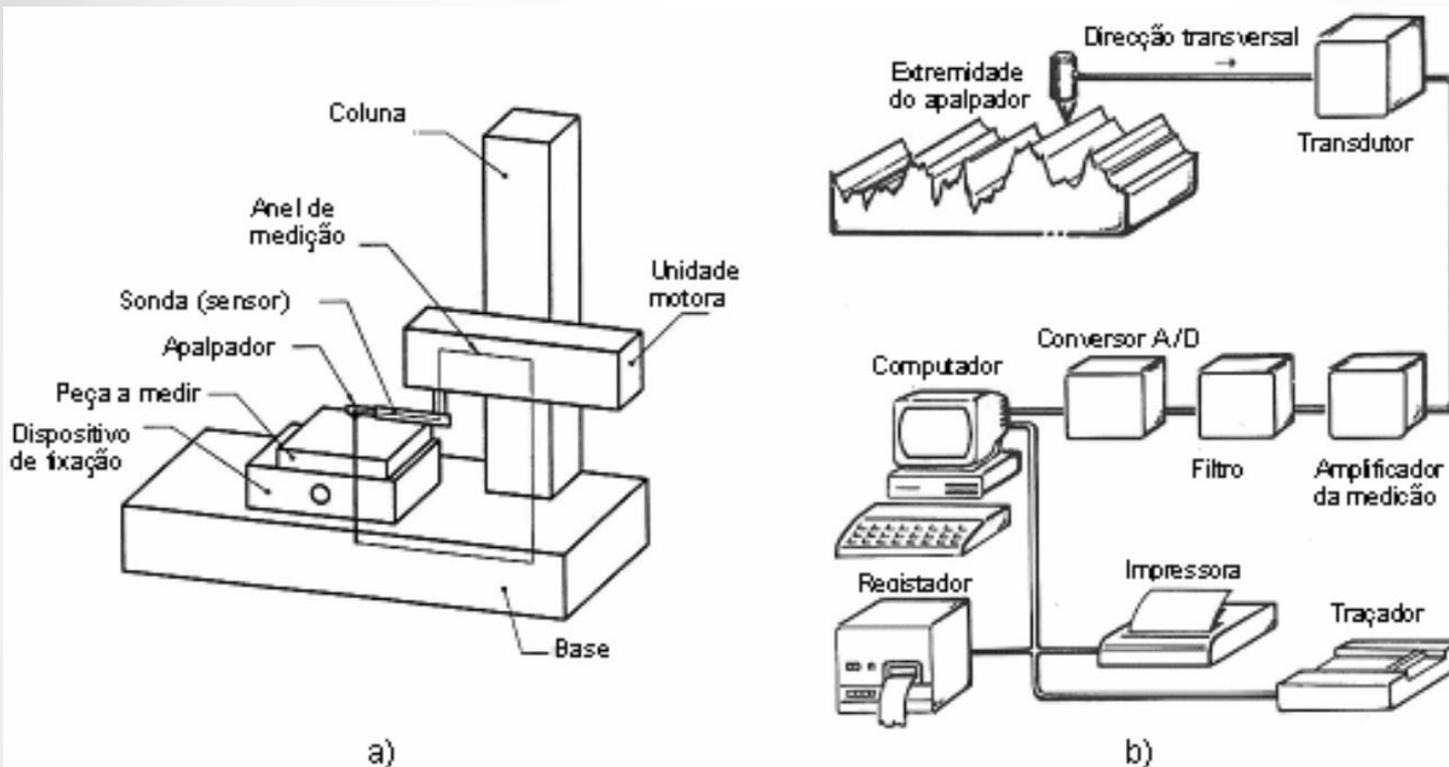
**2º Ordem** - Ondulação que representam irregularidades geométricas, (W).

**3º Ordem** - Desvios microgeométricos, ou seja, rugosidade, (R).

**4º Ordem** - Microdefeitos consequentes de arrancamento, ou de marcas, ou de picagem, produzidas acidentalmente pela ferramenta de corte, F.



# Meios de avaliação dos estados de superfície



Instrumento de apalpador (rugosímetro ou perfilómetro de contacto)

As normas ISO 3274 e ISO 11562 descrevem o **método do perfil** que caracteriza o estado de superfície.

Com os **rugosímetros**, a separação das diferentes irregularidades geométricas de perfil (**perfil primário, perfil de ondulação e perfil de rugosidade**) faz-se por intermédio de uma filtragem eletrónica, embora uma adequada escolha da extremidade (raio) do apalpador seja também muito importante para a aquisição de dados relativos ao perfil (filtragem mecânica).

A rugosidade pode influenciar:

- a **qualidade do deslizamento** (atritos seco e viscoso);
- a **resistência à corrosão e ao desgaste**;
- a **materialização dos ajustamentos** apertados;
- a **resistência** oferecida ao **escoamento** de fluidos;
- a **qualidade da aderência** de revestimentos;
- a **resistência à flexão e à fadiga**;
- a **condução térmica e elétrica**;
- a **vedação** estática e dinâmica;
- a **aparência** (estética).



# Relação com as tolerâncias dimensionais

**Existe uma relação estreita entre o estado de superfície e a qualidade das tolerâncias dimensionais.**

A prescrição de um estado de superfície implica igualmente que os desvios de forma sejam mantidos dentro de limites admissíveis.

**As causas da grandeza, orientação e grau de irregularidade das rugosidades podem ser, entre outras:**

- **imperfeições em mecanismos** das máquinas-ferramenta;
- **vibrações** a altas frequências no sistema peça-ferramenta;
- **desgaste** das ferramentas;
- **heterogeneidade** do material trabalhado;
- o próprio **método de obtenção da peça** através dos vários processos mecânicos.



# Normalização da indicação dos estados de superfície

A **norma ISO 1302** estabelece as regras para indicação dos estados de superfície por meio de símbolos gráficos e indicações de texto. A norma estabelece requisitos através de:

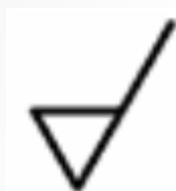
- **Parâmetros de perfil (ISO 4287)**, relacionados com o:
  - Perfil R (parâmetros de rugosidade),
  - Perfil W (parâmetros de ondulação),
  - Perfil P (parâmetros calculados a partir do perfil primário);
- **Parâmetros ligados aos motivos do perfil (ISO 12085)**, permite o reconhecimento de forma no perfil primário relacionados com a rugosidade e ondulação.
- **Parâmetros ligados à curva da taxa do comprimento de sustentação (ISO 13565-2, ISO 13565-3).**



# Simbologia gráfica



1)



2)



3)

1) **Símbolo gráfico básico.**

2) Símbolo gráfico prolongado.  
Requerida a remoção de material.

3) Símbolo gráfico prolongado.  
Proibida a remoção de material

Os símbolos 1, 2 e 3 não deverão ser utilizados isolados sem informações complementares. **Podem servir para proporcionar indicações coletivas.**

**Símbolo gráfico completo.**



4)



5)



6)

4) Permitido qualquer processo de fabrico.

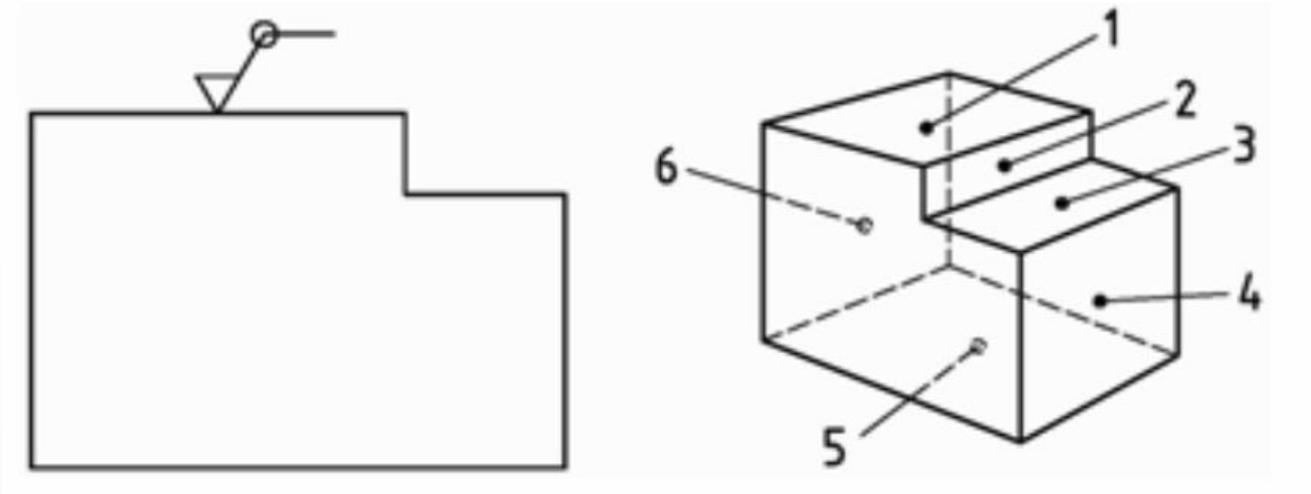
5) Requerida a remoção de material.

6) Proibida a remoção de material



## Simbologia gráfica – todo o contorno da peça

Quando é necessário o mesmo acabamento de superfície em **todas as superfícies em volta de um contorno da peça**, representado no desenho por um contorno fechado da peça de trabalho, **um círculo deve ser adicionado ao símbolo gráfico completo.**



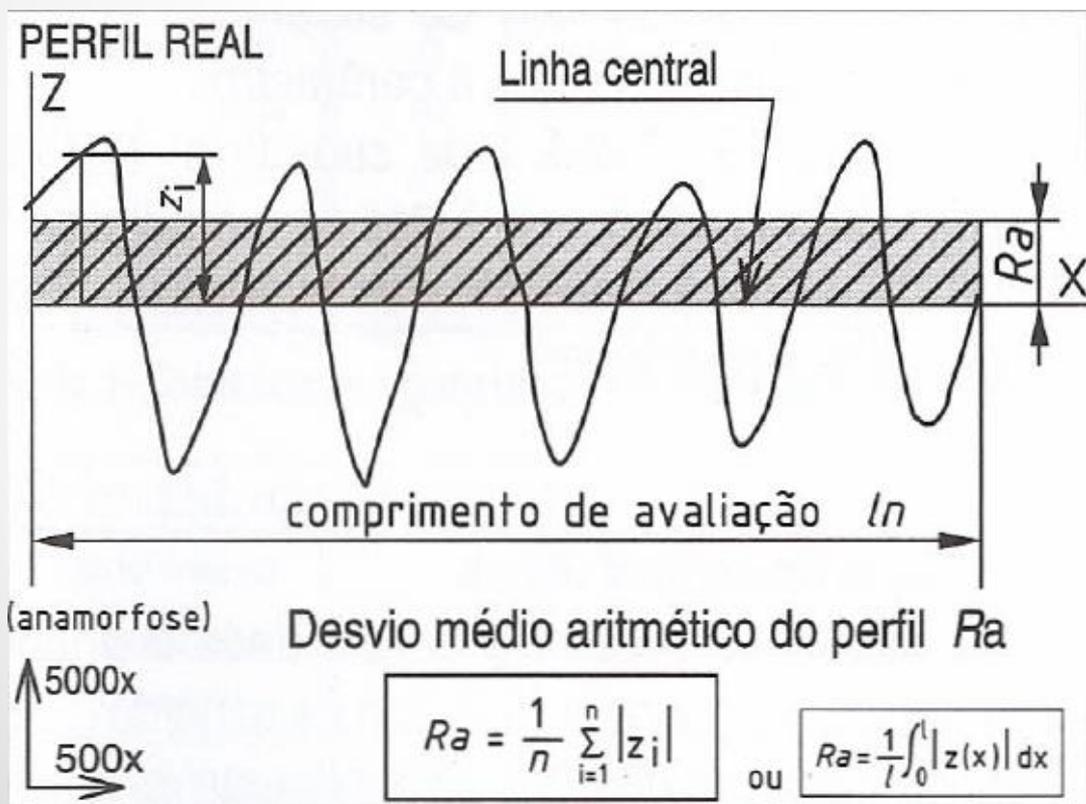
O símbolo impõe o mesmo requisito do estado de superfície para todas as 6 superfícies,



# Parâmetros do estado de superfície - Rugosidade $Ra$

## O desvio médio aritmético do perfil de rugosidade – $Ra$

$Ra$ , também designado por rugosidade média aritmética, é a média aritmética dos valores absolutos das ordenadas  $Z(x)$  no interior de um comprimento de base  $l_r$ , (ISO 4287).



$$Ra = \frac{1}{c} \int_0^c |Z(x)| dx$$

$c = \text{comprimento de base}$



## Parâmetros do estado de superfície - Rugosidade $Ra$

Na prática e por omissão, os valores de  $Ra$  são determinados no interior de um comprimento de avaliação  $ln = 5 lr$ .

**$Ra$  não permite diferenciar os perfis inversos, relativamente à linha média (eixo dos  $XX$ ), e, portanto, não fornece nenhuma informação sobre a robustez ou fragilidade de um perfil.**

Este critério é relativamente pouco sensível aos valores acidentais de amplitude máxima.

**O parâmetro  $Ra$  é o mais utilizado em todo o mundo.**

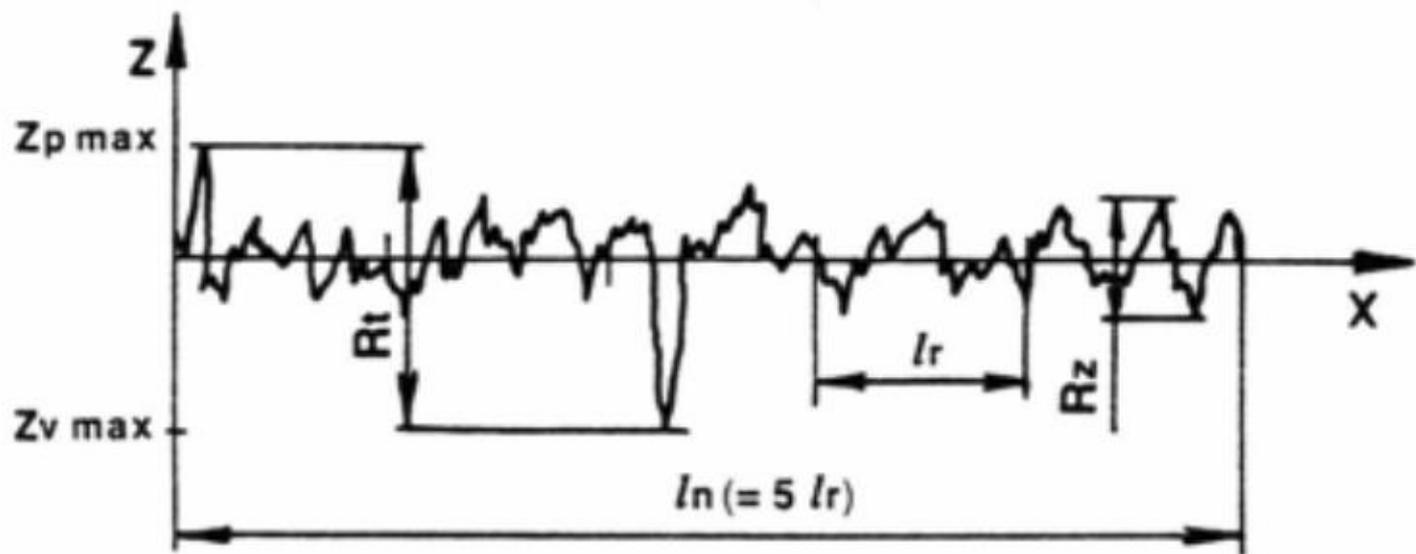


## Parâmetros do estado de superfície - Rugosidade $R_t$

A altura total do perfil de rugosidade,  $R_t$

$R_t$  é a soma da maior das alturas de pico do perfil,  $Z_p \max$ , com a maior das profundidades de vale do perfil,  $Z_v \max$ , no interior do comprimento de avaliação, (ISO 4287).

$$R_t = Z_p \max + Z_v \max$$





## Parâmetros do estado de superfície - Rugosidade $R_t$

O parâmetro  $R_t$ , muito aplicado na maioria dos países e de fácil obtenção no equipamento de medição atual, pode ser utilizado nos seguintes casos:

- em **superfícies de vedação**;
- em **superfícies de alojamento de juntas de vedação**;
- em **superfícies sujeitas a ações dinâmicas**;
- em **tampões**, em geral;
- em **parafusos fortemente solicitados**;
- em **superfícies de deslizamento**, em que o perfil efetivo é periódico.

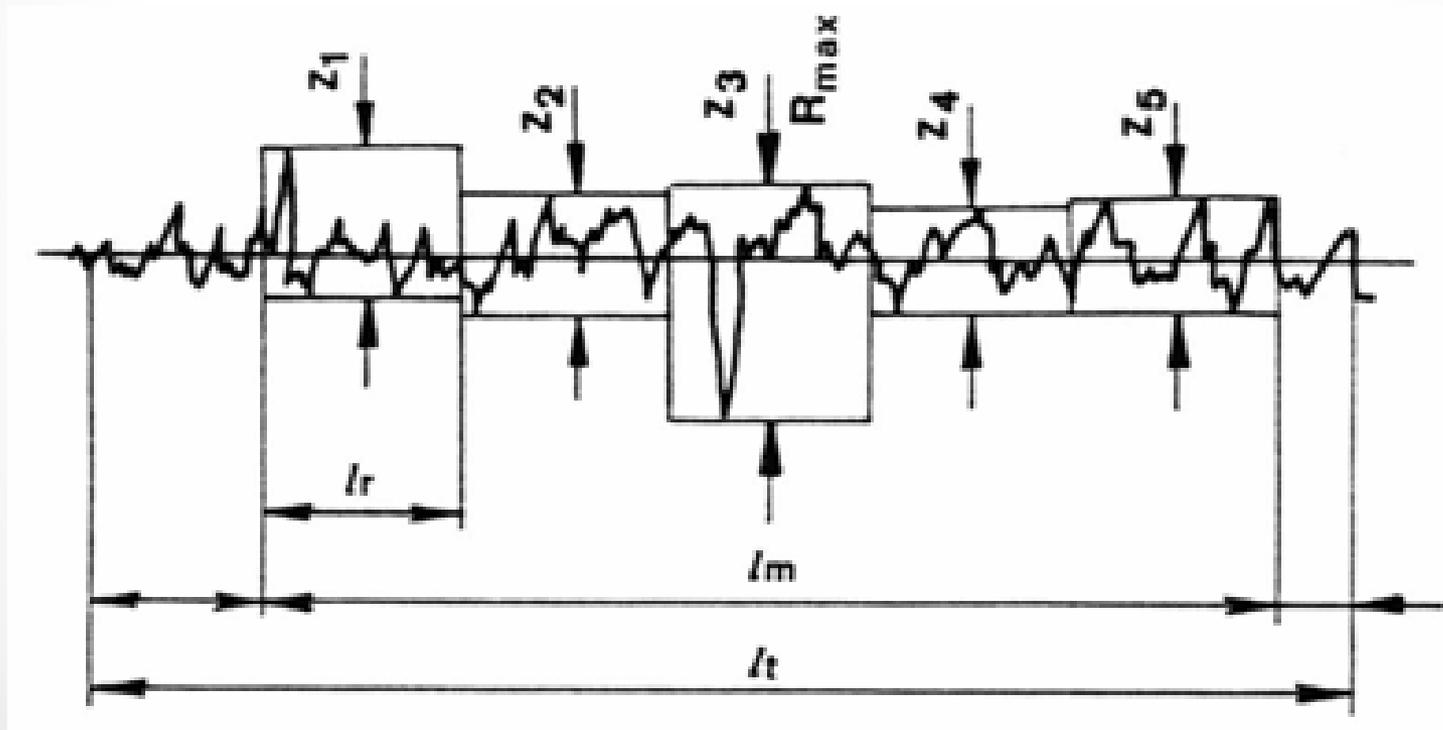


## Parâmetros do estado de superfície - Rugosidade $R_z$

A média das 5 alturas máximas do perfil de rugosidade -  $R_z$

$R_z$  (DIN 4768) é a média aritmética das alturas máximas do perfil  $Z_i$ , medidas em 5 comprimentos de base consecutivos.

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





## Parâmetros do estado de superfície - Rugosidade $R_z$

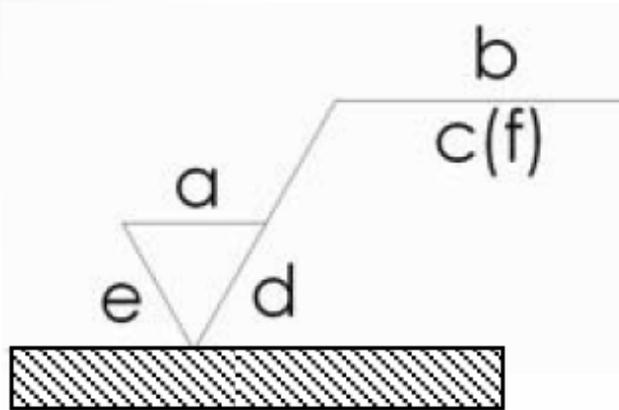
$R_z$  (DIN 4768) é geralmente mais sensível às mudanças no acabamento superficial do que  $R_a$ , sendo um critério útil no controlo de um processo produtivo.

O parâmetro  $R_z$  é de fácil obtenção em equipamentos de medição atuais, **pode ser utilizado nos seguintes casos:**

- em superfícies onde defeitos isolados não têm influência na função da peça a ser controlada (ex: em superfícies de apoio e de deslizamento, em ajustamentos apertados, etc.);
- em superfícies onde o perfil é periódico e conhecido.



# Símbolo gráfico completo - norma ISO 1302:1978

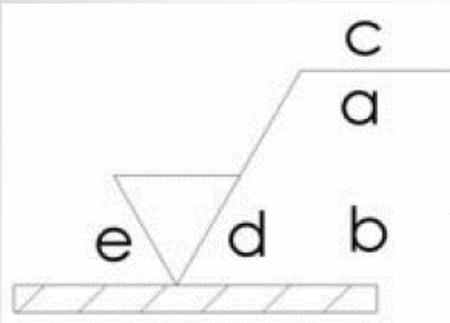


**Nota: Esta versão da norma não está em vigor.**

- a** – Valor da rugosidade  $R_a$  (em  $\mu\text{m}$ ) ou classe de rugosidade;
- b** – Tratamentos especiais da superfície;
- c** – Comprimento de base (em mm);
- d** – Direcção das estrias;
- e** – Sobre-espessura para maquinação/acabamento;
- f** – Outros valores da rugosidade além de  $R_a$ .



# Símbolo gráfico completo - norma ISO 1302:2002



**a – Requisito único de Estado de Superfície** – Valor da rugosidade em  $\mu\text{m}$ , antecedida da “banda de transmissão” e/ou “comprimento de base  $l_r$ ” (em mm). O valor da rugosidade é antecedido de dois espaços. Exemplo: 0,0025-0,8/Rz 6,8

**b – Dois ou mais requisitos de estado de superfície** – Caso haja um segundo requisito deve ser indicado na posição b. Exemplo: 0,08-0,25/Ra 5,9

0,08-0,25/Rt 3,6

**c – Método de fabricação** – Indica o método de fabricação, o tratamento, os revestimentos ou outros requisitos de fabricação para produzir a superfície. (ex.: torneada, rectificada, galvanizada).

**d – Estrias de superfície e sua orientação.**

**e – Sobre-espessura para trabalho mecânico** – Se necessária, indicá-la por um valor numérico em milímetros (mm).;



## a - Parâmetros de Estados de Superfície

A **designação do parâmetro** e o valor numérico associado, que devem ser indicados, incluem **4 itens de informação** essencial para a interpretação do requisito, que são os seguintes:

1. Qual dos 3 perfis de superfície (***R* - Rugosidade**, ***W* - Ondulação**, ou ***P* - Perfil primário**) é indicado;
2. Qual a **característica (parâmetro)** do perfil que é indicada;
3. Quantos **comprimentos de base, *lr***, compõem o **comprimento de avaliação, *ln***;
4. Como deve **ser interpretado** o limite da especificação indicada.



## a - Parâmetros de Estados de Superfície, $ln$

### - Indicação do comprimento de avaliação, $ln$ :

$ln$  é o comprimento, na direção da linha média, utilizado para o estabelecimento do perfil a avaliar.

$lr$  é comprimento de base

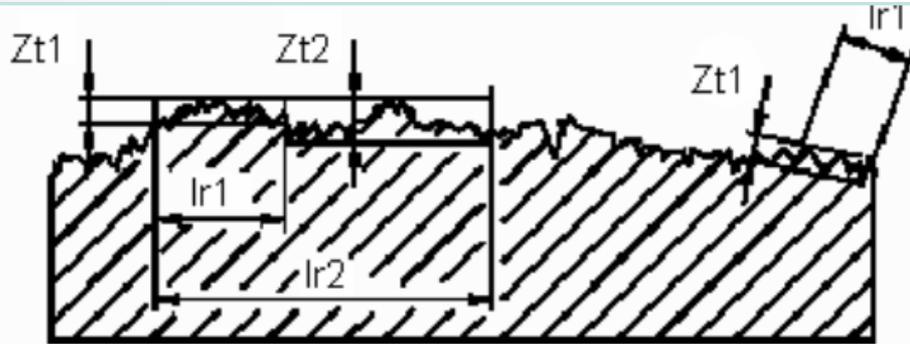
Exemplo com Parâmetros de Perfil R (ISO 4287):

- **Por omissão**  $ln = 5 \times lr$  (exemplos de designações de parâmetros:  $Rz$ ,  $Ra$ ,  $Rt$ , etc.).
- Se  $ln \neq 5lr$ , por exemplo,  $ln = 3 \times lr$ , tal deve ser indicado na designação do parâmetro (ex.:  $Rz3$ ,  $Ra3$ ,  $Rt3$ , etc.).

# a - Parâmetros de Estados de Superfície

## - Indicação da banda de transmissão e do comprimento de base 1/2:

O estado de superfície é definido numa **banda de transmissão** – a gama de comprimentos de onda entre dois filtros definidos. Esta banda é limitada por um filtro que corta os pequenos comprimentos de onda (**filtro de onda-curta**) e por outro que corta os comprimentos de onda longos (**filtro de onda-longa**). O valor de corte (“cut-off”) do **filtro de onda-longa** é também designado por **comprimento de base,  $l_r$** .



### Valores de $l_r$ normalizados:

... mm; 0,08 mm; 0,25 mm;  
0,8 mm; 2,5 mm; 8,0 mm;  
... mm

A altura  $Zt2$  do elemento de perfil é maior, pois  $lr2$  incorpora a ondulação.  
A altura  $Zt1$  do elemento de perfil é menor, pois, como  $lr1$  é menor, ele filtra a ondulação.

Rugosidade e ondulação

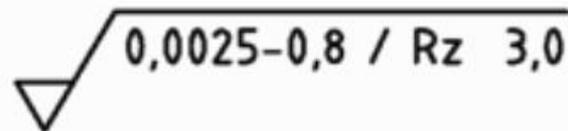
# a - Parâmetros de Estados de Superfície

## - Indicação da banda de transmissão e do comprimento de base 2/2:

Se não for indicada qualquer banda de transmissão, aplica-se a **banda de transmissão por omissão**. Mas como certos parâmetros de estado de superfície não têm uma banda de transmissão definida, por omissão, **deve especificar-se a banda de transmissão, o filtro de onda-curta ou o filtro de onda-longa (comprimento de base)**, para evitar qualquer ambiguidade.

MRR 0,0025-0,8 / Rz 3,0

a) em texto



0,0025-0,8 / Rz 3,0

b) no desenho

Em alguns casos, poderá ser relevante indicar apenas um dos dois filtros presentes na banda de transmissão.

Exemplo 1: 0,008- (indicação do filtro de onda curta)

Exemplo 2: -0,25 (indicação do filtro de onda longa)

Valores de  $l_r$  normalizados (mm): ... ; 0,08; 0,25 ; 0,8 ; 2,5 ; 8,0 ; ...

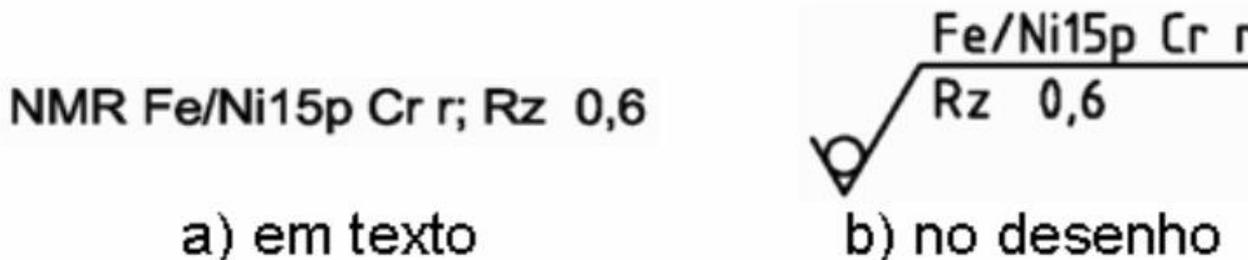


## c – Método de fabricação ou informação relativa

O valor do parâmetro do estado de superfície de uma superfície real é fortemente influenciado pela forma detalhada da curva do perfil.



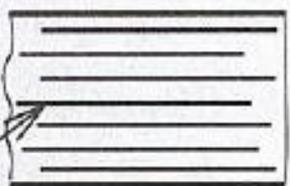
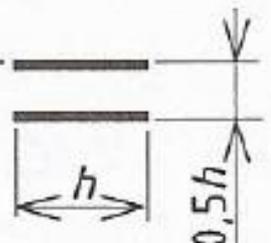
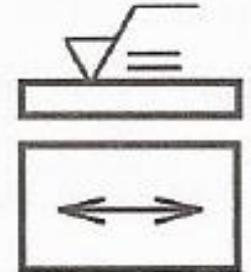
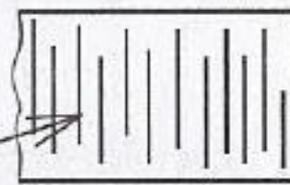
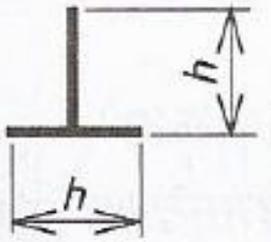
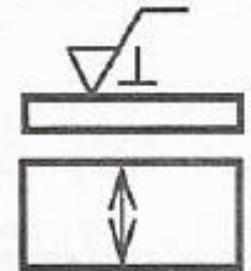
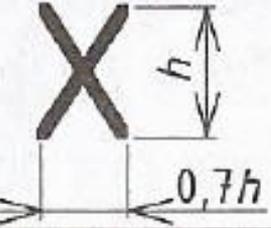
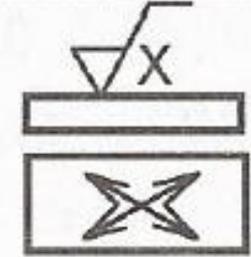
Indicação do processo de trabalho mecânico (ex.: torneamento) e requisito para rugosidade da superfície resultante



Indicação do requisito de rugosidade e revestimento

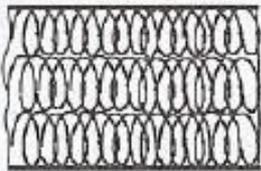
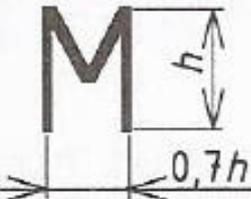
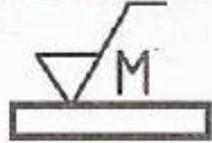
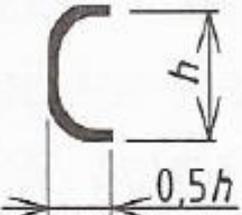
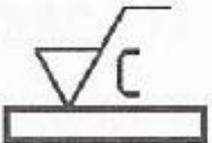
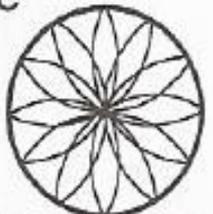
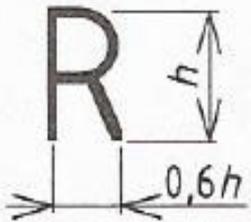
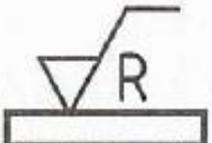
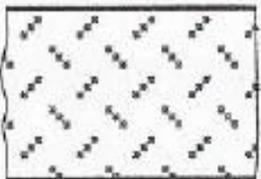
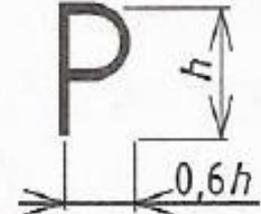
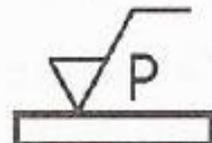
# d - Indicação das estrias de superfície 1/2

A orientação das estrias é a **orientação do padrão de superfície prevalecente**, geralmente determinado pelo **processo de fabricação utilizado**.

ORIENTAÇÃO DAS ESTRIAS	SÍMBOLO	EXEMPLO
<p>Direcção paralela ao plano de projecção da vista onde está o símbolo estrias</p> 		
<p>Direcção perpendicular ao plano de projecção estrias</p> 		
<p>Direcções inclinadas cruzadas</p> 		



## d - Indicação das estrias de superfície 2/2

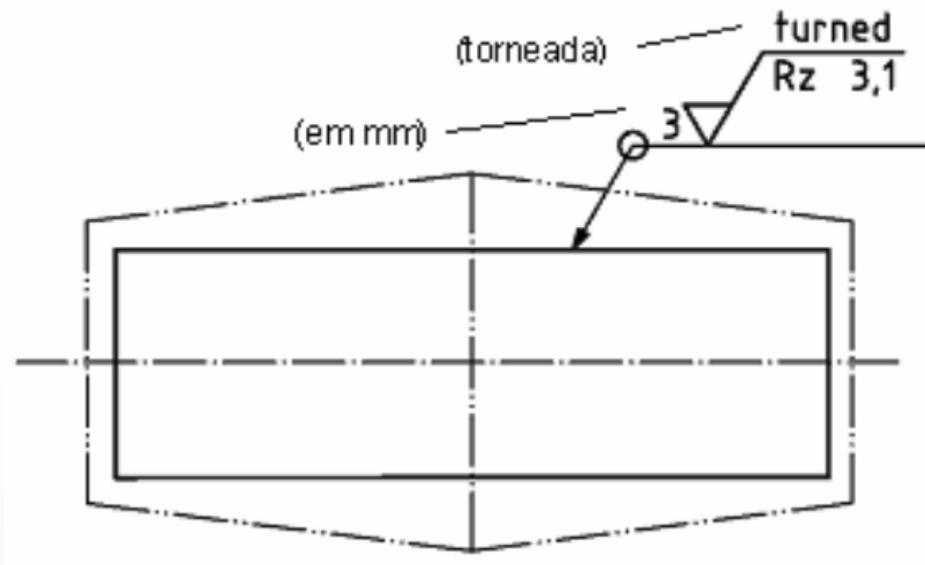
ORIENTAÇÃO DAS ESTRIAS	SÍMBOLO	EXEMPLO
Multidireccionais 		
Aproximadamente circulares 		
Aproximadamente radiais 		
Sem orientação 		



## e - Indicação da sobre-espessura para trabalho mecânico

Se for necessário prescrever o valor da sobre-espessura de maquinação, ele deverá ser **inscrito à esquerda do símbolo**. Geralmente, a sobre-espessura para maquinação/acabamento apenas é indicada para os casos em que dois ou mais estádios do processo são exibidos no mesmo desenho.

Exemplo: em desenhos de **peças fundidas em bruto ou estampadas**, com a **peça final mostrada na peça em bruto**.



Na norma mais antiga, **apenas era exigida a indicação**, no desenho técnico, do valor do parâmetro de **rugosidade Ra** ou a Classe de Rugosidade. Apenas era indicado o valor de outro parâmetro de rugosidade caso fosse necessário.

Actualmente,

- 1) **Não é exigida** a especificação do parâmetro de **rugosidade Ra**, devendo ser indicado o valor do parâmetro de rugosidade que melhor caracteriza a rugosidade.
- 2) Não é necessário indicar a Classe de Rugosidade.
- 3) Pode-se indicar o tratamento a que a superfície em causa estará sujeita.
- 4) Pode-se indicar o seu método de fabrico e o seu revestimento.



## Inscrição em desenhos

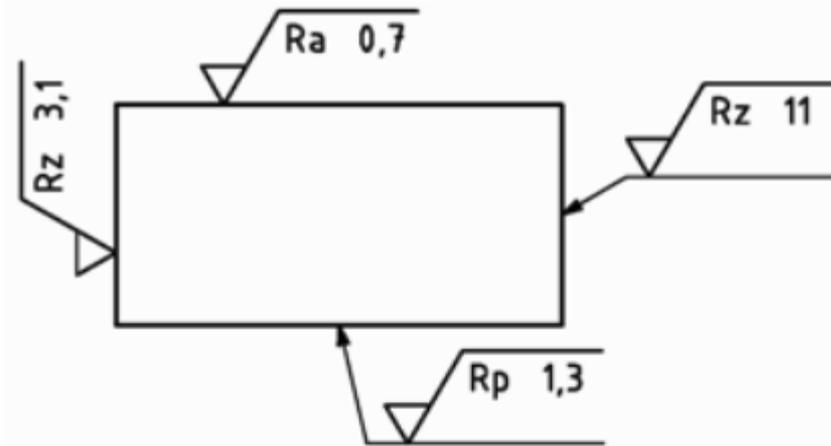
Como **regra geral**, o símbolo gráfico, ou a linha de indicação terminando numa seta, deve apontar para a superfície, a partir do lado exterior do material da peça, para o contorno ou para a sua extensão.

**Superfícies cilíndricas ou prismáticas** podem ser especificadas apenas uma vez, se indicadas por uma linha de centro e se cada face da superfície prismática tem o mesmo requisito de estado de superfície.

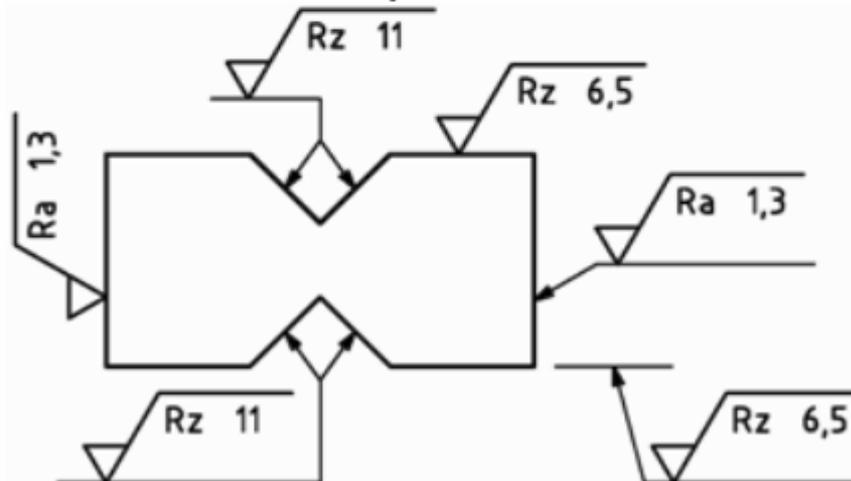
**Se o mesmo estado de superfície é requerido na maioria das superfícies de uma peça, este requisito deverá ser colocado junto da legenda do desenho.** O símbolo gráfico geral deve ser seguido de um símbolo de base entre parêntesis sem qualquer outra indicação ou dos requisitos especiais diferentes entre parêntesis.



# Inscrição em desenhos



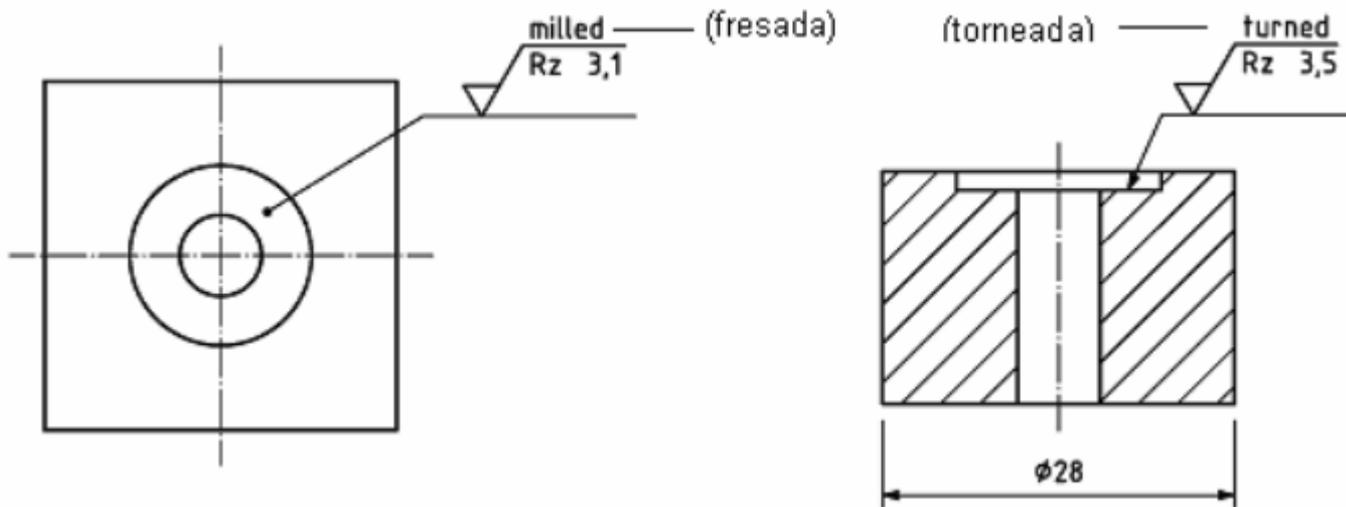
Direcção de leitura dos requisitos de estado de superfície



Requisitos de estado de superfície na linha de contorno representando a superfície

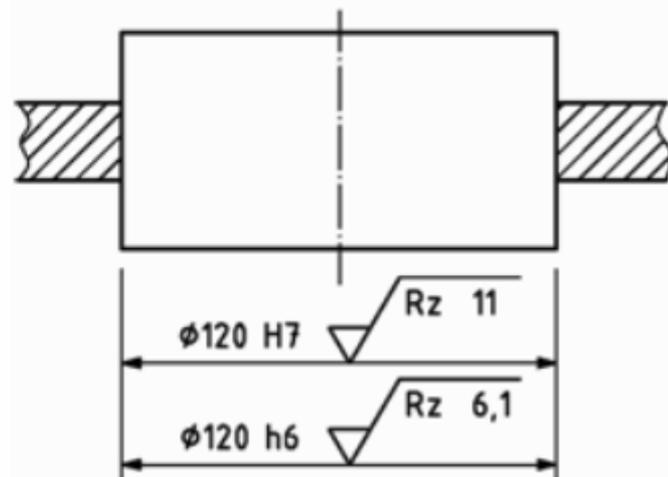


# Inscrição em desenhos



Utilização alternativa de linhas de referência e linhas de indicação

Requisito de estado de superfície –  
cota de elemento de tamanho

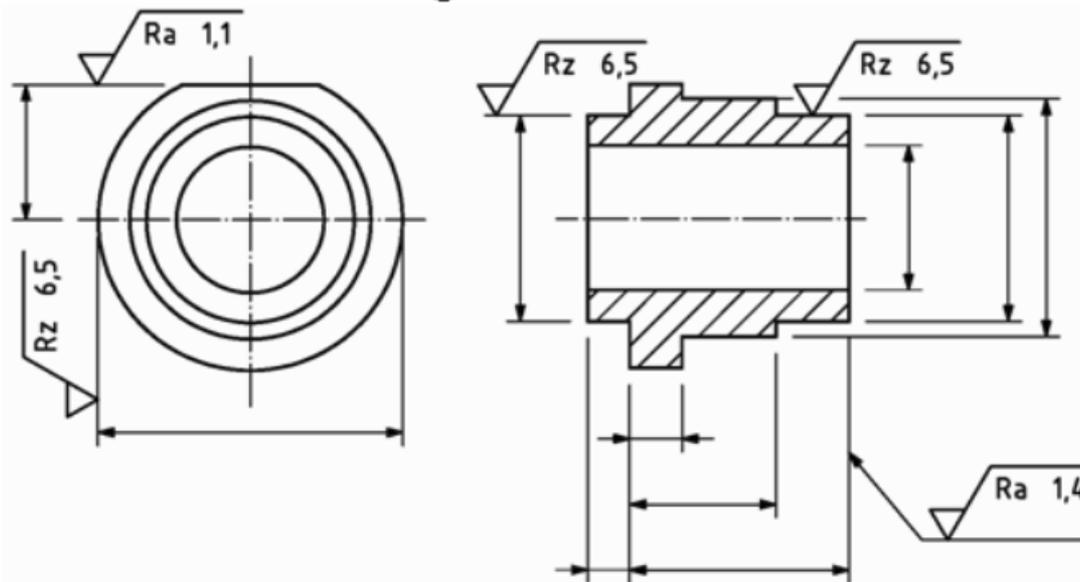




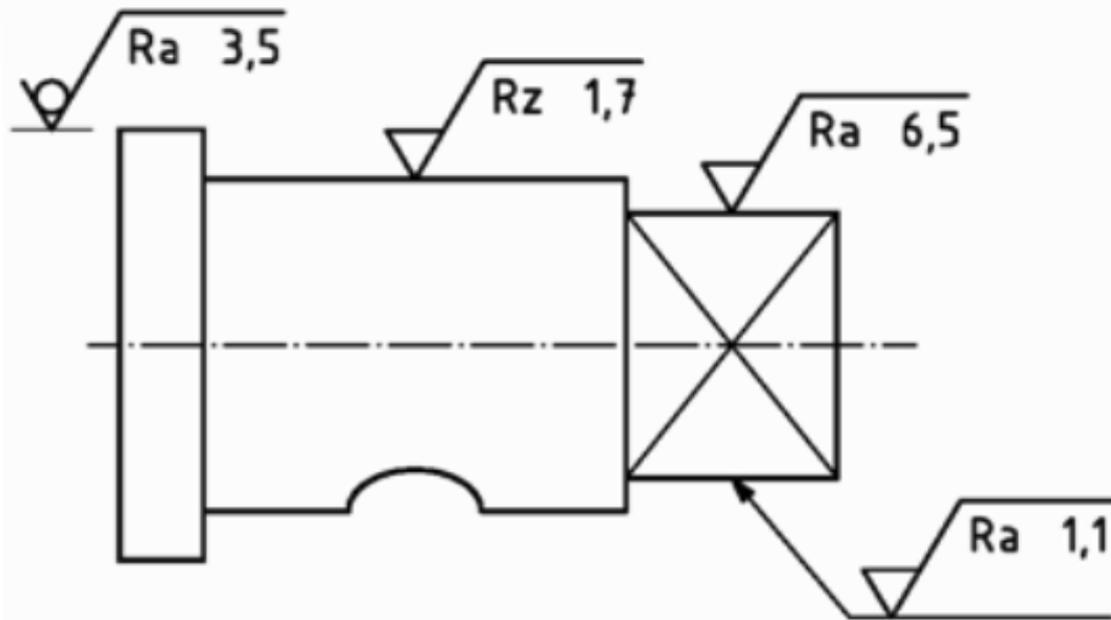
# Inscrição em desenhos



Requisito de estado de superfície – Indicação de tolerâncias geométricas



Requisitos de estado de superfície – Linhas de extensão de elementos cilíndricos

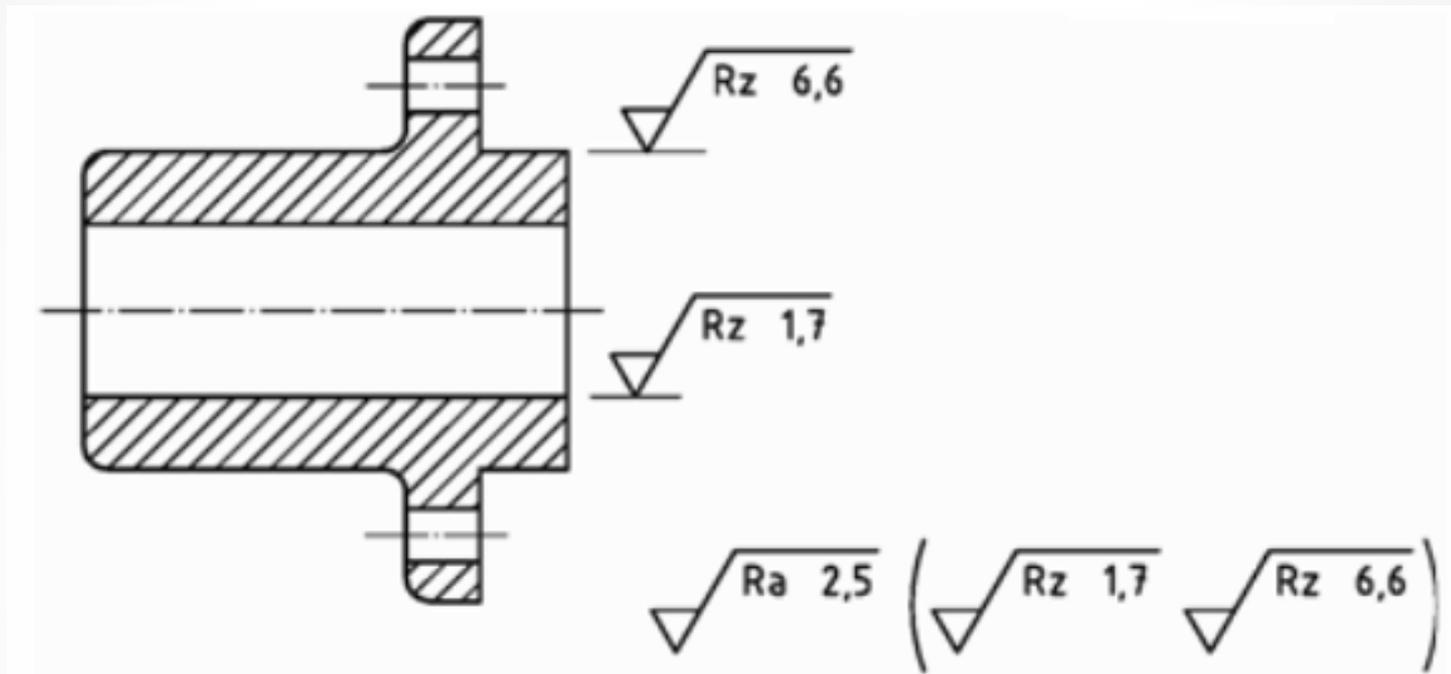


Requisitos de estado de superfície –  
Superfícies cilíndricas e prismáticas





# Inscrição em desenhos



Indicação simplificada – Maioria de superfícies com o mesmo estado de superfície requerido



# Inscrição em desenhos

$$\sqrt{\quad} = \sqrt{\text{Ra } 3,1}$$

a)

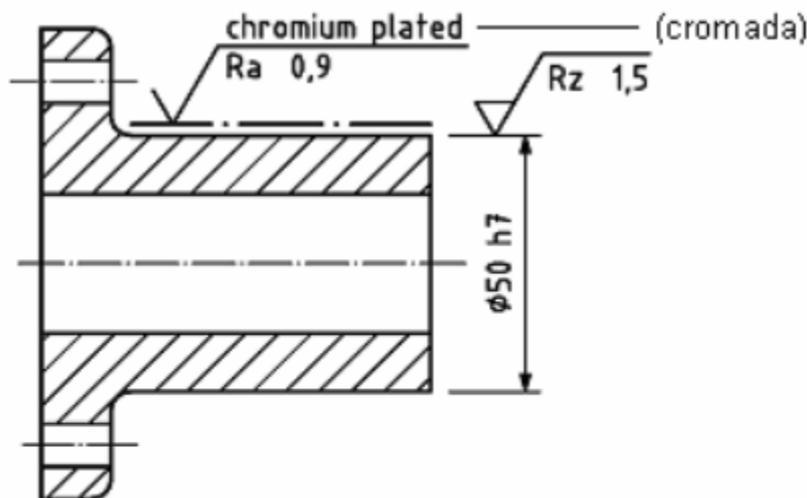
$$\nabla \sqrt{\quad} = \nabla \sqrt{\text{Ra } 3,1}$$

b)

$$\nabla \circ \sqrt{\quad} = \nabla \circ \sqrt{\text{Ra } 3,1}$$

c)

Indicação simplificada de requisitos de estados de superfície: a) processo de fabricação não especificado; b) remoção de material requerida; c) remoção de material não permitida



Indicação de requisito de estado de superfície antes e depois de tratamento (neste caso, revestimento) com utilização de uma **linha a traço longo-ponto grosso**