
DESENHO TÉCNICO MECÂNICO I (SEM0564)

AULA 07

ESTADO DE SUPERFÍCIE

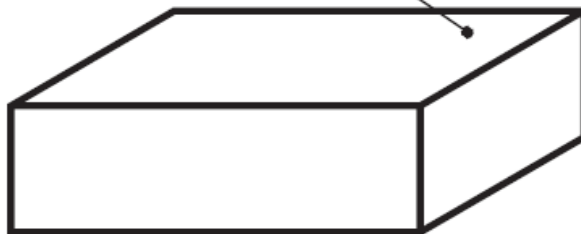
TOLERÂNCIAS DIMENSIONAIS

TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS

ESTADO DE SUPERFÍCIE

SUPERFÍCIES

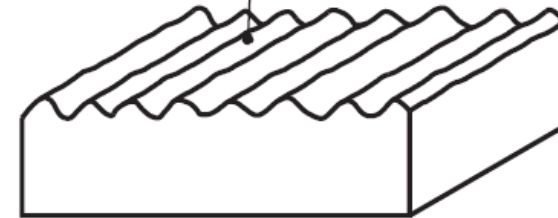
SUPERFÍCIE GEOMÉTRICA



Ideal

A superfície geométrica é, por definição, perfeita.

SUPERFÍCIE REAL







Superfície real, uma herança do método empregado na usinagem.

Real

Equação Característica	Esquema Representativo
$Ra = \frac{1}{L} \int_{x=0}^{x=L} y dx$ <p>Rugosidade média (R_a)</p>	<p>The diagram shows a 2D cross-section of a surface profile. A horizontal line represents the 'Linha central' (mean line). The vertical distance from the mean line to the highest peak is labeled 'Rugosidade Média, Ra'. A horizontal double-headed arrow at the bottom indicates the 'Comprimento de amostragem de rugosidade' (sampling length).</p>






SIMBOLOGIA QUALITATIVA

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.

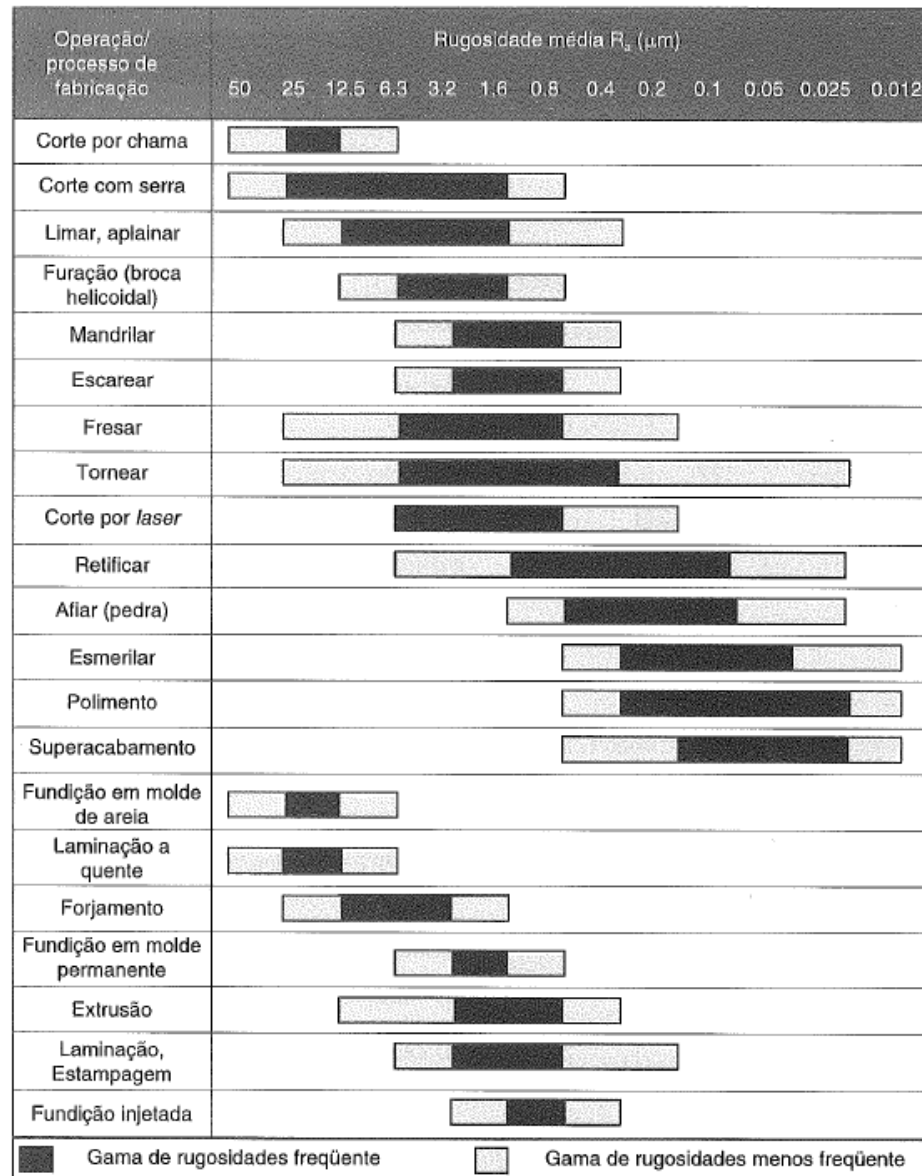
SIMBOLOGIA QUANTITATIVA

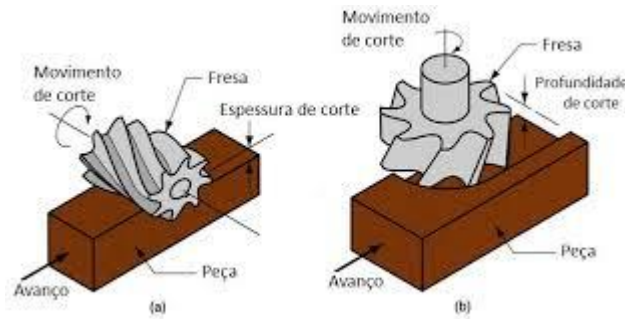
Classes de rugosidade	Desvio médio aritmético Ra (μm)
N 12	50
N 11	25
N 10	12,5
N 9	6,3
N 8	3,2
N 7	1,6
N 6	0,8
N 5	0,4
N 4	0,2
N 3	0,1
N 2	0,05
N 1	0,025

EQUIVALÊNCIA ENTRE SIMBOLOGIAS

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

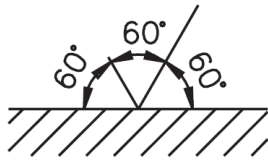
Processos de fabricação x rugosidade



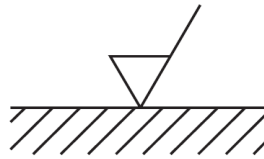


<https://www.anfeer.com.br/brochamento>

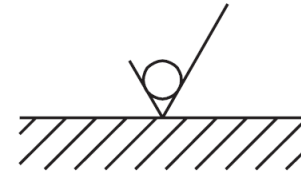
INDICAÇÃO EM PROJETO



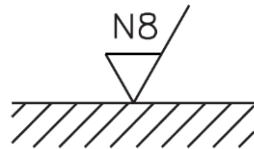
símbolo básico



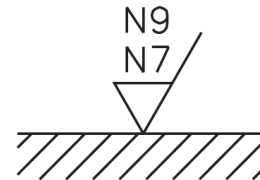
remoção exigida



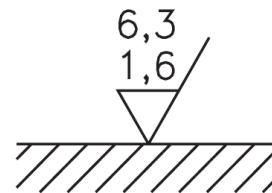
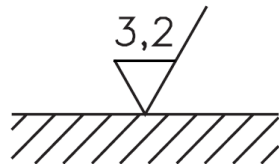
remoção não permitida



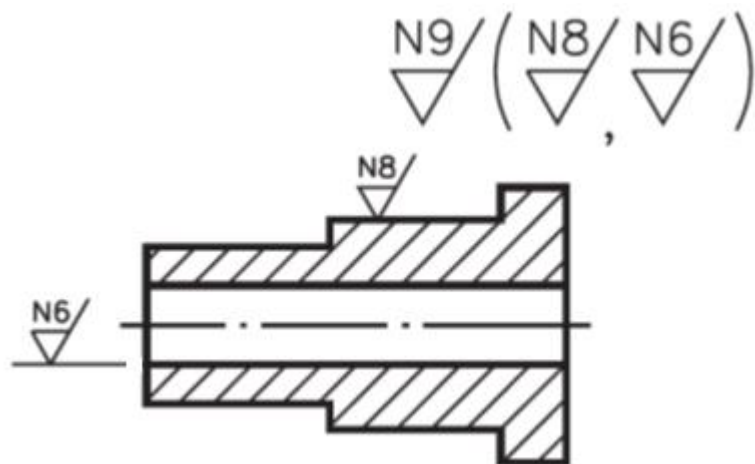
valor único



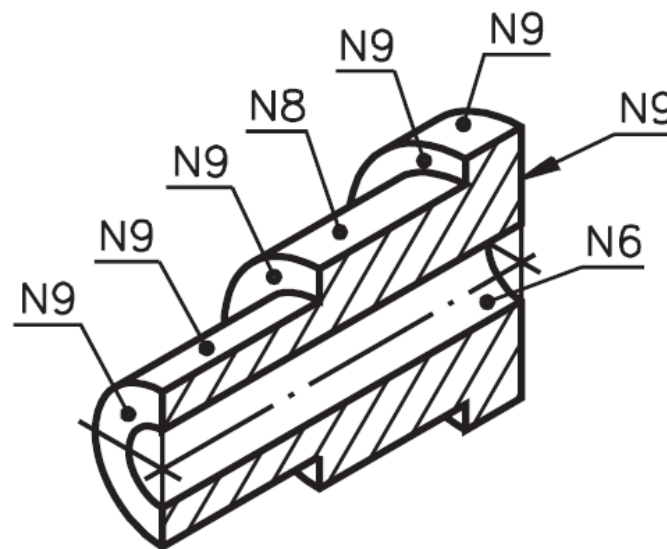
intervalo



INDICAÇÃO BÁSICA EM PROJETO



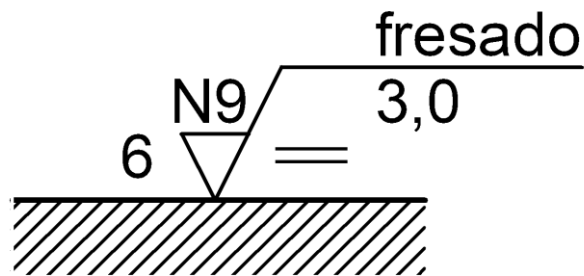
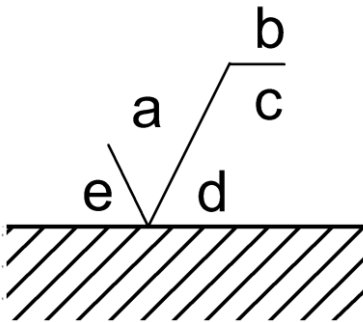
Aplicação em desenho técnico



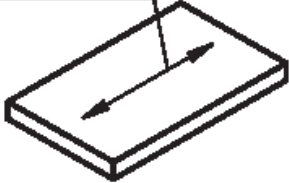







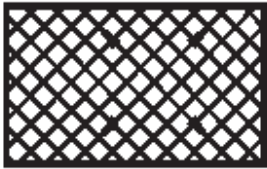
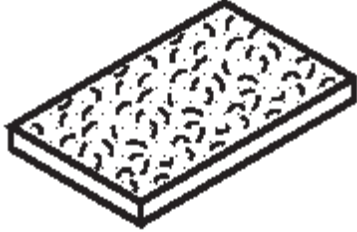

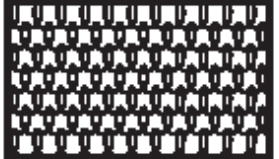
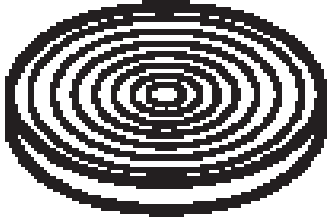


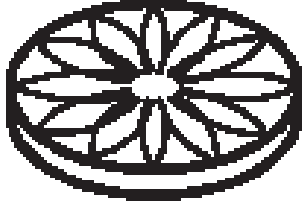


Significado da simbologia

SIMBOLOGIA

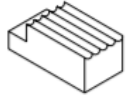
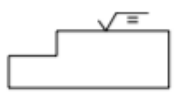

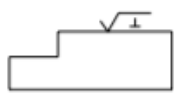
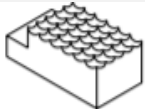
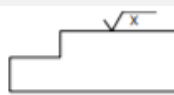
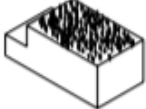
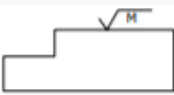
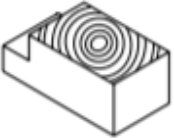
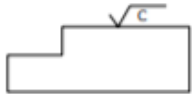
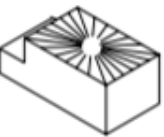

- a - valor da rugosidade R_a , em μm , ou classe de rugosidade N 1 a N 12;
- b - método de fabricação, tratamento ou revestimento da superfície;
- c - comprimento da amostra para avaliação da rugosidade, em mm;
- d - direção predominante das estrias;
- e - sobremetal para usinagem (mm).



DIREÇÃO DAS ESTRIAS - SIMBOLOGIA

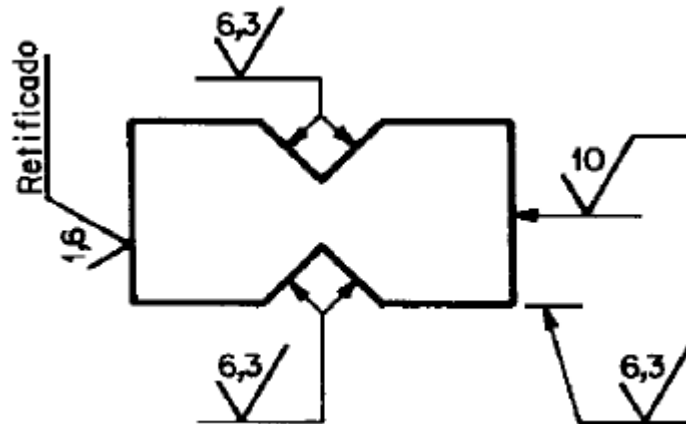
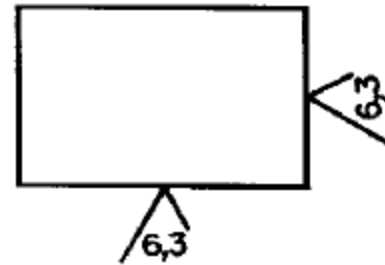
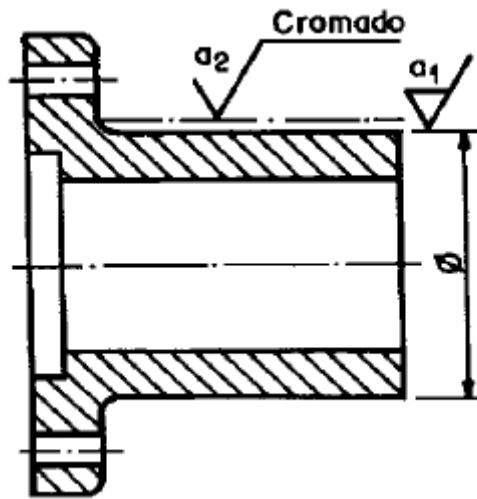
<p>direção das estrias</p> 	 	<p>direção das estrias</p> 	 
<p>direção das estrias</p> 	 		 
	 		 

DIREÇÃO DAS ESTRIAS - SIMBOLOGIA

Sinais	Perspectiva	Indicação do desenho	Orientação das estrias
=			Estrias paralelas ao plano de projeção da vista sobre a qual o símbolo é aplicado
⊥			Estrias são perpendiculares ao plano de projeção da vista sobre a qual ele é aplicado
X			Estrias orientadas segundo duas direções cruzadas
M			Estrias em várias direções
C			Estrias formam círculos aproximadamente concêntricos com o centro da superfície à qual o símbolo se refere
R			Estrias orientadas segundo direções aproximadamente radiais em relação ao centro da superfície à qual o símbolo se refere

<https://ufpemecanica.files.wordpress.com/2011/07/rugosidade.pdf>

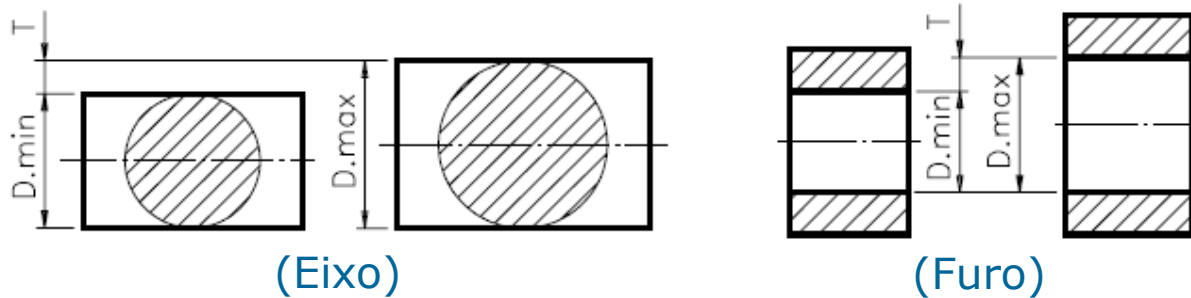
EXEMPLO DE APLICAÇÃO



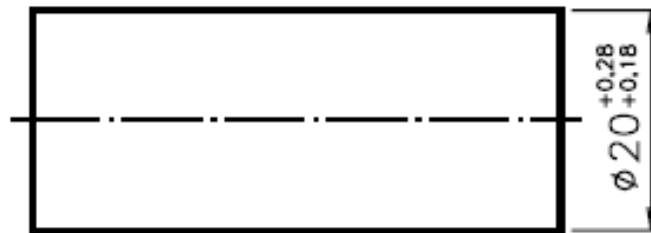
TOLERÂNCIA DIMENSIONAL

DEFINIÇÕES

Tolerância: variação entre as dimensões máxima e mínima de uma peça



Afastamentos: desvios aceitáveis da dimensão nominal, para mais e para menos



Medida nominal: 20 mm

Afastamento superior: 0,28 mm

Afastamento inferior: 0,18 mm

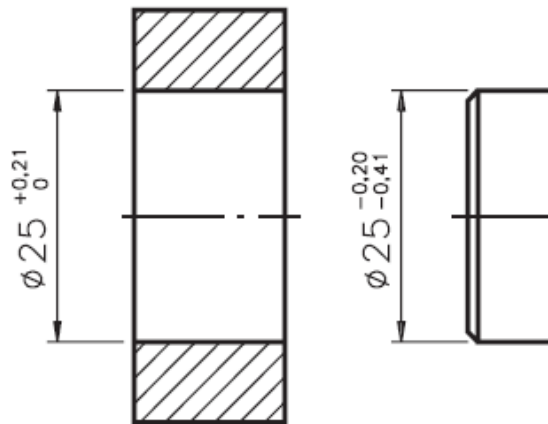
Dimensão máxima: 20,28 mm

Dimensão mínima: 20,18 mm

Tolerância: 0,10 mm

TIPOS DE AJUSTE

Ajuste com Folga



Furo

Dmax: 25,21

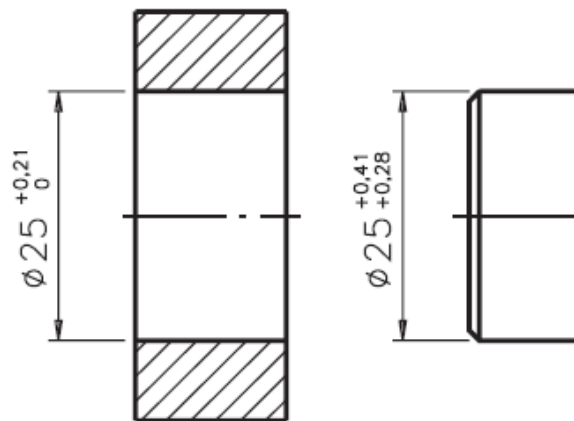
Dmin: 25,00

Eixo

Dmax eixo: 24,80

Dmin eixo: 24,59

Ajuste com Interferência



Furo

Dmax: 25,21

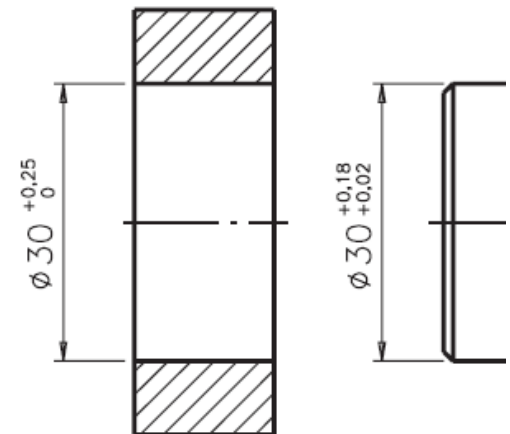
Dmin: 25,00

Eixo

Dmax eixo: 25,41

Dmin eixo: 25,28

Ajuste Incerto



Furo

Dmax: 30,25 (F)

Dmin: 30,00 (I)

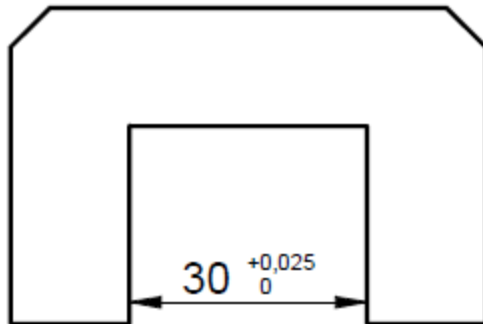
Eixo

Dmax eixo: 30,18 (I/F)

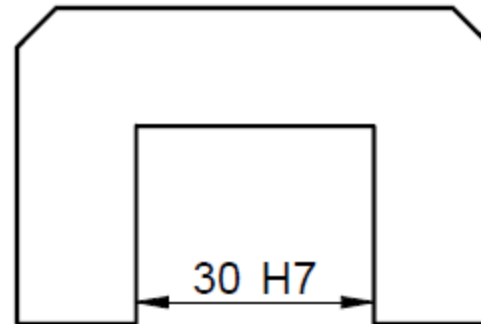
Dmin eixo: 30,02 (I/F)

As tolerâncias podem ser representadas por afastamentos ou pela norma ISO adotada pela ABNT.

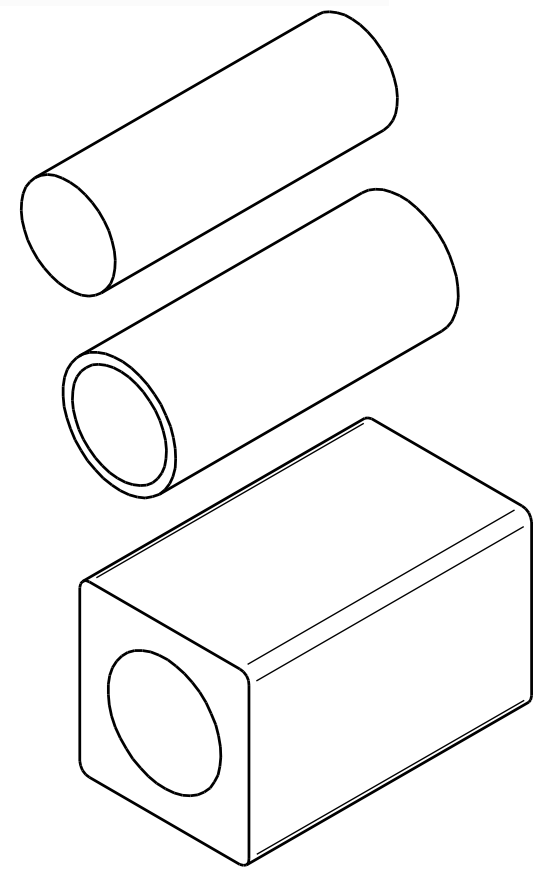
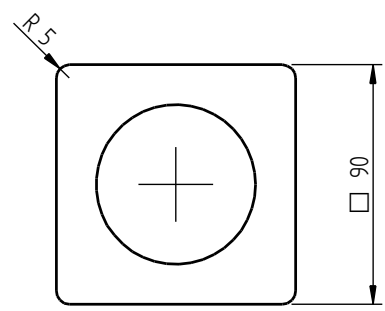
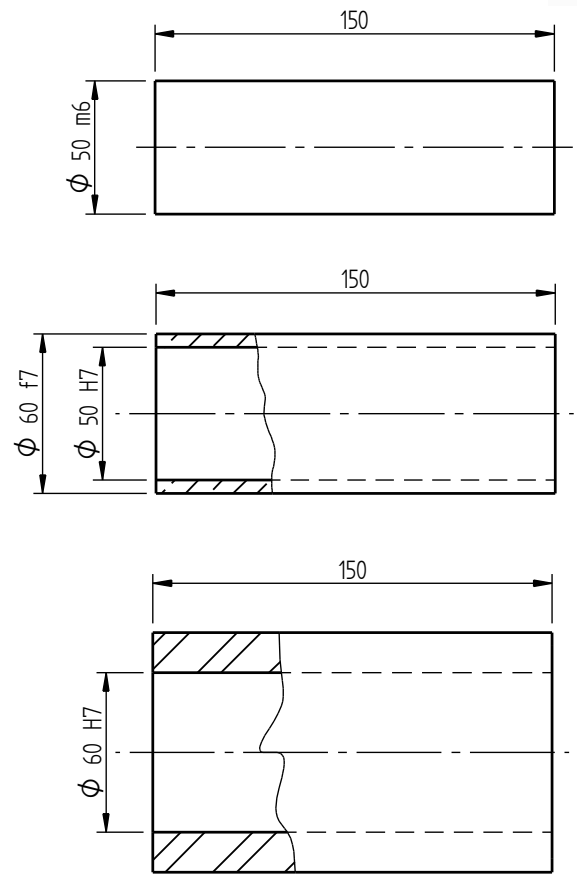
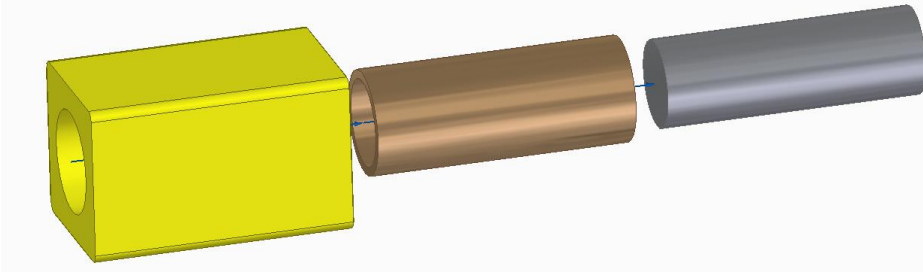
**Por
afastamento**



**Pela norma
ISO**



Furo e eixo



SISTEMA DE TOLERÂNCIA E AJUSTES (ABNT/ISO)

Qualidade de trabalho: precisão da peça ou tamanho do intervalo

Classe de qualidade	Utilização
01 a 4	Instrumentos de verificação (calibres, padrões, etc.)
5 e 6	Construção mecânica de grande precisão
7 e 8	Construção mecânica cuidadosa
9 a 11	Construção mecânica corrente
12 a 18	Construção mecânica grosseira (laminação, estampagem, fundição, forjamento)

Campo de tolerância: valores entre as dimensões máxima e mínima ou posição do intervalo

(letras a/A a zc/ZC)

a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	j	js	k
m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc

(Eixo)

A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	J	JS	K
M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC

(Furo)

PROCESSOS DE FABRICAÇÃO E QUALIDADE DE TRABALHO

Pano
+
Água
+
Micropartículas Abrasivas



=>



Broca

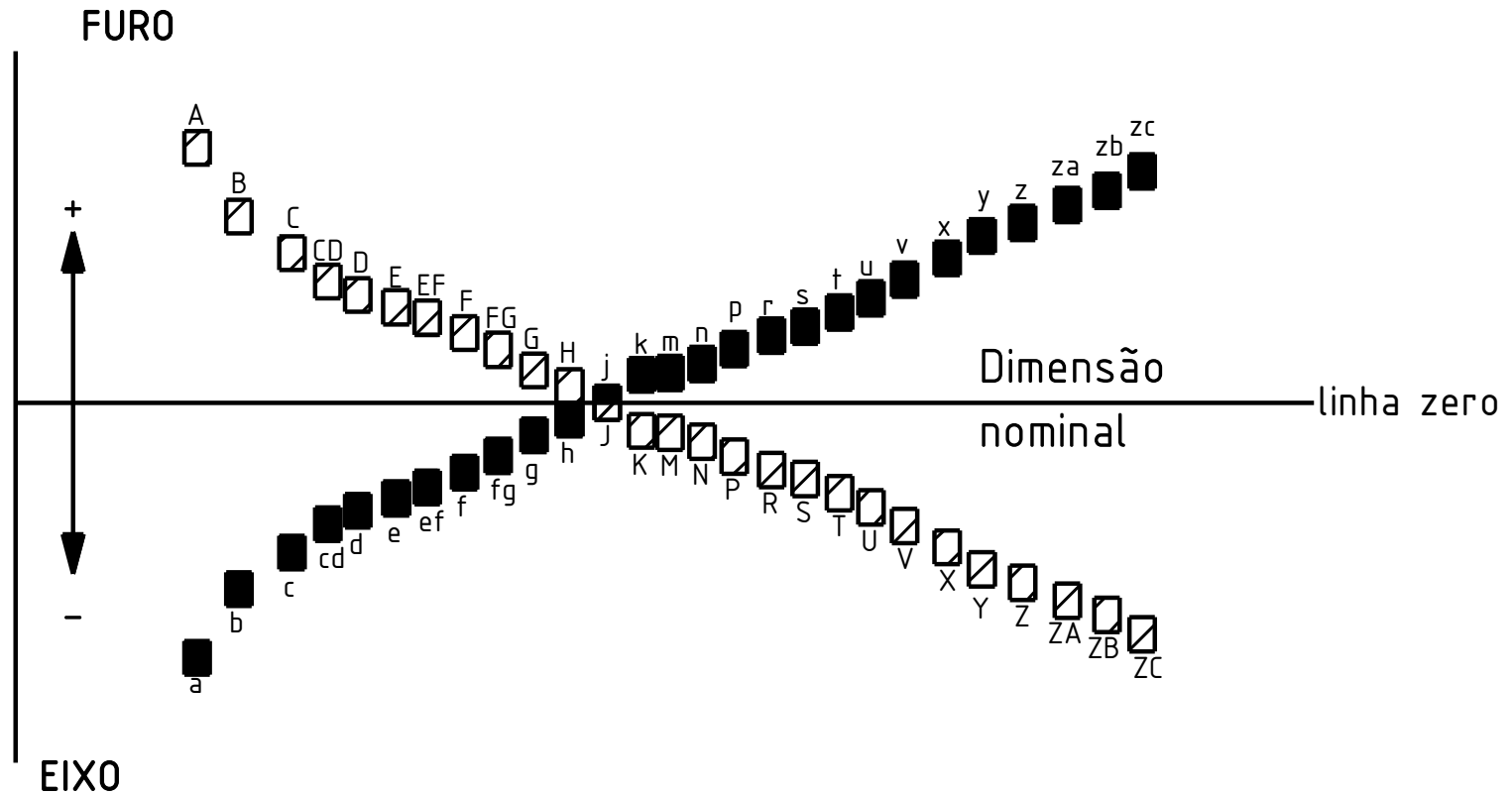
Processo	Qualidade IT							
	4	5	6	7	8	9	10	11
→ Polimento	■							
Rasqueteamento		■						
Torneamento para acabamento		■						
Retificação		■						
Brochamento		■						
Mandrilamento			■					
Torneamento				■				
Aplainamento				■				
Fresamento							■	
→ Furação								■

PROCESSOS DE FABRICAÇÃO E QUALIDADE DE TRABALHO

Tabela 1 - Valores numéricos de graus de tolerância-padrão IT para dimensões nominais até 3150 mm^(A)

Dimensão nominal (mm)		Graus de tolerância-padrão																	
		IT1 ^(B)	IT2 ^(B)	IT3 ^(B)	T4 ^(B)	T5 ^(B)	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14 ^(C)	IT15 ^(C)	IT16 ^(C)	IT17 ^(C)	IT18 ^(C)
Acima	Até e inclusive	Tolerância (μm)												Tolerância (mm)					
		-	3 ^(C)	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6
3	6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8
6	10	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	2,2
10	18	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	2,7
18	30	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	3,3
30	50	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1	1,6	2,5	3,9
50	80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3	4,6
80	120	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	5,4

POSIÇÃO DOS CAMPOS DE TOLERÂNCIA



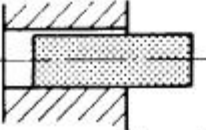

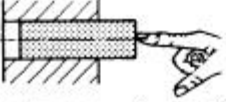
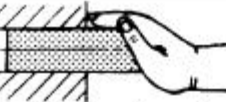
AJUSTES NORMALIZADOS (SISTEMA FURO-BASE H7)

Tolerância em milésimos de milímetros (μm)

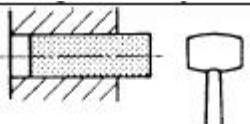
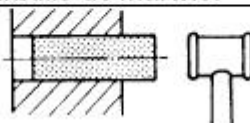
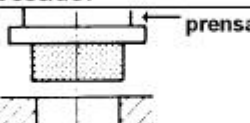
Dimensão nominal mm		Furo ^{af. inf.} _{af. sup.}	EIXOS									
			afastamento superior					afastamento inferior				
acima de	até	H7	f7	g6	h6	j6	k6	m6	n6	p6	r6	
0	1	0	- 6	- 2	0	+ 4	+ 6		+ 10	+ 12	+ 16	
1	3	+ 10	- 16	- 8	- 6	- 2	0		+ 4	+ 6	+ 10	
3	6	0	- 10	- 4	0	+ 6	+ 9	+ 12	+ 16	+ 20	+ 23	
		+ 12	- 22	- 12	- 8	- 2	+ 1	+ 4	+ 8	+ 12	+ 15	
6	10	0	- 13	- 5	0	+ 7	+ 10	+ 15	+ 19	+ 24	+ 28	
		+ 15	- 28	- 14	- 9	- 2	+ 1	+ 6	+ 10	+ 15	+ 19	
10	14	0	- 16	- 6	0	+ 8	+ 12	+ 18	+ 23	+ 29	+ 34	
14	18	+ 18	- 34	- 17	- 11	- 3	+ 1	+ 7	+ 12	+ 18	+ 23	
18	24	0	- 20	- 7	0	+ 9	+ 15	+ 21	+ 28	+ 35	+ 41	
24	30	+ 21	- 41	- 20	- 13	- 4	+ 2	+ 8	+ 15	+ 22	+ 28	
30	40	0	- 25	- 9	0	+ 11	+ 18	+ 25	+ 33	+ 42	+ 50	
40	50	+ 25	- 50	- 25	- 16	- 5	+ 2	+ 9	+ 17	+ 26	+ 34	
50	65	0	- 30	- 10	0	+ 12	+ 21	+ 30	+ 39	+ 51	+ 60	
											+ 41	
65	80	+ 30	- 60	- 29	- 19	- 7	+ 2	+ 1	+ 20	+ 32	+ 62	
											+ 43	
80	100	0	- 36	- 12	0	+ 13	+ 25	+ 35	+ 45	+ 59	+ 73	
											+ 51	
100	120	+ 35	- 71	- 34	- 22	- 9	+ 3	+ 13	+ 23	+ 37	+ 76	
											+ 54	
120	140										+ 88	
		0	- 43	- 14	0	+ 14	+ 28	+ 40	+ 52	+ 68	+ 63	
140	160										+ 90	
											+ 65	

Até 3150 mm

RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS

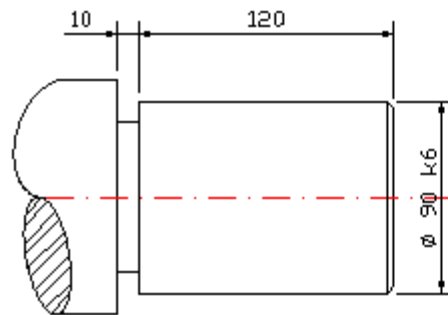
TIPO DE AJUSTE	EXEMPLO DE AJUSTE	EXTRA PRECISO	MECÂNICA PRECISA	MECÂNICA MÉDIA	MECÂNICA ORDINÁRIA	EXEMPLO DE APLICAÇÃO
LIVRE	 Montagem à mão, com facilidade.	$H_6 e_7$	$H_7 e_7$ $H_7 e_8$	$H_8 e_9$	$H_{11} a_{11}$	Peças cujos funcionamentos necessitam de folga por força de dilatação, mau alinhamento, etc.
ROTATIVO	 Montagem à mão podendo girar sem esforço.	$H_6 f_6$	$H_7 f_7$	$H_8 f_8$	$H_{10} d_{10}$ $H_{11} d_{11}$	Peças que giram ou deslizam com boa lubrificação. Ex.: eixos, mancais, etc.
DESLIZANTE	 Montagem à mão com leve pressão.	$H_6 g_5$	$H_7 g_6$	$H_8 g_8$ $H_8 h_8$	$H_{10} h_{10}$ $H_{11} h_{11}$	Peças que deslizam ou giram com grande precisão. Ex.: anéis de rolamentos, corredeiras, etc.
DESLIZANTE JUSTO	 Montagem à mão, porém, necessitando de algum esforço.	$H_6 h_5$	$H_7 h_6$			Encaixes fixos de precisão, órgãos lubrificadas deslocáveis à mão. Ex.: punções, guias, etc.

RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS

TIPO DE AJUSTE	EXEMPLO DE AJUSTE	EXTRA PRECISO	MECÂNICA PRECISA	MECÂNICA MÉDIA	MECÂNICA ORDINÁRIA	EXEMPLO DE APLICAÇÃO
ADERENTE FORÇADO LEVE	 <p>Montagem com auxílio de martelo.</p>	$H_6 j_5$	$H_7 j_6$			Órgãos que necessitam de freqüentes desmontagens. Ex.: polias, engrenagens, rolamentos, etc.
FORÇADO DURO	 <p>Montagem com auxílio de martelo pesado.</p>	$H_6 m_5$	$H_7 m_6$			Órgão possíveis de montagens e desmontagens sem deformação das peças.
À PRESSÃO COM ESFORÇO	 <p>Montagem com auxílio de balancim ou por dilatação</p>	$H_6 p_5$	$H_7 p_6$			Peças impossíveis de serem desmontadas sem deformação. Ex.: buchas à pressão, etc.

EXEMPLO

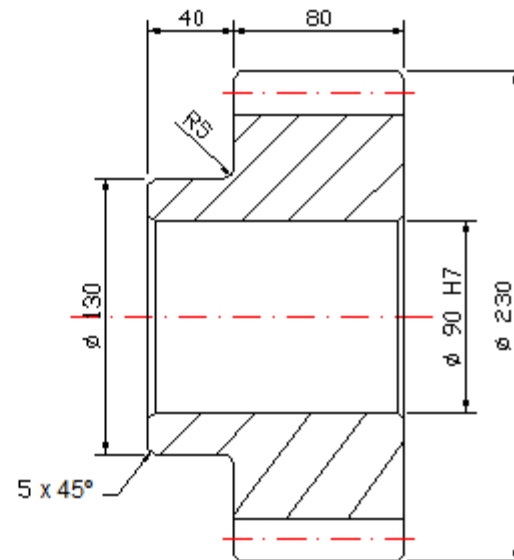
PONTA DE EIXO



$$90 \text{ H7} = \begin{matrix} +35 \\ 0 \end{matrix} \mu\text{m}$$

$$90 \text{ k6} = \begin{matrix} +25 \\ +3 \end{matrix} \mu\text{m}$$

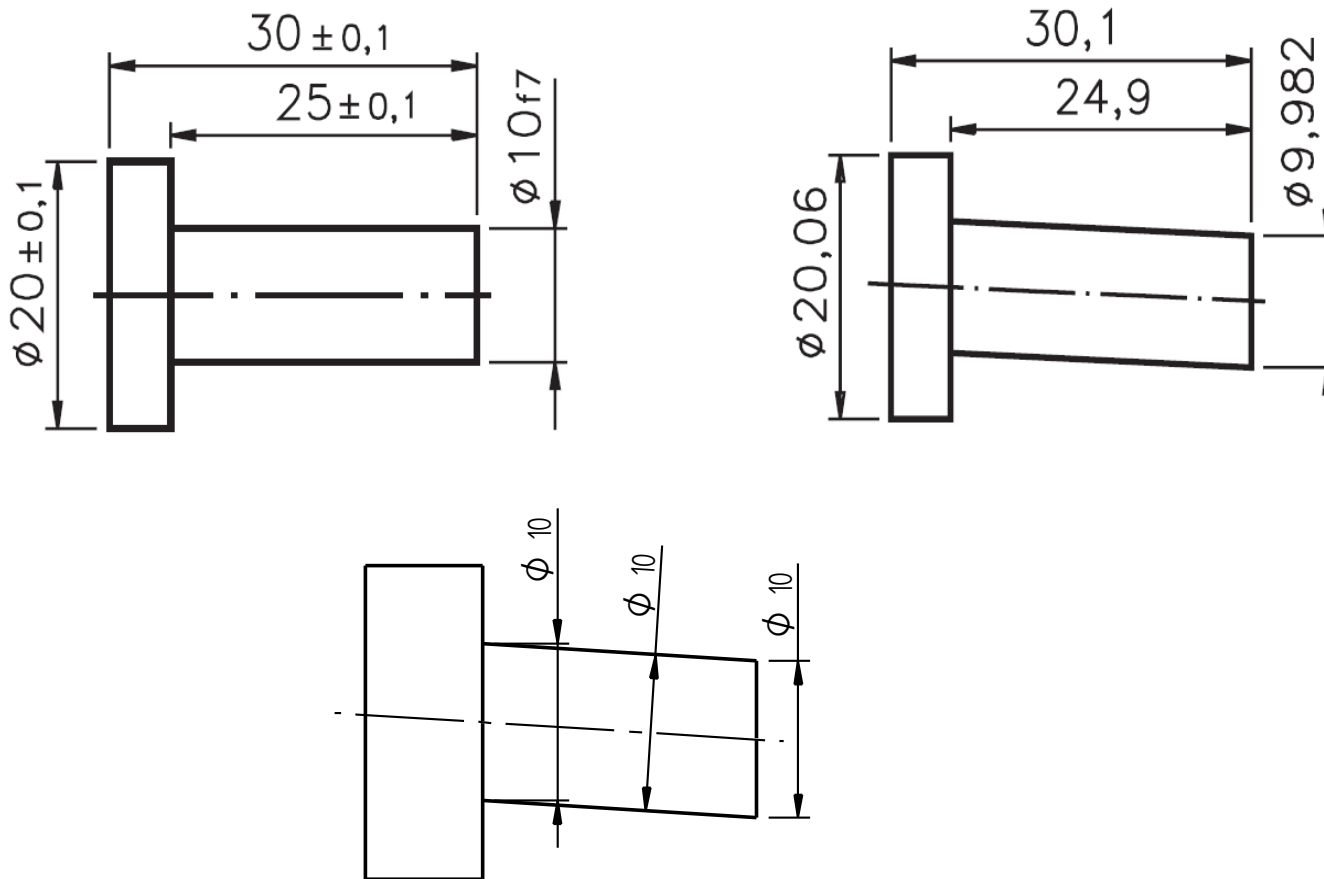
ENGRENAGEM



QUAL É O AJUSTE?

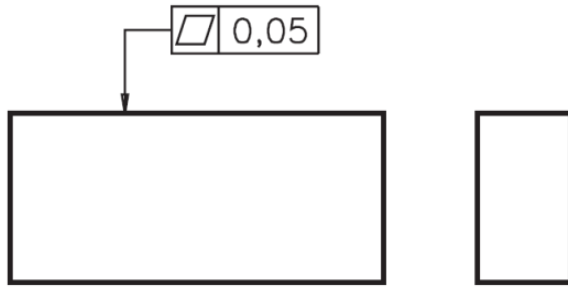
TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS

Tolerância Dimensional: não garante a obtenção da geometria correta da peça

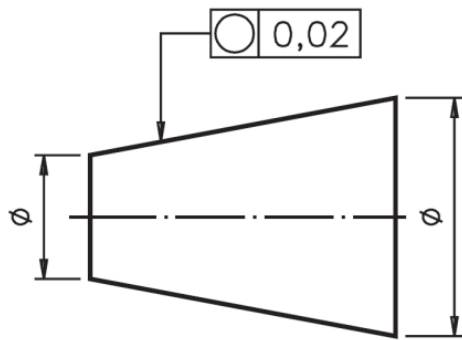
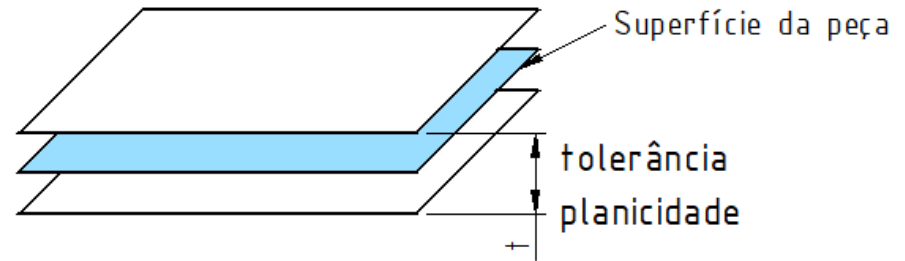


Tolerância Geométrica: variação aceitável das formas e posições dos elementos da peça

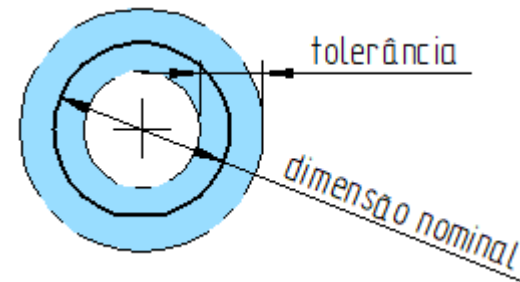
EXEMPLOS E SIMBOLOGIAS



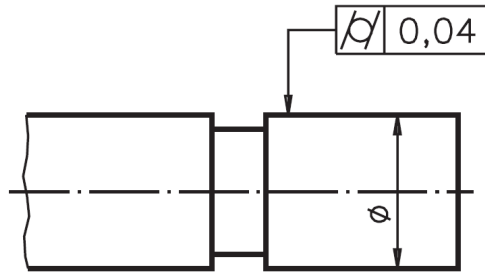
Planeza



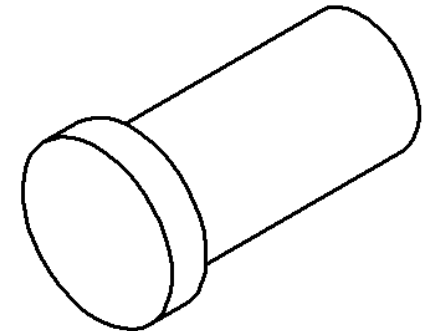
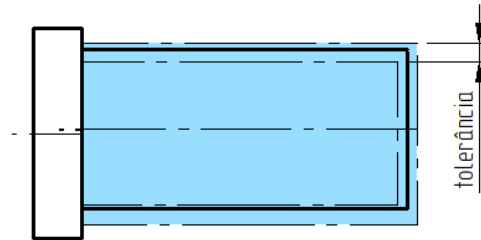
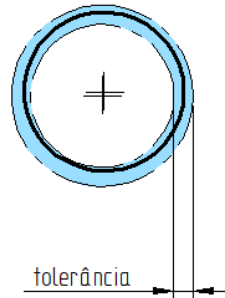
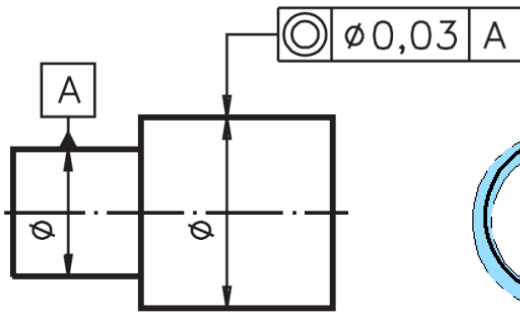
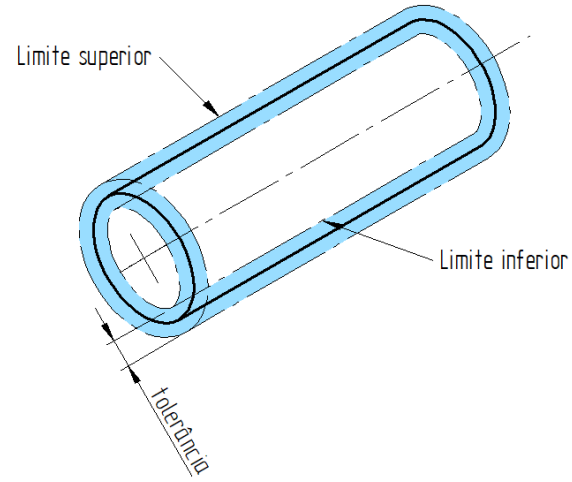
Circularidade



EXEMPLOS E SIMBOLOGIAS

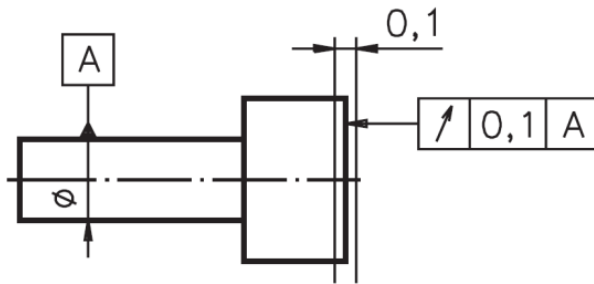


Cilindricidade

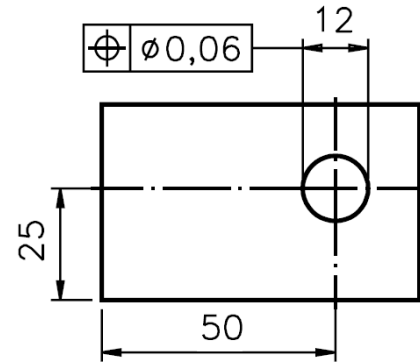


Concentricidade

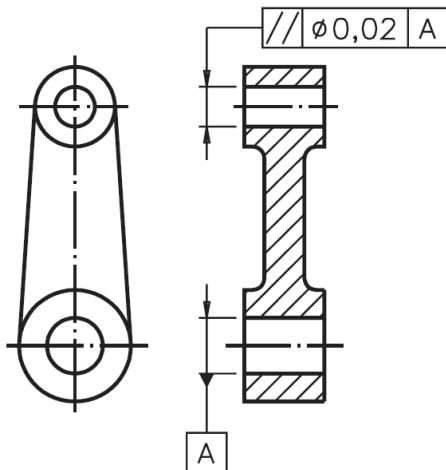
EXEMPLOS E SIMBOLOGIAS



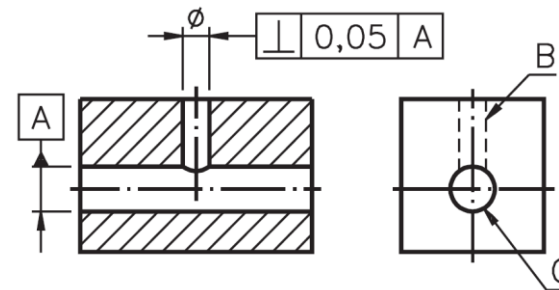
Batimento



Localização



Paralelismo



Perpendicularismo

QUADRO GERAL

TOLERÂNCIA DE FORMA PARA ELEMENTOS ISOLADOS

	Denominação	Símbolo
de linhas	Retilidade Circularidade Forma de linha qualquer	— ○ ⌒
de superfícies	Planeza Cilindricidade Forma de superfície qualquer	▭ ⊘ ⌒

QUADRO GERAL

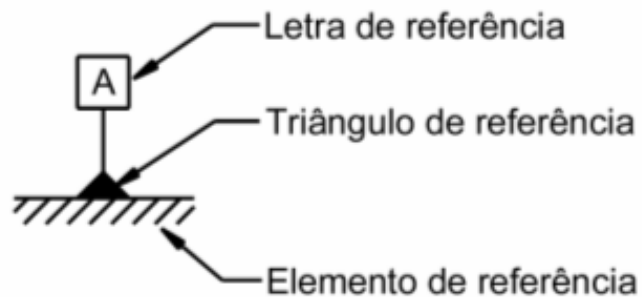
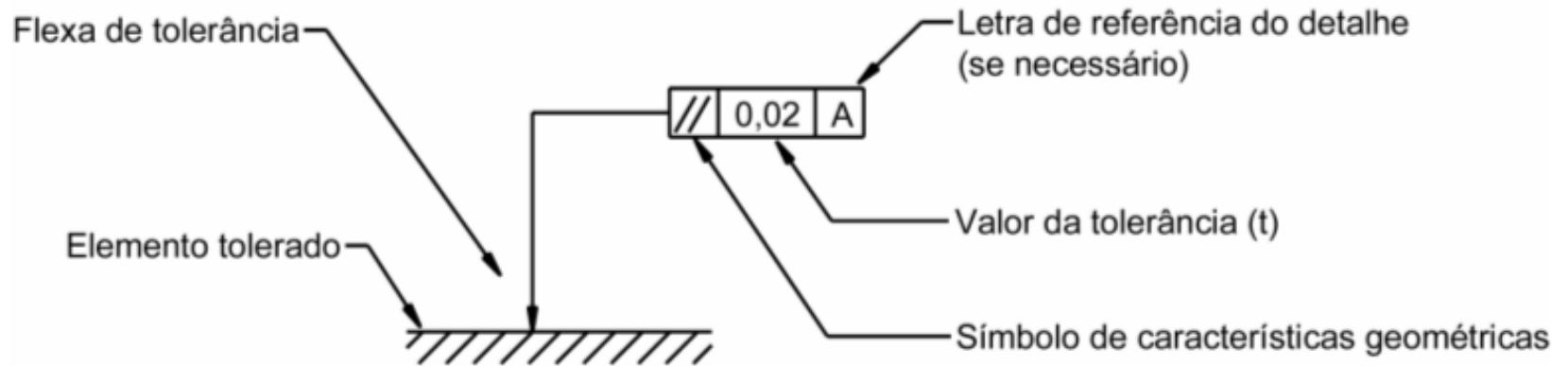
TOLERÂNCIA PARA ELEMENTOS ASSOCIADOS

	Denominação	Símbolo
de orientação	Paralelismo	//
	Perpendicularidade	⊥
	Inclinação	∠
de posição	Localização	⊕
	Concentricidade ou coaxialidade	◎
	Simetria	≡

TOLERÂNCIA DE BATIMENTO

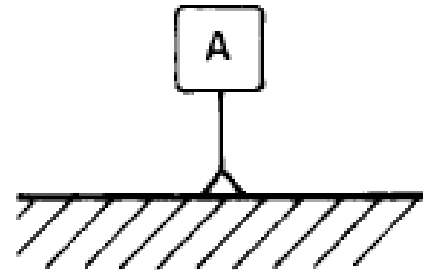
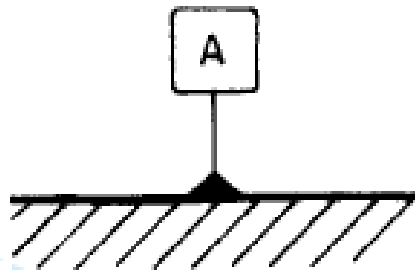
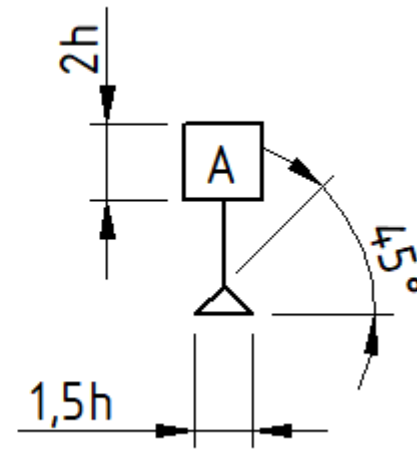
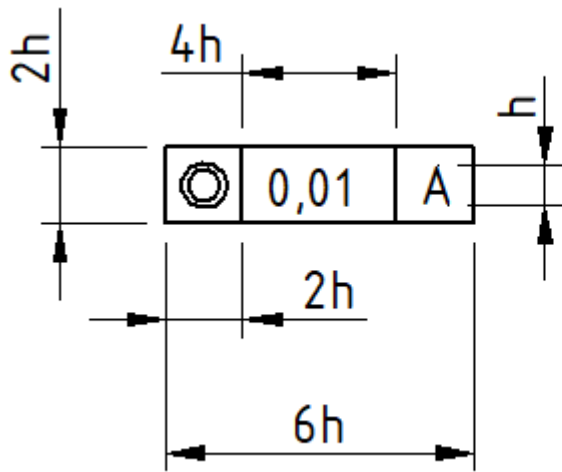
Radial	↗
Axial	

REPRESENTAÇÕES - características

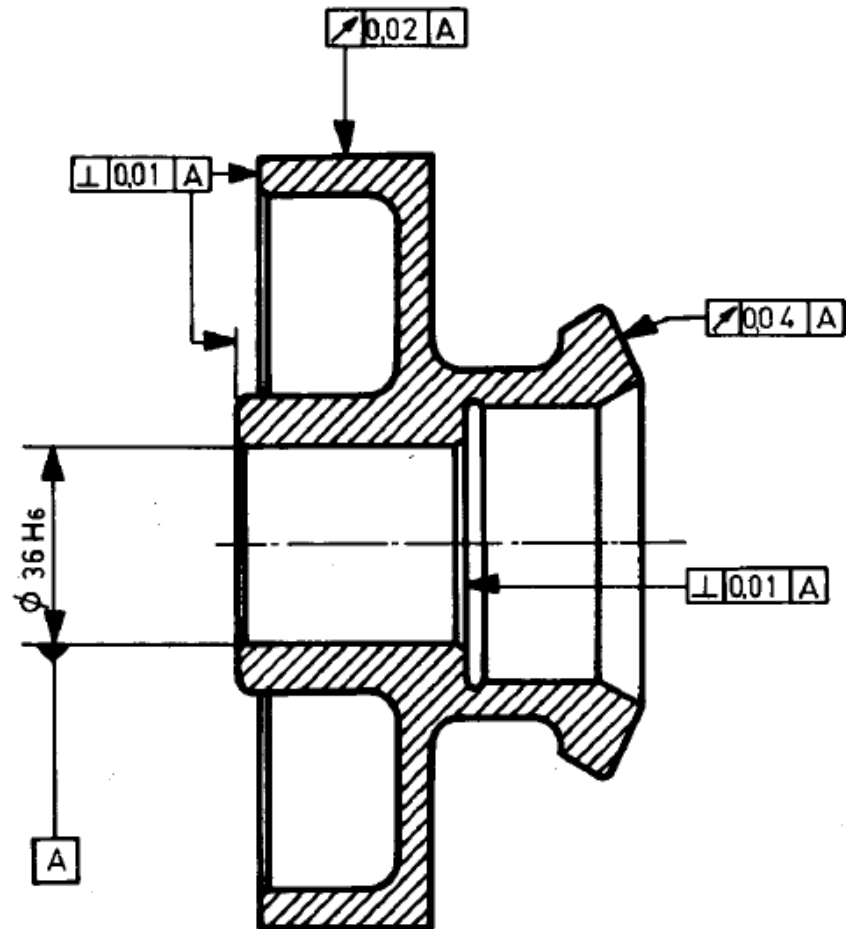


50 Cota de referência teoricamente exata

CARACTERÍSTICAS



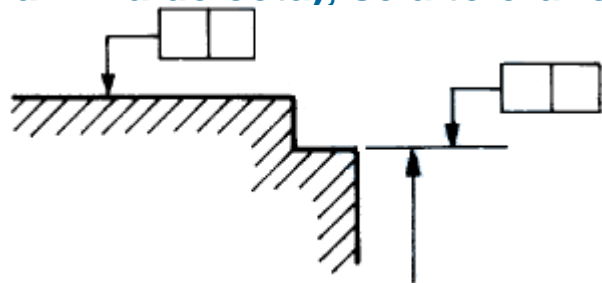
EXEMPLO



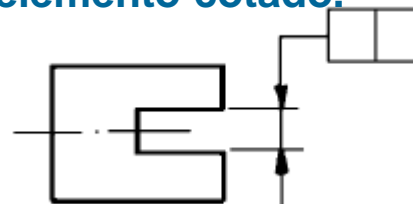
Roda de Atrito

INDICAÇÃO DO ELEMENTO TOLERADO

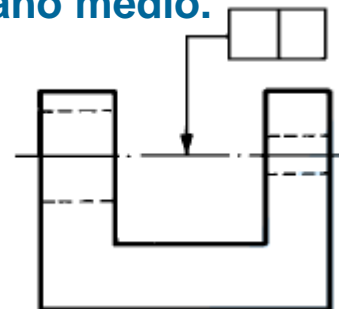
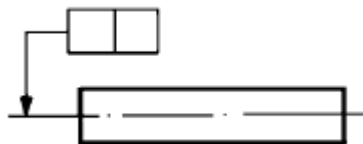
- Toca o contorno de um elemento ou o prolongamento do contorno (mas não uma linha de cota), se a tolerância se aplicar à linha ou à própria superfície.



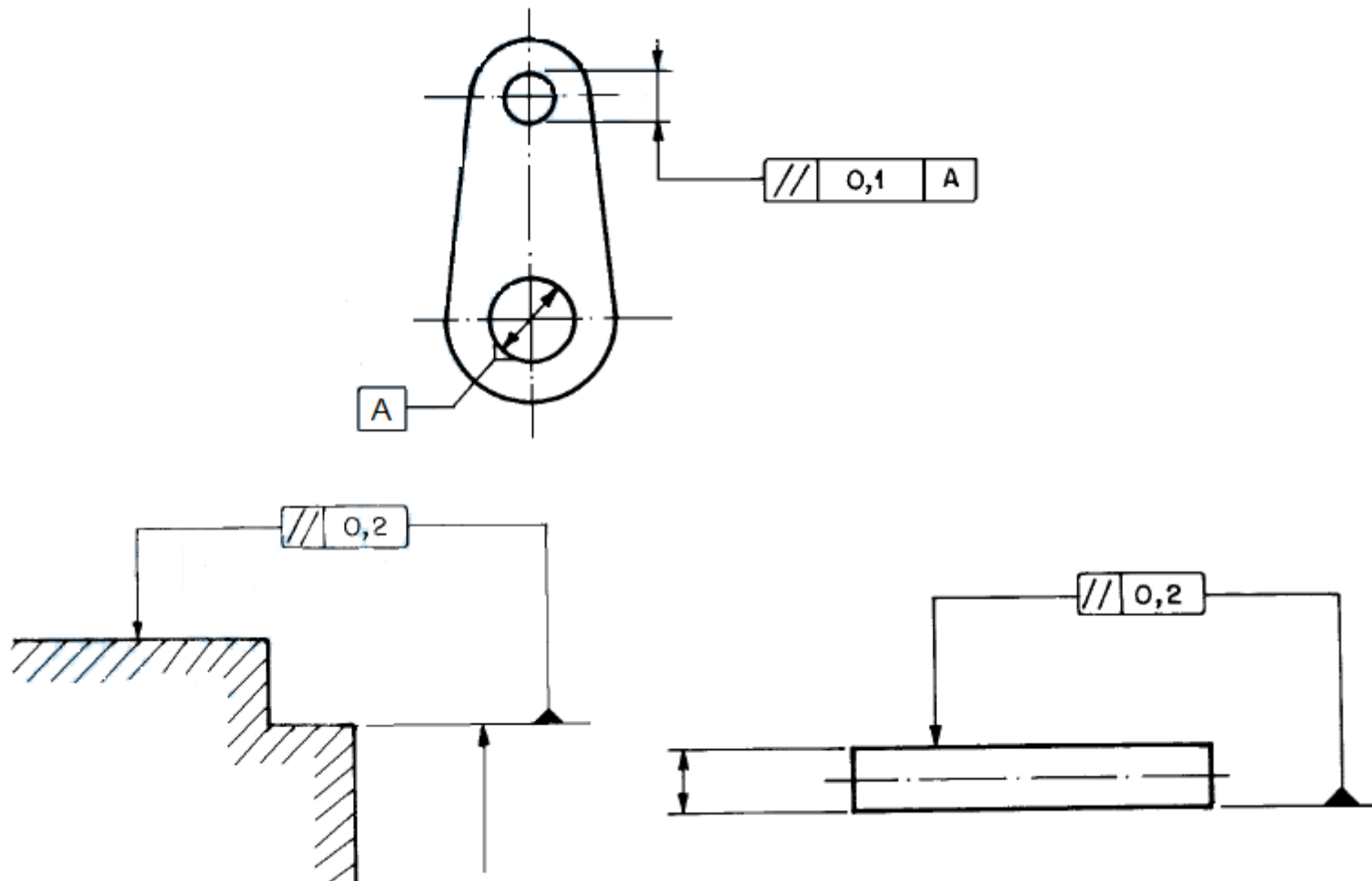
- Toca a linha de extensão, em prolongamento à linha de cota, quando a tolerância for aplicada ao eixo ou ao plano médio do elemento cotado.



- Toca o eixo, quando a tolerância for aplicada ao eixo ou ao plano médio de todos os elementos comuns a este eixo ou este plano médio.

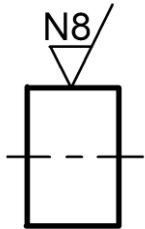


INDICAÇÃO DO CAMPO DE TOLERÂNCIA



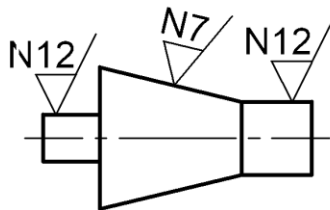
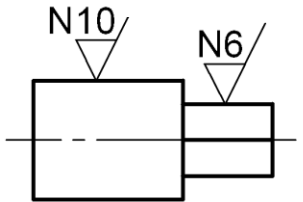
Exercício 7.1

a) Escreva nas linhas indicadas, a rugosidade das peças em sua grandeza máxima.



Exemplo:

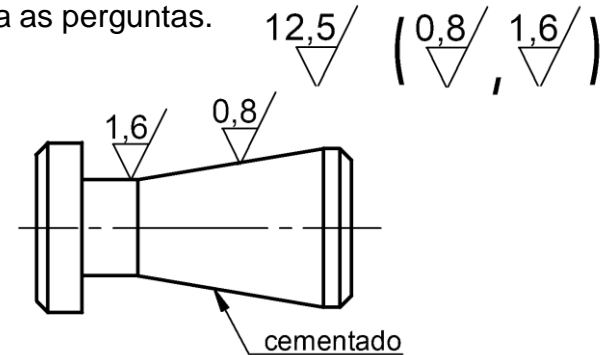
a) N8 = 3,2 μm



b) _____ , _____

c) _____ , _____

b) Responda as perguntas.

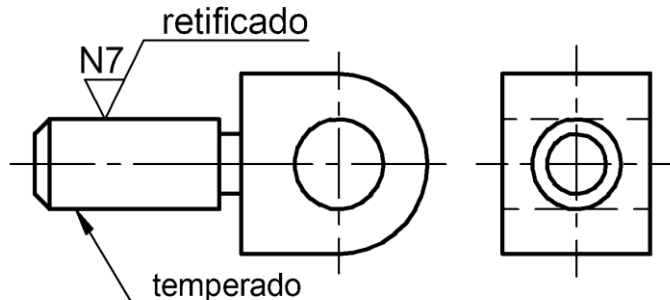


a) Que classe de rugosidade a maioria das superfícies da peça deverá receber?

b) Que outras classes de rugosidade a peça deverá receber?

c) Que tratamento térmico a peça deverá receber?

c) Analise o desenho e responda.



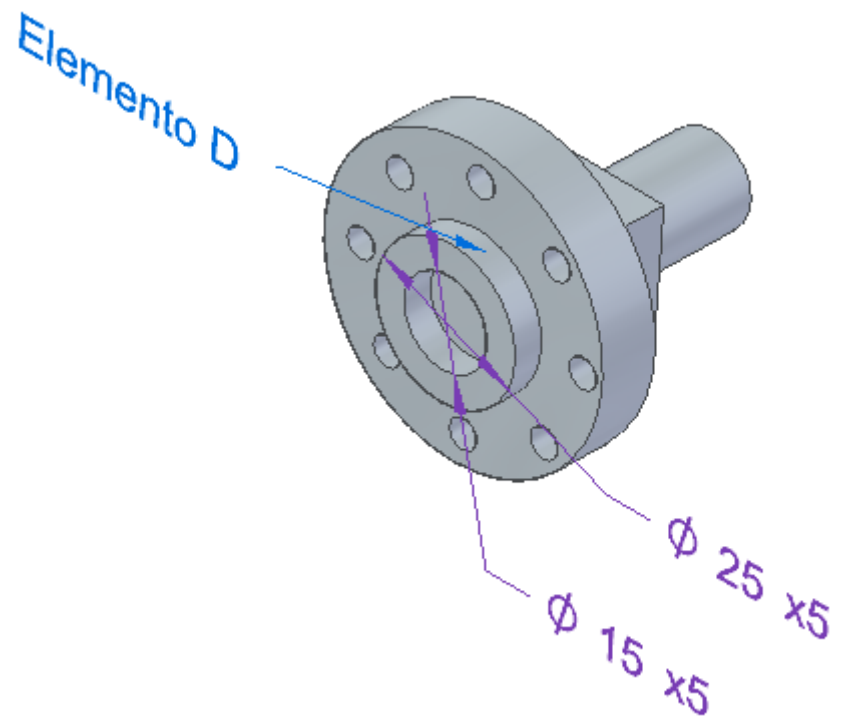
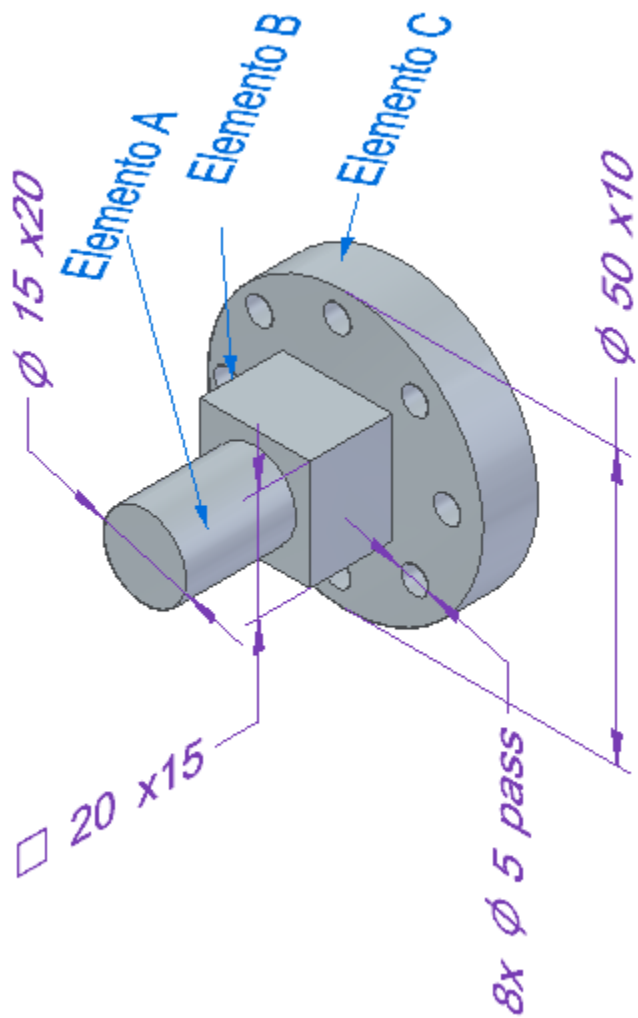
a) Qual é o modo de fabricação de obter o acabamento N7?

b) Qual é o tratamento indicado?

Exercício 7.2

Faça as vistas necessárias para a peça indicada. Cotar, aplicar tolerâncias e indicar estado de superfície e acabamentos de acordo com as especificações a seguir:

- a) Os 8 furos iguais tem qualidade 6 e as tolerâncias estão na posição J.
- b) Os eixos tem qualidade 7 e as tolerâncias estão na posição g.
- c) No furo central do elemento D será montado um eixo. Selecione uma classe de tolerância adequada para o furo de modo a garantir um ajuste do tipo apertado a frio.
- d) Planeza das superfícies do elemento B, com tolerância de 0,1mm.
- e) Paralelismo das faces opostas do elemento B, com tolerância de 0,1mm.
- f) Perpendicularidade das faces do elemento B com tolerância de 0,2mm.
- g) Cilindricidade do furo central do elemento D com tolerância de 0,05mm.
- h) Elemento A com tolerância de circularidade de 0.25mm.
- i) Concentricidade de 0,02mm do furo central do elemento D em relação a ele mesmo.
- j) Coaxilidade de 0,04mm do eixo do elemento D em relação ao elemento C.
- k) Os elementos cilíndricos devem ter rugosidade máxima de 12,5 μm .
- l) O elemento prismático deve ter rugosidade máxima de 6,3 μm e mínima de 1,6 μm .
- m) Todos os furos devem ter rugosidade máxima de 0,4 μm .



REFERÊNCIAS

Silva, A., Ribeiro, C. T., Dias, J., Souza, L. **Desenho Técnico Moderno**. Ed. LTC, 4ª ed., 475p. 2006.

Agostinho, O., Rodrigues, A. C. S., Lirani, J. **Tolerâncias, Ajustes, Desvios e Análise de Dimensões**. Ed. Edgard Blücher, 43ª ed., 295p. 1977.

Novaski, O. **Introdução à Engenharia de Fabricação Mecânica**. Ed. Edgard Blücher, 1ª ed., 120p., 1994.

ABNT NBR ISO 2768-1:2001. Tolerâncias gerais - Parte 1: Tolerâncias para dimensões lineares e angulares sem indicação de tolerância individual.

ABNT NBR 6158:1995. Sistemas de tolerâncias e ajustes.

Gordo, N.; Ferreira, J. **Elementos de Máquina**, Escola SENAI-SP.

Vale, F. Apostila de Desenho de Máquina, 2004.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR ISO 2768-2:2001. Tolerâncias gerais - Parte 2: Tolerâncias geométricas para elementos sem indicação de tolerância individual.

ABNT NBR 6409:1997. Tolerâncias geométricas – Tolerâncias de forma, orientação, posição e batimento – Generalidades, símbolos, definições e indicações em desenho.

Ferreira, J.; Silva, R. M. **Leitura e Interpretação de Desenho Técnico Mecânico**, Escola SENAI-SP.

ABNT NBR ISO 4287:2002. Especificações geométricas do produto (GPS) - Rugosidade: Método do perfil - Termos, definições e parâmetros da rugosidade.

ABNT NBR ISO 4288:2008. Especificações geométricas de produto (GPS) - Rugosidade: Método do perfil - Regras e procedimentos para avaliação de rugosidade.

ABNT NBR 8404:1984. Indicação do estado de superfícies em desenhos técnicos - Procedimento.