

SEM 0564 - DESENHO TÉCNICO MECÂNICO I

Notas de Aulas v.2018

Aula 06 – Tolerâncias: dimensional, forma e posição

Prof. Assoc. Carlos Alberto Fortulan

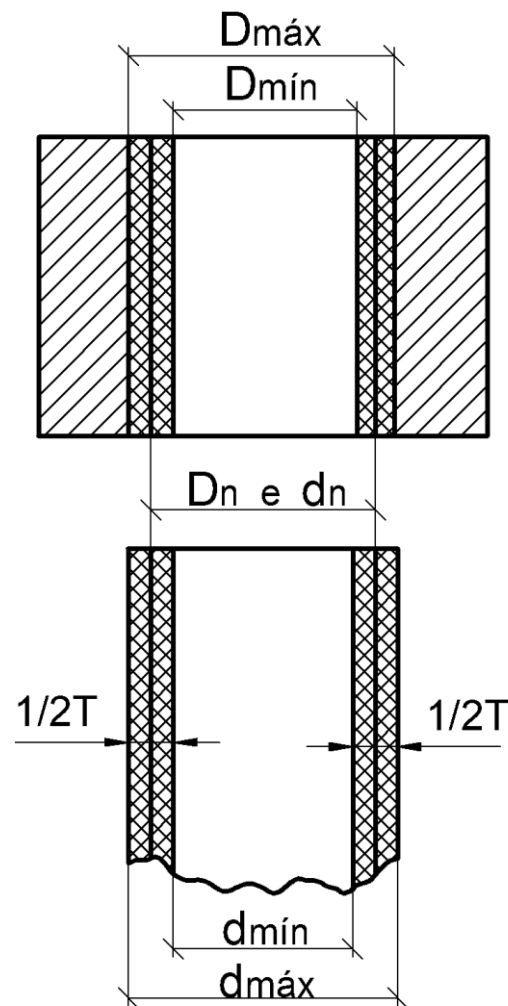
Departamento de Engenharia Mecânica
Escola de Engenharia de São Carlos
Universidade de São Paulo

Tolerância dimensional

É o valor da variação permitida na dimensão de uma peça.

Em termos práticos é a diferença tolerada entre as dimensões máxima e mínima de uma dimensão nominal.

A tolerância é aplicada na execução de peças em série e possibilita a intercambiabilidade delas.



$D_{m\acute{a}x}$ – diâmetro máximo do furo

$D_{m\acute{i}n}$ – diâmetro mínimo do furo

$d_{m\acute{a}x}$ – diâmetro máximo do eixo

$d_{m\acute{i}n}$ – diâmetro mínimo do eixo

D_n – diâmetro nominal do furo

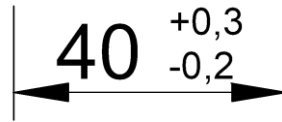
d_n – diâmetro nominal do eixo

Conceitos

✓ Medida nominal: é a medida representada no desenho.



✓ Medida com tolerância: é a medida com afastamento para mais ou menos da medida nominal.



✓ Medida efetiva: é a medida real da peça fabricada

Ex. 40,024

✓ Dimensão máxima: é a medida máxima permitida (fabricação).

40,3

✓ Dimensão mínima: é a medida mínima permitida (fabricação).

39,8

✓ Afastamento superior: é a diferença entre a dimensão máxima permitida e a medida nominal.

$$40,3 - 40 = 0,3$$

✓ Afastamento inferior: é a diferença entre a dimensão mínima permitida e a medida nominal.

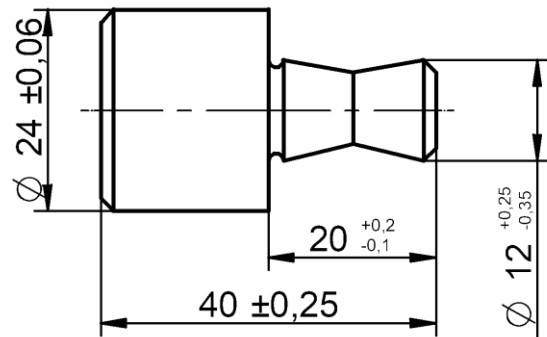
$$49,8 - 30 = -0,2$$

✓ Campo de tolerância: é a diferença entre a medida máxima e a medida mínima permitida.

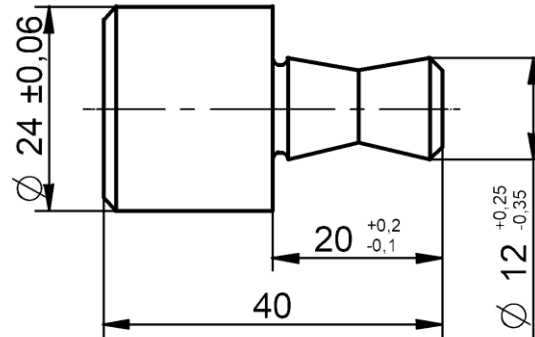
$$40,3 - 39,8 = 0,5$$

Indicações

Afastamentos, indicados junto das cotas nominais.



Afastamentos gerais, indicados abaixo do desenho.

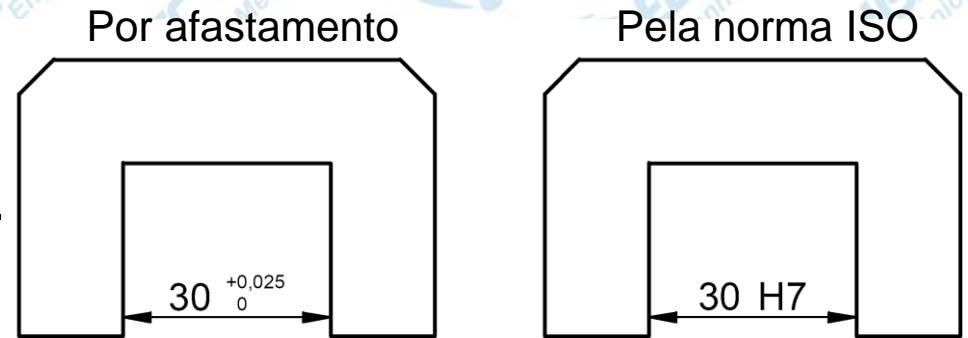


Afastamento não indicados ± 0.25

A origem dos termos **furo** e **eixo** provém da importância que as peças cilíndricas têm nas construções mecânicas.

Na prática, porém, os termos furos e eixo são entendidos como medida interna e medida externa, respectivamente.

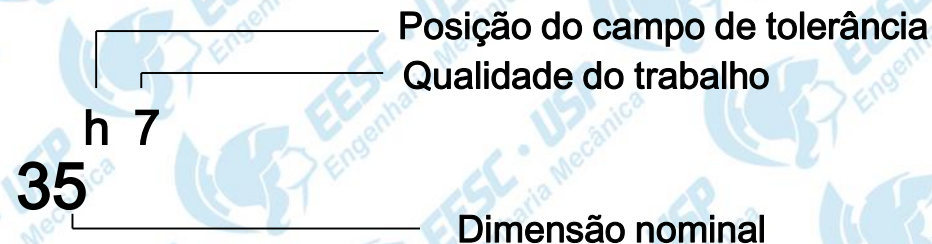
As tolerâncias podem ser representadas por afastamentos ou pela norma ISO adotada pela ABNT.



Tolerância ISO (International Organization for Standardization)

O sistema de tolerância ISO adotado pela ABNT, conhecido como Sistema Internacional de Tolerância, consiste em uma série de princípios, regras e tabelas que permitem a escolha racional de tolerâncias na produção de peças. A unidade de medida para tolerância ISO é o micrômetro ($\mu\text{m}=0,001\text{mm}$).

A tolerância ISO é representada normalmente por uma letra e um numeral colocados à direita da cota. A **letra** indica a posição do campo de tolerância e o **numeral**, a qualidade de trabalho.



Campo de Tolerância

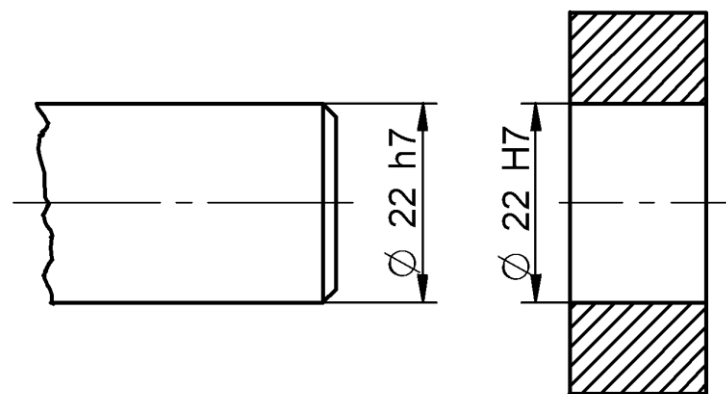
É o conjunto de valores compreendidos entre as dimensões máxima e mínima. O sistema ISO prevê 28 campos representados por letras, sendo as maiúsculas para furos e as minúsculas para eixos:

Furos

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

Eixos

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



Qualidade de Trabalho

A qualidade de trabalho (grau de tolerância e acabamento das peças) varia de acordo com a função que as peças desempenham nos conjuntos.

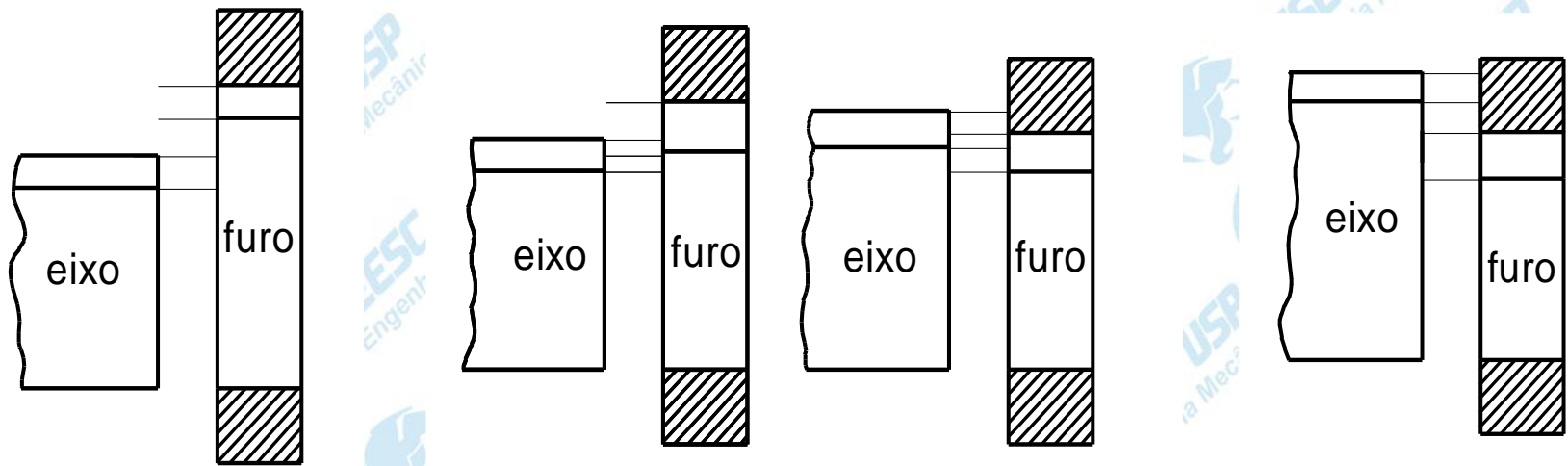
		QUALIDADE DE TRABALHO																	
		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16
Eixos	Mecânica Extra-Precisa							Mecânica Corrente						Mecânica Grosseira					
Furos																			

O sistema ISO estabelece dezoito qualidades de trabalho, que podem ser adaptadas a qualquer tipo de produção mecânica. Essas qualidades são designadas:

IT 01, IT 0, IT 1, IT 2...IT 16 (I=ISO e T=tolerância)

Ajustes

O ajuste é a condição ideal para fixação ou funcionamento entre peças executadas dentro de um limite. São determinados os acordos com a posição do campo de tolerância.

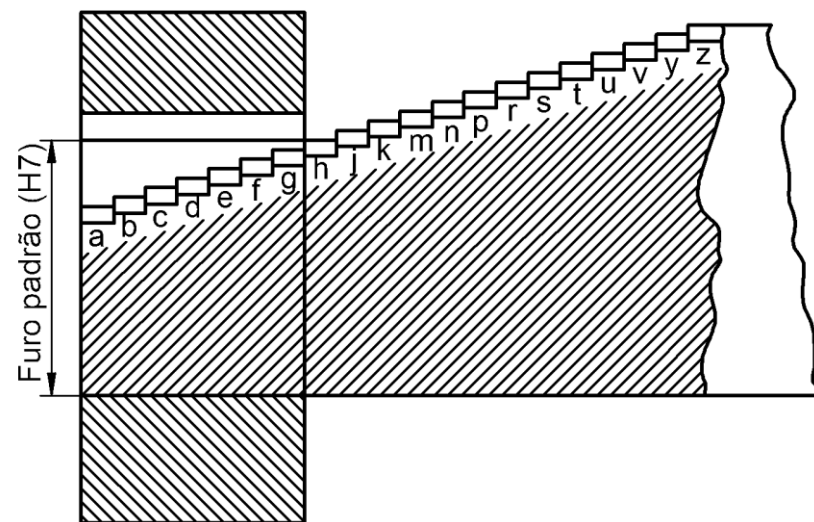


Ajuste móvel
ou folgado

Ajustes
incertos
ou mistos

Ajuste fixo
ou
interferente

Para não haver uma diversificação exagerada de tipos de ajustes, a tolerância do furo ou do eixo é padronizada. Geralmente padroniza-se o furo em H7.



Ajustes recomendados						
Tipo de ajuste	Exemplo de ajuste	Extra-preciso	Mecânica precisa	Mecânica média	Mecânica ordinária	Exemplo de aplicação
LIVRE	 <p>Montagem à mão, podendo girar sem esforço.</p>	H6 e7	H7 e7 H7 e8	H11 e9	H11a11	Peças cujos funcionamentos necessitam de folga devido a dilatação, ou que estejam mau alinhadas, etc
ROTATIVO	 <p>Montagem à mão, com facilidade.</p>	H6 f6	H7 f7	H8 f8	H10 d10 H11 d11	Peças que deslizam ou giram com boa lubrificação. Ex: eixos, mancais, etc.
DESLIZANTE	 <p>Montagem à mão, com leve pressão.</p>	H6 g5	H7 g6	H8 g8 H8 h8	H10 h10 H11 h11	Peças que deslizam ou giram com grande precisão. Ex: anéis de rolamentos, corrediços, etc
DESLIZANTE JUSTO	 <p>Montagem a mão, porém necessitando de algum esforço.</p>	H6 h5	H7 h6			Encaixes fixos de precisão, componentes lubrificadas destacáveis à mão. Ex: punções, guias, etc.
ADERENTE FORÇADO LEVE	 <p>Montagem com auxílio de martelo.</p>	H6 j5	H7 j6			Peças que necessitam freqüentes desmontagens. Ex: polias, engrenagens, rolamentos, etc.
FORÇADO DURO	 <p>Montagem com auxílio de martelo pesado.</p>	H6 m5	H7 m6			Peças possíveis de montagem e desmontagem sem deformação da peça.
À PRESSÃO COM ESFORÇO	 <p>Pressão Montagem com auxílio de balancim ou por dilatação.</p>	H6 p5	H7 p6			Peças impossíveis de serem desmontadas sem deformação. Ex: buchas à pressão, etc.

Grupos de dimensões

O sistema de tolerância ISO foi criado para produção de peças intercambiáveis com dimensões compreendidas entre 1 e 500mm. Para simplificar o sistema e facilitar sua utilização, esses valores foram reunidos em treze grupos de dimensões em milímetros.

Grupo de dimensões em milímetros

1	3	6	10	18	30	50
a	a	a	a	a	a	a
3	6	10	18	30	50	80
80	120	180	250	315	400	
a	a	a	a	a	a	
120	180	250	315	400	500	

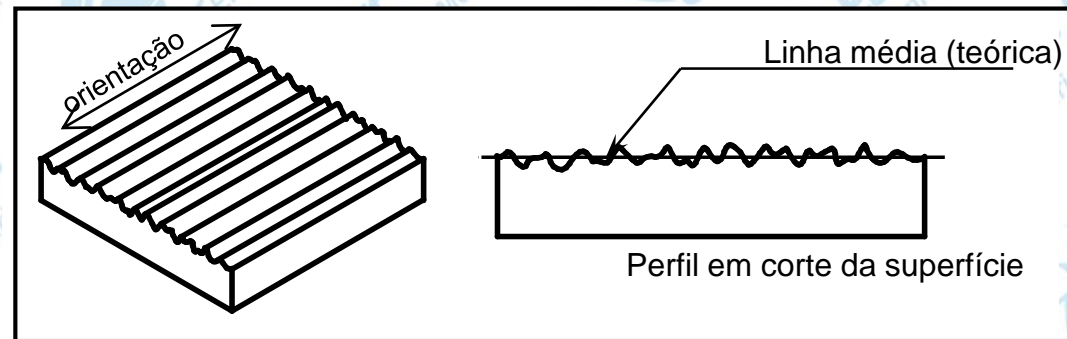
Graus de acabamento

Os graus de acabamento das superfícies são representados pelos símbolos indicativos de rugosidade da superfície, normalizados pela norma NBR 8404 da ABNT, baseada na norma ISO 1302.

Os graus de acabamento são obtidos por diversos processos de trabalho e dependem das modalidades de operações e das características dos materiais adotados.

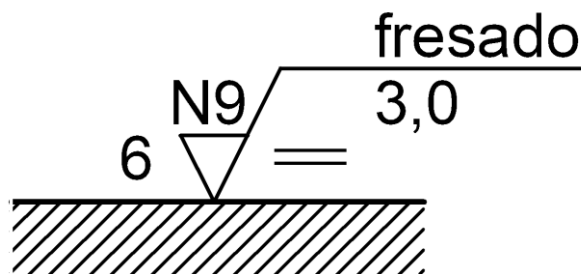
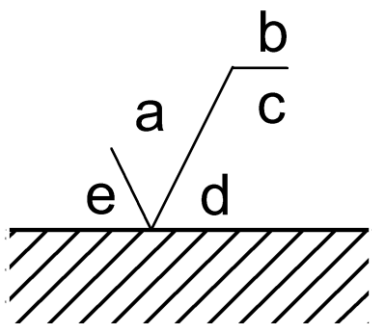
Rugosidade

É a medida das irregularidades existentes nas superfícies das peças. É medida em μm (micrometro: $1 \mu\text{m} = 0,001\text{mm}$).



Simbologia

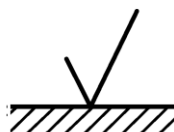

- a - valor da rugosidade R_a , em μm , ou classe de rugosidade N 1 a N 12;
b - método de fabricação, tratamento ou revestimento da superfície;
c - comprimento da amostra para avaliação da rugosidade, em mm;
d - direção predominante das estrias;
e - sobremetal para usinagem (mm).




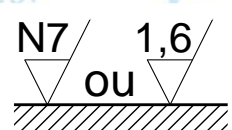
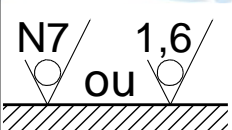
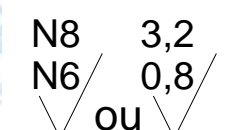
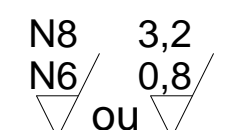
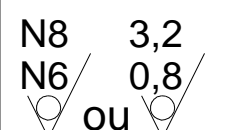
Características da Rugosidade (R_a)	
Classes de rugosidade	Desvio médio aritmético (μm)
N 12	50
N 11	25
N 10	12,5
N 9	6,3
N 8	3,2
N 7	1,6
N 6	0,8
N 5	0,4
N 4	0,2
N 3	0,1
N 2	0,05
N 1	0,025

A norma ABNT 8404 normaliza a indicação do estado da superfície em desenho técnico mecânico através de símbolos

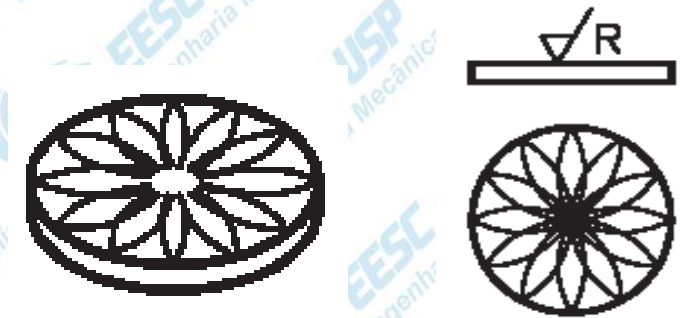
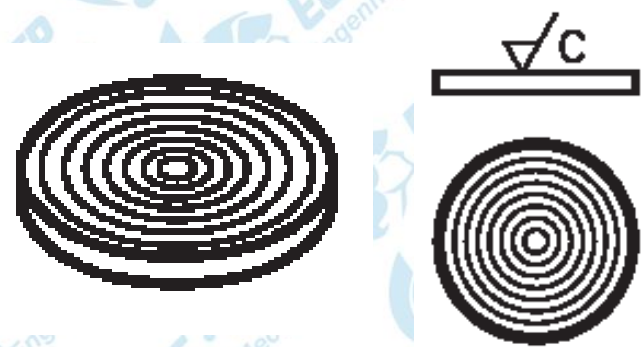
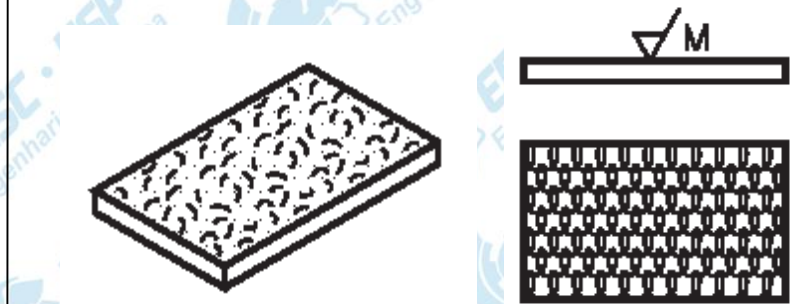
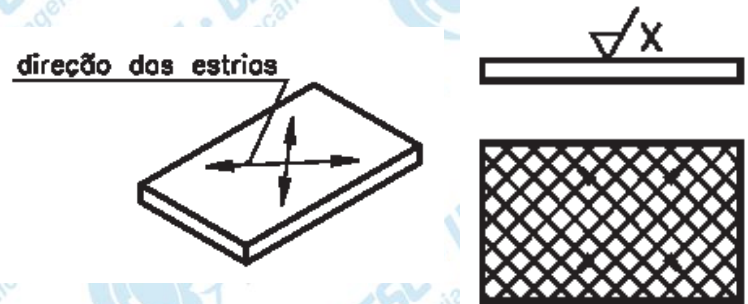
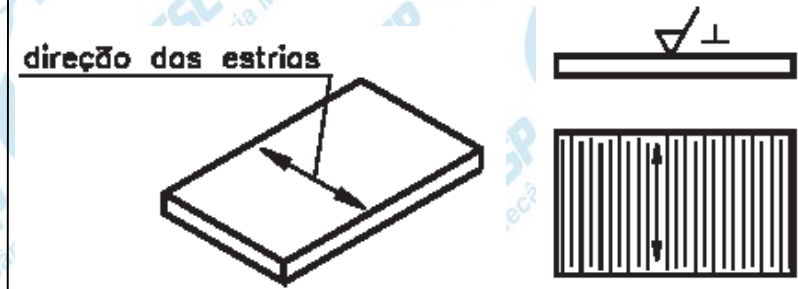
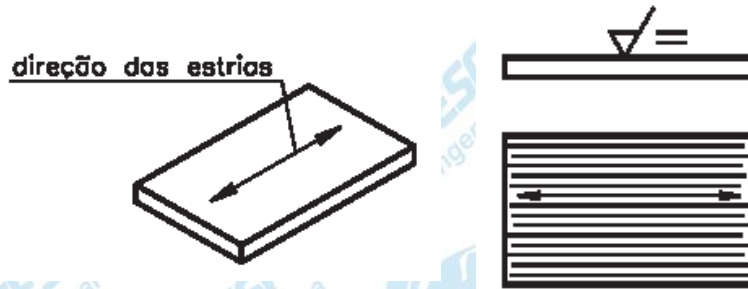
Símbolos sem indicação de rugosidade.

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Símbolo básico. Só pode ser usado quando seu significado for complementado por uma indicação.
	Caracterização de uma superfície usinada sem maiores detalhes.
	Caracteriza de 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 esta tiver sido obtida por usinagem ou outro processo qualquer.

Símbolos com indicação da característica principal da rugosidade R_a ;

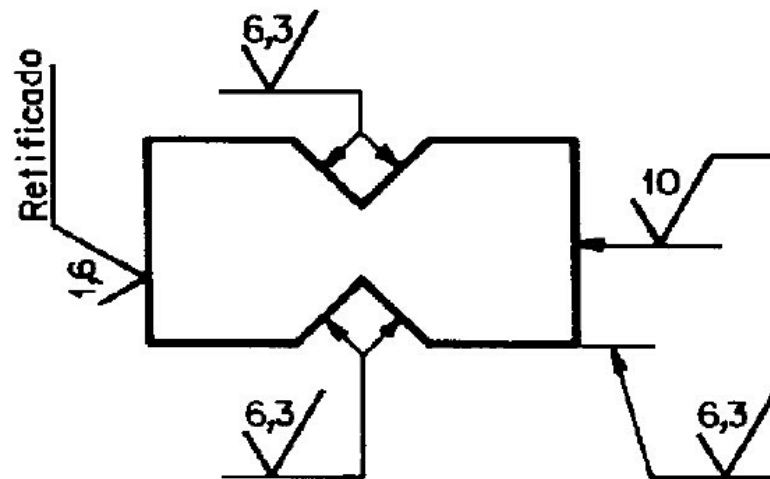
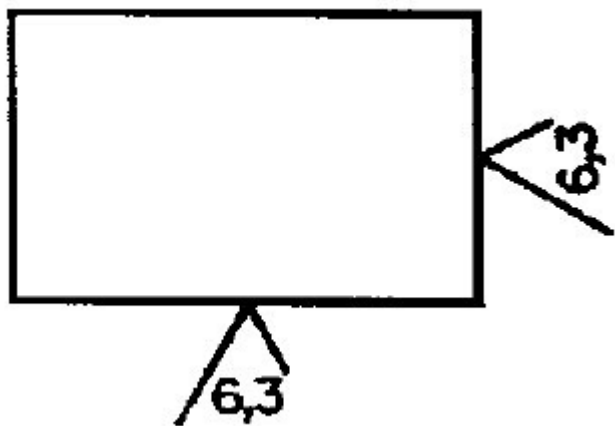
SÍMBOLO			SIGNIFICADO
A remoção do material			
é facultativa	é exigida	não é permitida	
			Superfície com uma rugosidade de um valor máximo: $R_a = 1,6\mu\text{m}$
			Superfície com rugosidade de um valor: Máximo: $R_a = 3,2\mu\text{m}$ Mínimo: $R_a = 0,8\mu\text{m}$

Direção das estrias - simbologia

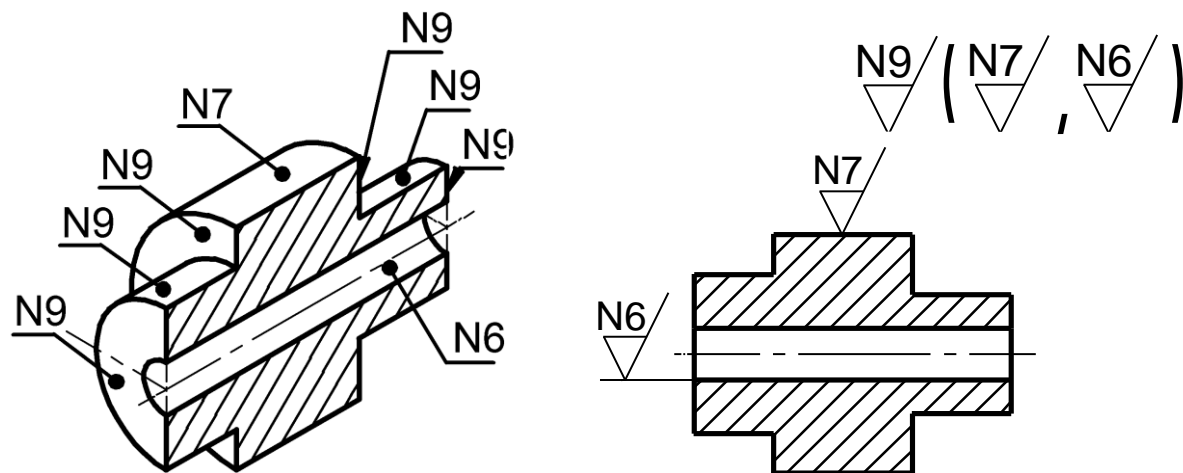


Indicação no desenho

Os símbolos e inscrições devem estar posicionados na horizontal ou vertical, deve tocar a linhas de contorno ou uma linha de extensão (prolongamento) representativa da superfície ou ainda, se necessário, interligado com a superfície por meio de uma linha de indicação provida de uma seta.



N9 é a classe de rugosidade predominante, as demais N6 e N7 são específicas para uma superfície externa e superfície do furo.



Simbologia empregada no Brasil, até 1984, normalizada pela NBR6402 que hoje se encontra ultrapassada e não deve ser utilizada em desenhos técnicos mecânicos.

Símbolo	Significado	Correspondência de simbologia (Indicando Rugosidade)
~	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.	de N10 a N12
▽▽	Indica que a superfície deve ser alisada, apresentando dessa forma marcas pouco perceptíveis à visão.	de N7 a N9
▽▽▽	Indica que a superfície deve ser polida, e assim ficar lisa, brilhante, sem marcas visíveis.	de N4 a N6

Qualidade da superfície de acabamento

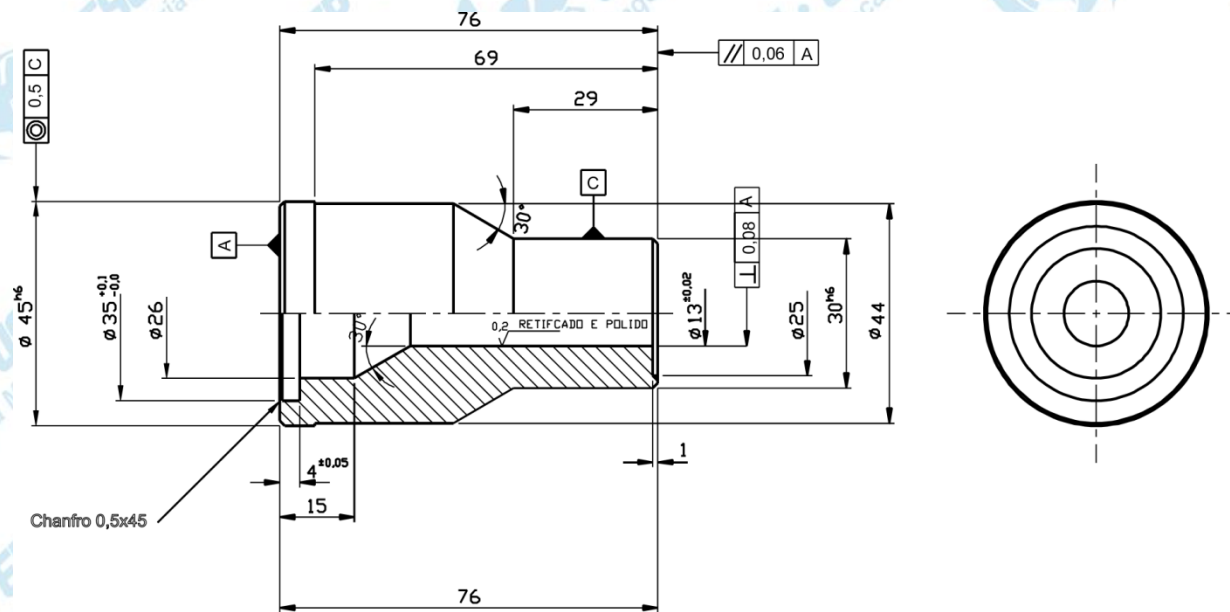
Baseada na NBR 8404 e ISO 1302	F-1 PROFUNDIDADE DA RUGOSIDADE Ra: μ (1 μ = 0,001 mm)																						
	GRUPPO	▽▽▽				▽▽				▽				▽									
		MÁXIMO	0,1				0,8				6,3				5,0				1000				
OPERAÇÃO	ACABAMENTO	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	10	11	12	15	20	25	32	40	50	63	80	100	
ALARGAR	Fino																						
ALARGAR	De precisão																						
APLAINAR	Pre-aplicinar																						
APLAINAR	Desbastar																						
APLAINAR	Alisar																						
BROCHAR	Brochar																						
BROCHAR	Fino																						
ESCAREAR	Escarear																						
ESCAREAR	Alargar																						
FORJAR	Forjamento sem matriz																						
FORJAR	Forjamento com matriz																						
FORJAR	Forjamento de pressão																						
FRESAR	Desbastar																						
FRESAR	Alisar																						
FRESAR	Fino																						
FUNDIR	De precisão																						
FUNDIR	Fundição em areia																						
FUNDIR	Fundição em coquilha																						
FUNDIR	Fundição sob pressão																						
LAMINAR	A quente																						
LAMINAR	A frio																						
LAPIDAR	Desbastar																						
LAPIDAR	Alisar																						
LAPIDAR	Fino																						
LIMAR	De precisão																						
LIMAR	Desbastar																						
LIMAR	Alisar																						
LIMAR	Fino																						
LIMAR	De precisão																						
LIMAR	Desbastar																						
LIMAR	Alisar																						
LIMAR	Translimar																						
LIMAR	Polir com máquina																						
LIMAR	Polir																						
POLIR	Polimento de aperto																						
POLIR SOB PRESSÃO	Polimento com rolos																						
POLIR SOB PRESSÃO	Prencar																						
POLIR SOB PRESSÃO	Cunhar																						
PENSAR	1 a 3 marcações por cm ²																						
PENSAR	3 a 5 marcações por cm ²																						
RASQUETEAR	Retificar grosso																						
RASQUETEAR	Retificar																						
RASQUETEAR	Fino																						
RETIFICAR	De precisão																						
RETIFICAR	Rodagem simples																						
RETIFICAR	Superacabamento																						
RETIFICAR	Superacabamento com furos																						
RODAR	Com jato de areia grossa																						
RODAR	Com jato de areia média																						
RODAR	Com jato de areia fina																						
RODAR	Com jato de esferas																						
SOPRAR	Pre-lanear																						
SOPRAR	Desbastar																						
SOPRAR	Alisar																						
SOPRAR	Fino com vída																						
TORNEAR	De precisão com diamante																						
TORNEAR	Estirar e repuxar																						
TORNEAR	Estirar com precisão																						
INT. e EXT.																							
TREFILAR																							

As classes de N1 a N3 correspondem a graus de rugosidade mais "finos" do que o polido



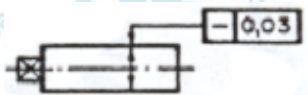


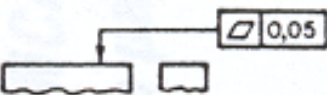


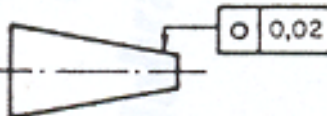

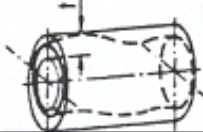
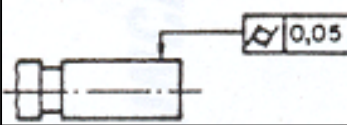





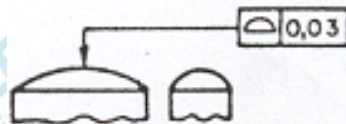
Tolerância Geométrica: Forma e Posição

As **tolerâncias de forma** limitam os afastamentos de um dado elemento em relação à sua forma geométrica ideal.

As **tolerâncias de posição** limitam os afastamentos da posição mútuo de dois ou mais elementos por razões funcionais ou para assegurar uma interpretação inequívoca. Geralmente um deles é usado como referência para a indicação das tolerâncias. Se for necessário, pode ser tomada mais de uma referência.



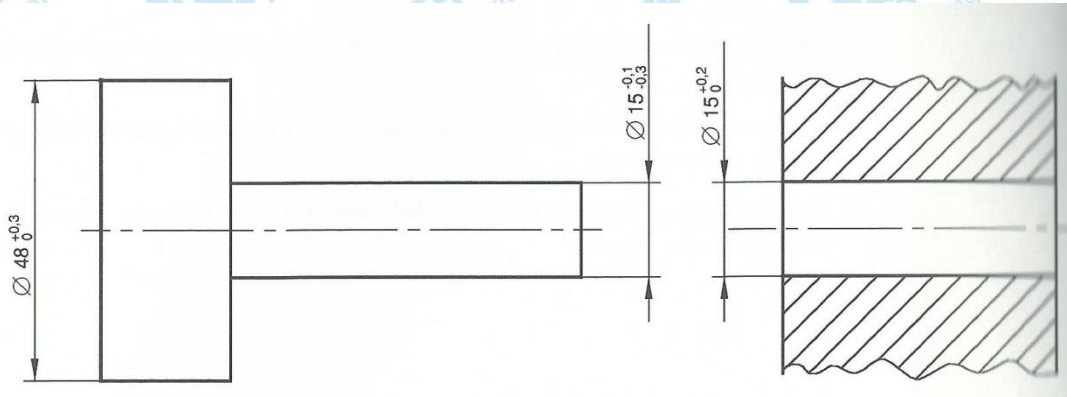
Símbolos de tolerância e características toleradas de **forma**

Símbolo	Característica	Zona de tolerância	Inscrição no desenho	Interpretação
	RETILINEIDADE De uma linha ou eixo			O eixo da parte cilíndrica da peça deve estar dentro de um cilindro de $\varnothing t=0,03$.
	PLANICIDADE De uma superfície.			O plano tolerado deve estar entre dois planos paralelos de distância $t=0,05$.
	CIRCULARIDADE De um disco, de um cilindro, de um cone etc.			A linha de circunferência de cada seção deve estar dentro de um anel circular de espessura $t=0,02$.
	CILINDRICIDADE			A superfície tolerada deve estar incluída entre dois cilindros coaxiais cujos raios diferem de $t=0,05$.
	FORMA DE UMA LINHA QUALQUER (perfil ou contorno)			O perfil tolerado deve estar entre duas envolventes onde a distância está limitada por círculos de $\varnothing=0,08$. Os centros dos círculos devem estar contidos na linha teoricamente exata.
	FORMA DE UMA SUPERFÍCIE QUALQUER			A superfície tolerada deve estar incluída entre dois planos envolventes, cuja distância está limitada por esferas de $\varnothing=0,03$. Os centros dessas esferas estão contidos sobre o plano teoricamente exato.

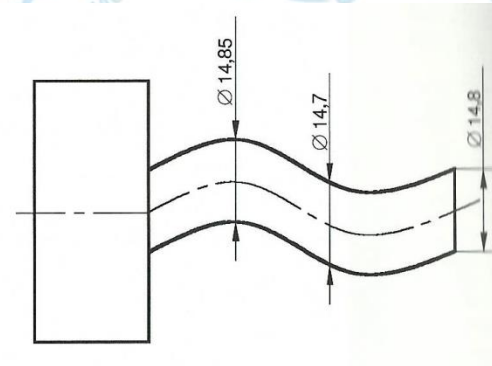
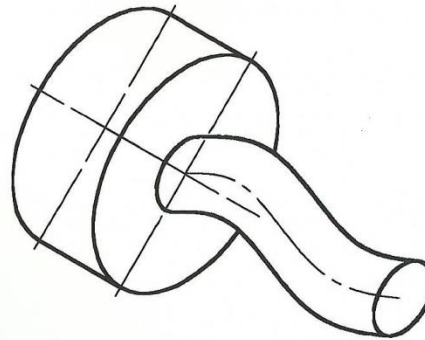
Símbolos de tolerância e características toleradas de **posição**

Símbolo	Característica	Zona de tolerância	Inscrição no desenho	Interpretação
Orientação	<p>PARALELISMO De uma linha (eixo) ou de um plano em relação a uma reta ou um plano de referência</p>			O eixo tolerado deve estar dentro de um cilindro de diâmetro $t=0,1$, paralelo ao eixo de referência
	<p>PERPENDICULARIDADE De uma linha (eixo) ou de um plano em relação a uma reta ou um plano de referência.</p>			O eixo do cilindro deve estar incluído entre as duas retas distantes de $t=0,05$ perpendiculares ao plano de referência
	<p>INCLINAÇÃO De uma linha (eixo) ou de um plano em relação a uma reta ou um plano de referência.</p>			O eixo de furação deve estar incluído entre duas linhas paralelas distantes de $t=0,1$ e formando com o plano de referência um ângulo de 60° .
Localização	<p>LOCALIZAÇÃO De linhas, eixos ou superfícies entre si ou em relação a um ou mais elementos de referência.</p>			O eixo do furo deve estar incluído dentro de um cilindro de diâmetro $t=0,05$ cujo eixo está na posição geometricamente exata, especificada pelas cotas marcadas.
	<p>CONCENTRICIDADE De um eixo ou de um ponto em relação a um eixo ou um ponto de referência</p>			O eixo de simetria da parte tolerada da árvore deve estar incluída dentro de um cilindro de diâmetro $t=0,03$ cujo eixo coincide com o eixo de referência
	<p>SIMETRICIDADE De um plano médio ou de uma linha média (eixo) em relação a uma reta ou plano de referência</p>			O plano médio do canal deve estar entre dois planos paralelos distantes de $t=0,08$ e também simetricamente em relação ao plano médio de referência
Batimento	<p>BALAÇO RADIAL OU AXIAL De elemento em relação ao seu eixo de rotação.</p>			Numa revolução completa da peça em torno do eixo de referência A, o balanço axial da superfície frontal não deve superar o valor da tolerância $t=0,02$.

Observe o desenho com tolerâncias dimensionais do eixo-furo



Verifique se o eixo abaixo a satisfaz?

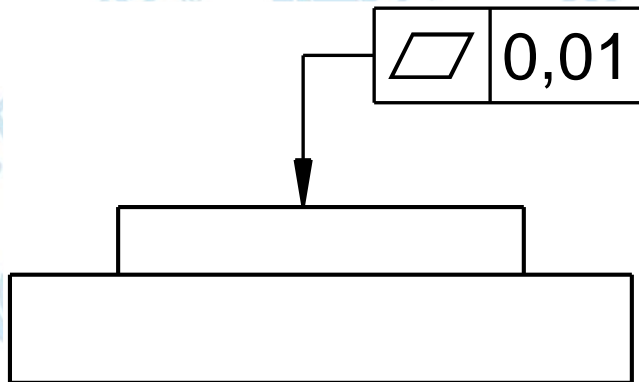
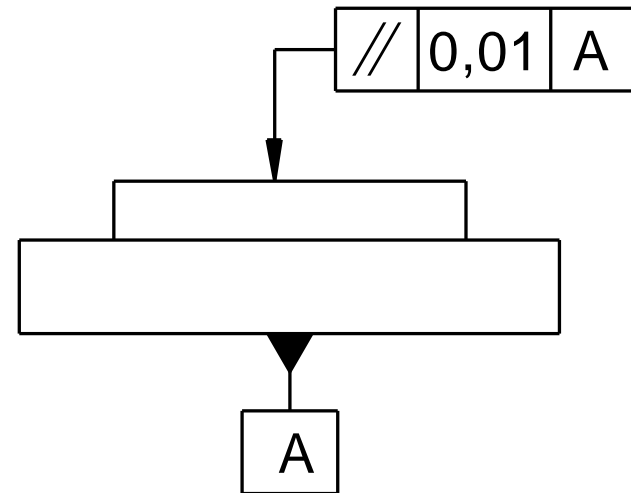
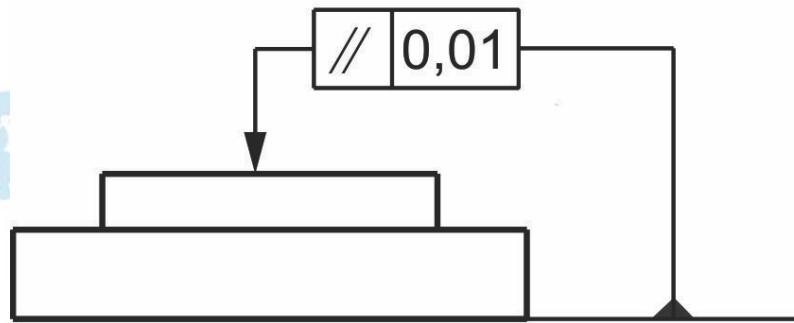


É possível inserí-lo no furo?

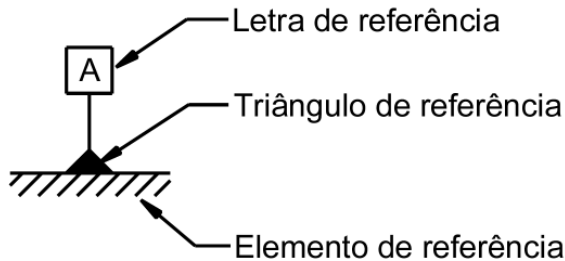
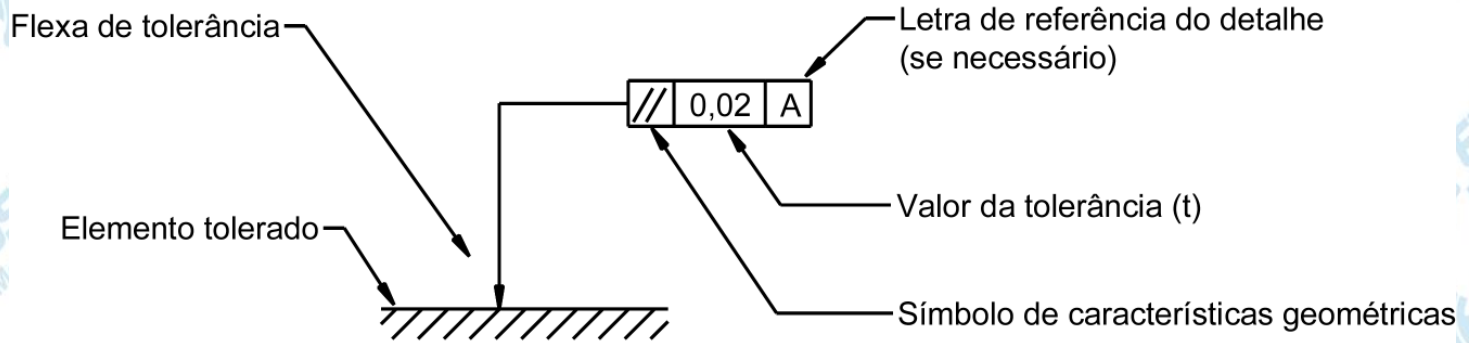
O referencial pode ser feito de duas formas:

Direta

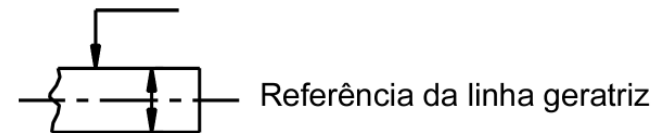
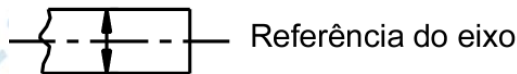
Indireto por Letras



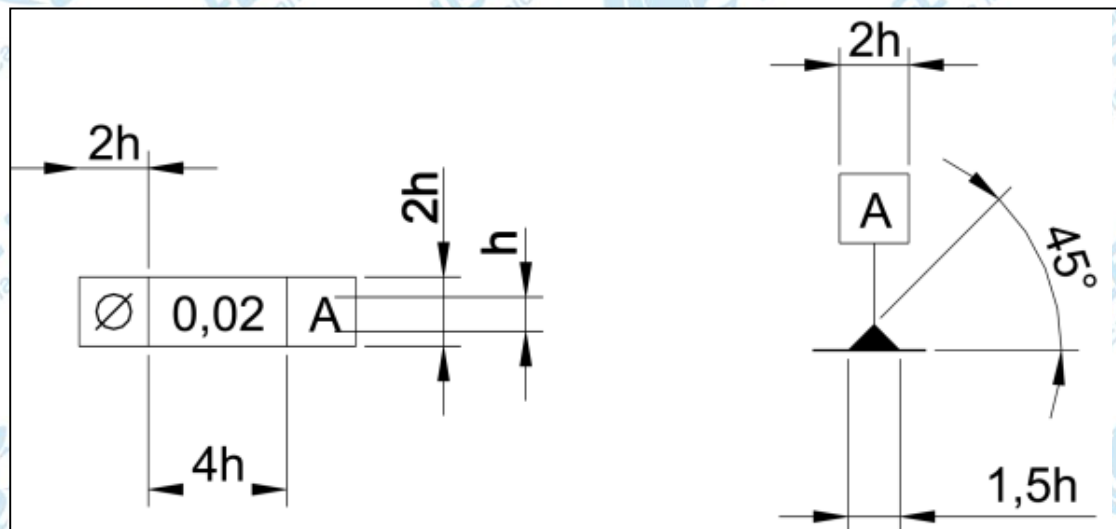
Representações - características



50 Cota de referência teoricamente exata



O elemento de referência deve ser suficientemente exato e, quando necessário, indica-se também uma tolerância de forma



Características

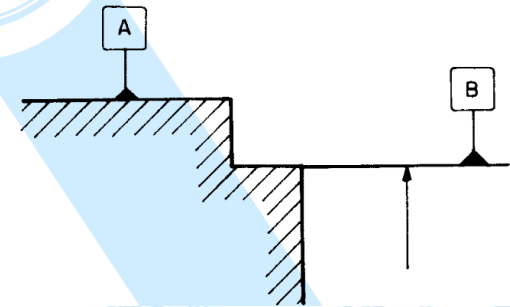
As **tolerâncias** estão relacionadas à dimensão total dos elementos, a não ser no caso de exceções, indicadas no desenho (por exemplo: 0,02/100 significa que a tolerância de 0,02mm é aplicada numa extensão de 100mm de comprimento, medida em posição convenientemente no elemento controlado).

Se a indicação tem como referência eixos ou planos de simetria, a seta de indicação ou o triângulo de referência devem ser colocados sobre a linha de cota.

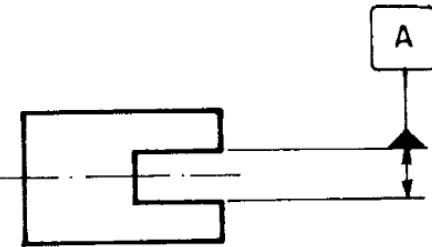
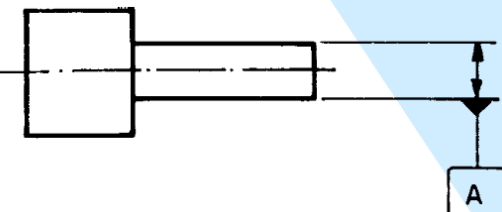
Caso a indicação esteja relacionada como uma superfície ou linha de contorno, a seta de indicação ou o triângulo de referência não devem ser colocados sobre a linha de cota.

Elemento de referência

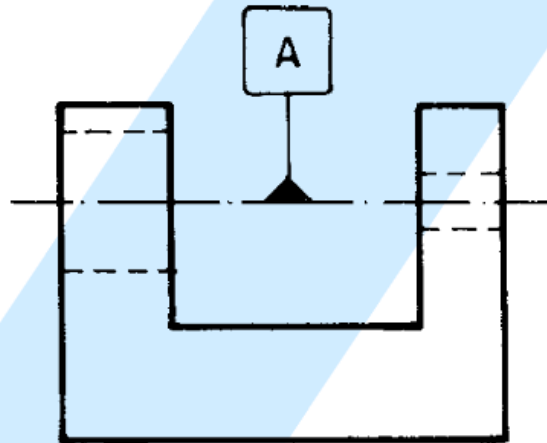
Localizada no contorno ou o prolongamento (mas não uma linha de cota), se o elemento de referência for a linha ou a superfície representada)



Localizada em uma extensão da linha de cota, quando o elemento de referência for um eixo ou plano médio da parte cotada.



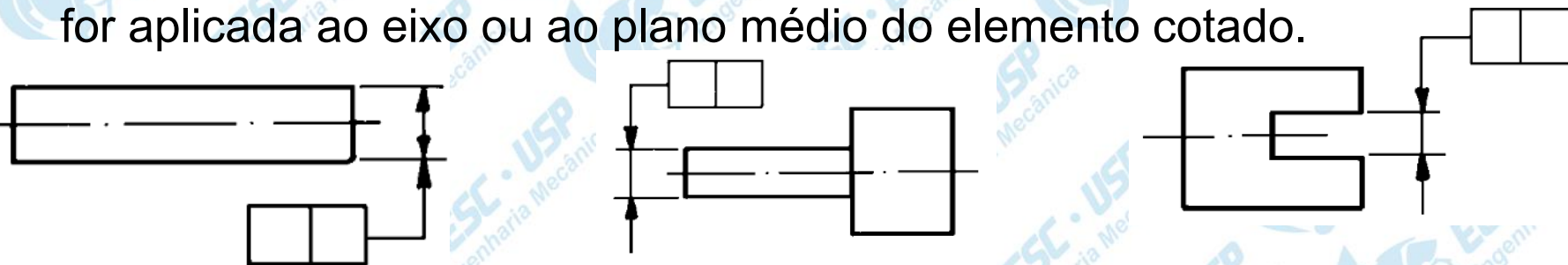
Localizada sobre o eixo quando o elemento de referência for: o eixo ou plano médio de um elemento único; ou o eixo comum ou plano formado por dois elementos.



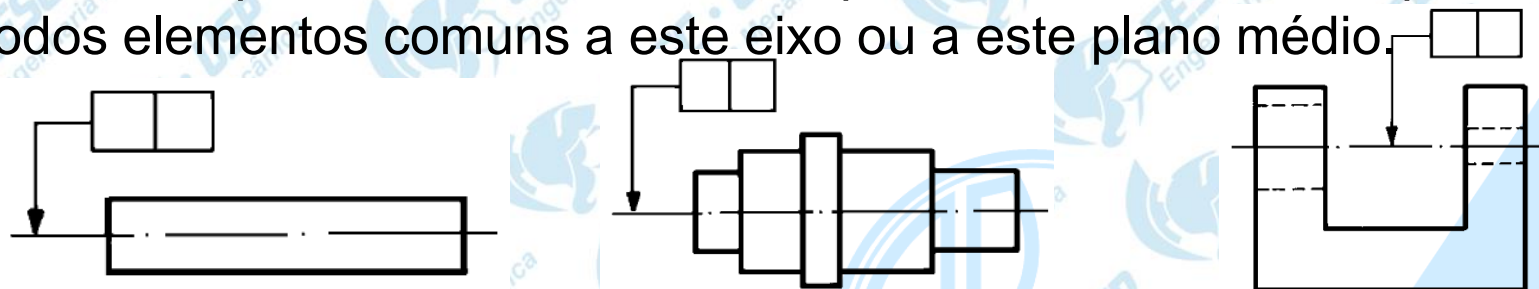
Toca o contorno ou o prolongamento (não uma linha de cota), se a tolerância se aplicar à linha ou a própria superfície)



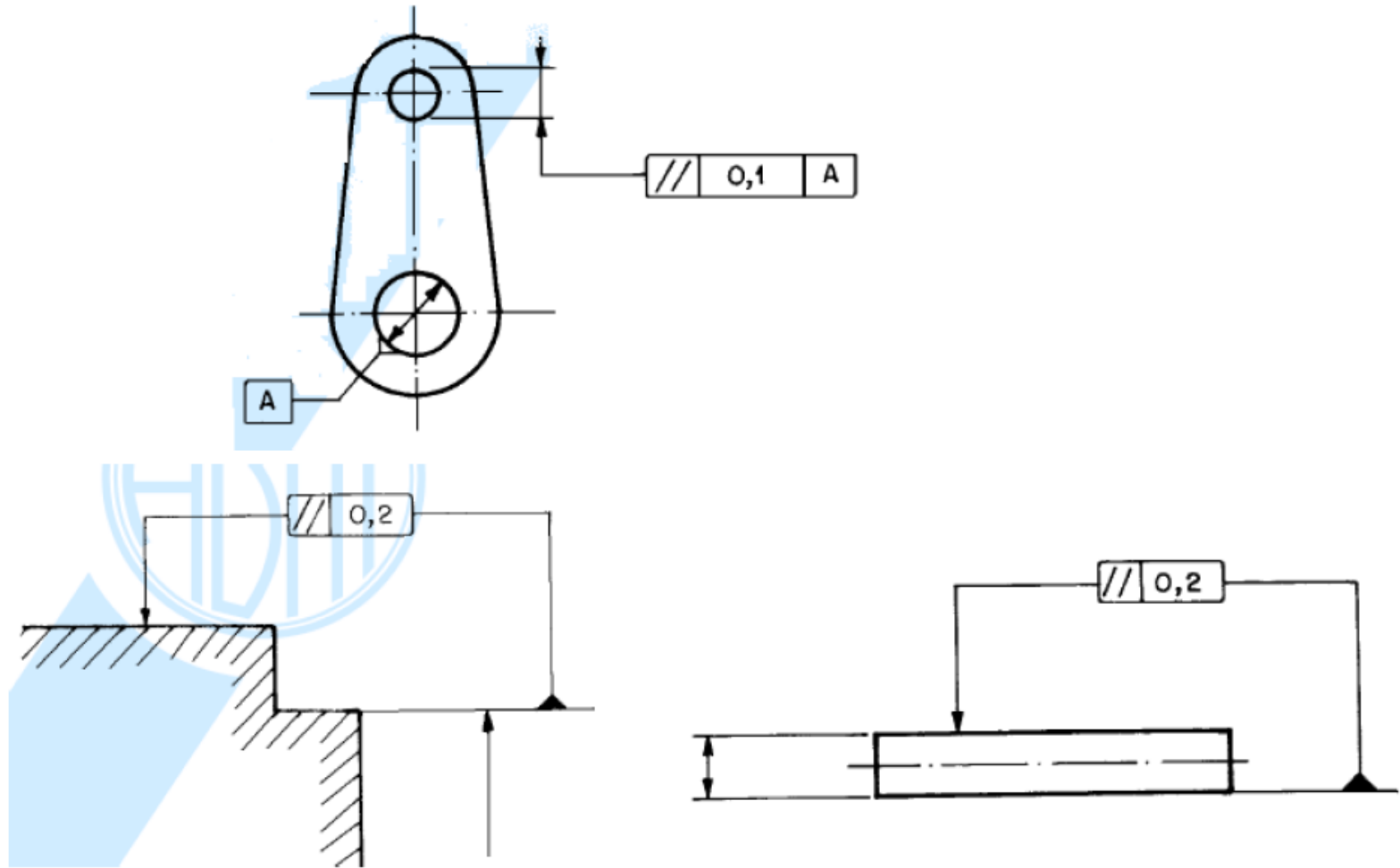
Toca a linha de extensão em prolongamento a linha de cota, quando tolerância for aplicada ao eixo ou ao plano médio do elemento cotado.



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

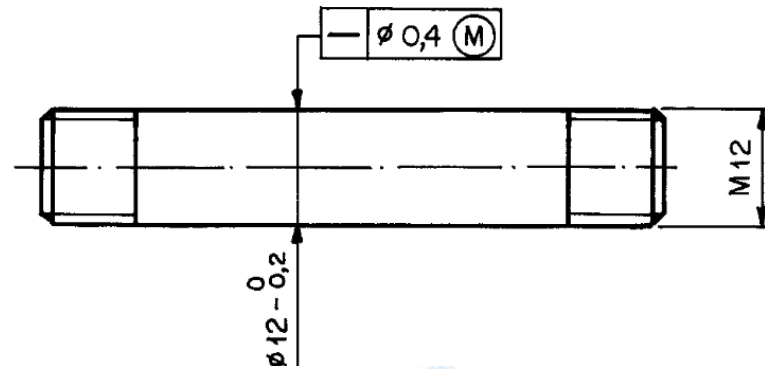


Indicação do campo de tolerância



Princípio de máximo material

Permite incrementar a tolerância geométrica especificada, desde que o elemento com tolerância não viole a condição virtual.

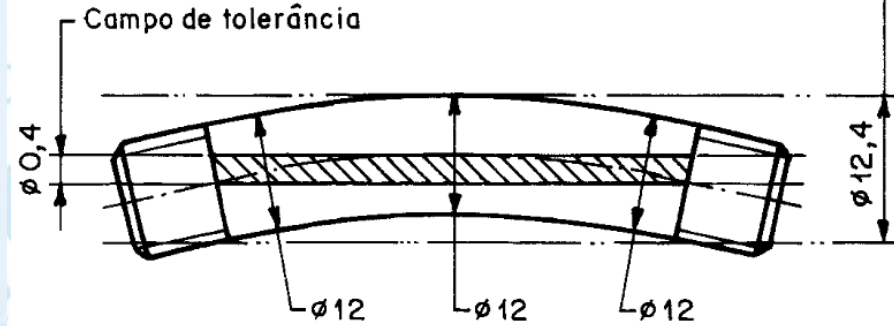
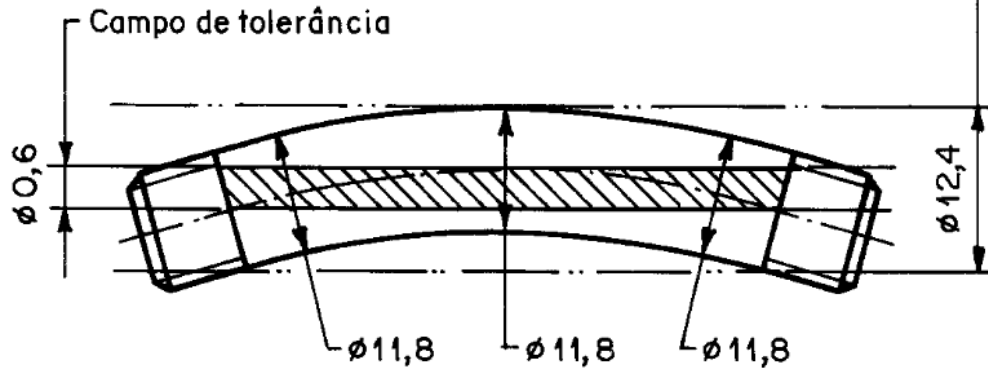


Dimensão virtual

Dimensão virtual

Campo de tolerância

Campo de tolerância

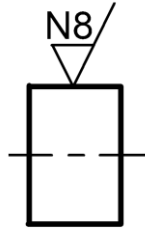


Dimensões efetivas locais

Dimensões efetivas locais

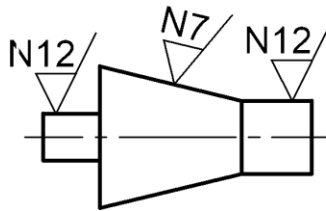
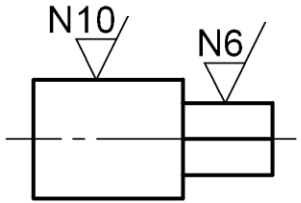
Observe que nas duas condições o diâmetro está entre 11,8 e 12 mm

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



Exemplo:

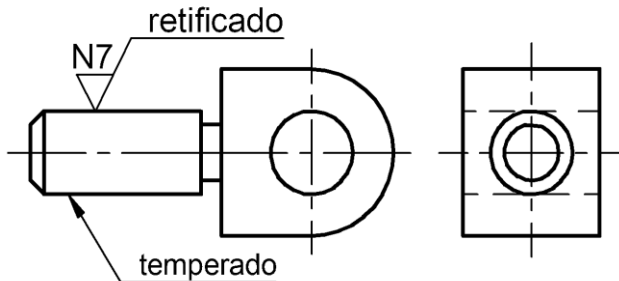
a) N8 = 3,2 μm



b) _____ , _____

c) _____ , _____

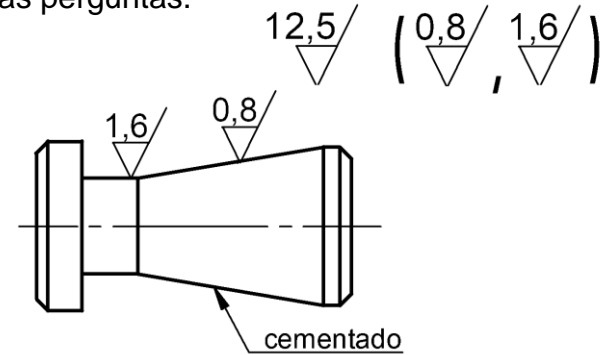
c) Analise o desenho e responda.



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

b) Qual é o tratamento indicado?

b) Responda as perguntas.



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

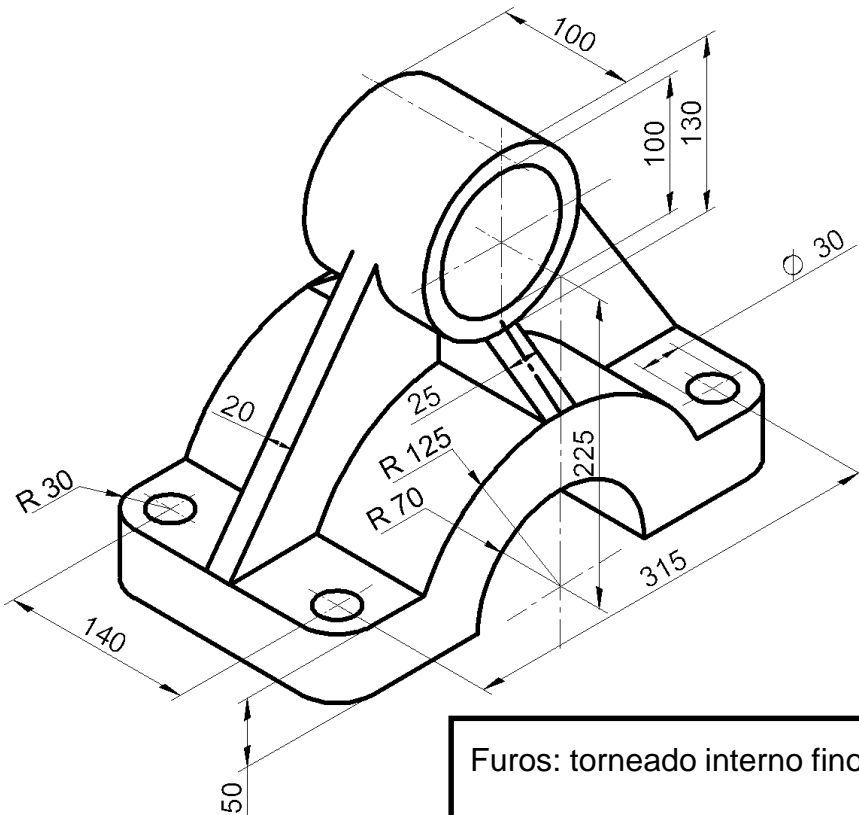
b) Que outras classes de rugosidade a peça deverá receber?

c) Que tratamento térmico a peça deverá receber?

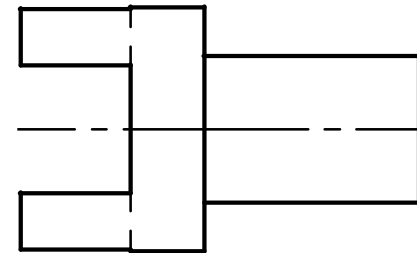
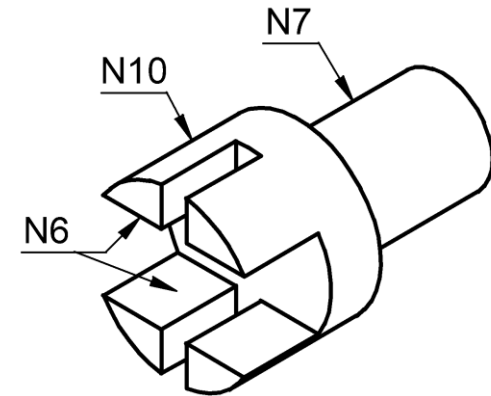
Nome: _____

Nº _____ Turma _____

a) Desenhe nas três vistas principais aplicando omissão de corte e acabamento superficial.



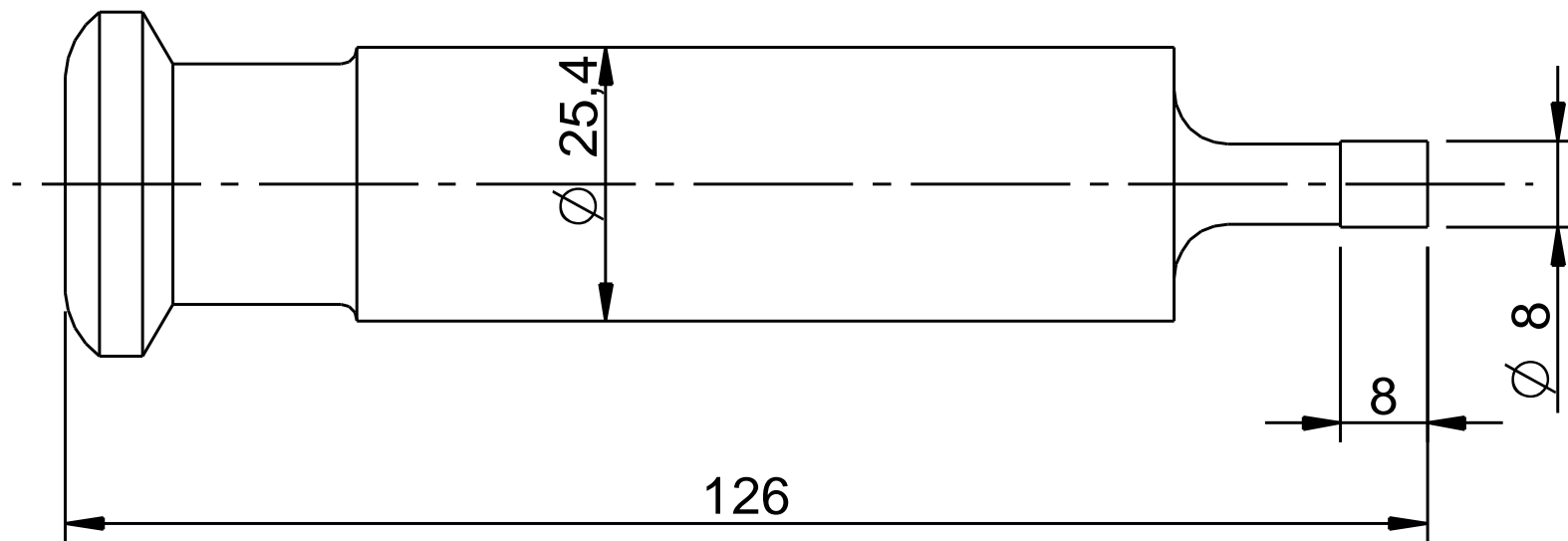
b) Represente no desenho os sinais de rugosidade indicado na perspectiva. As demais superfícies são N11.



Exercício 6.02

Nome: _____

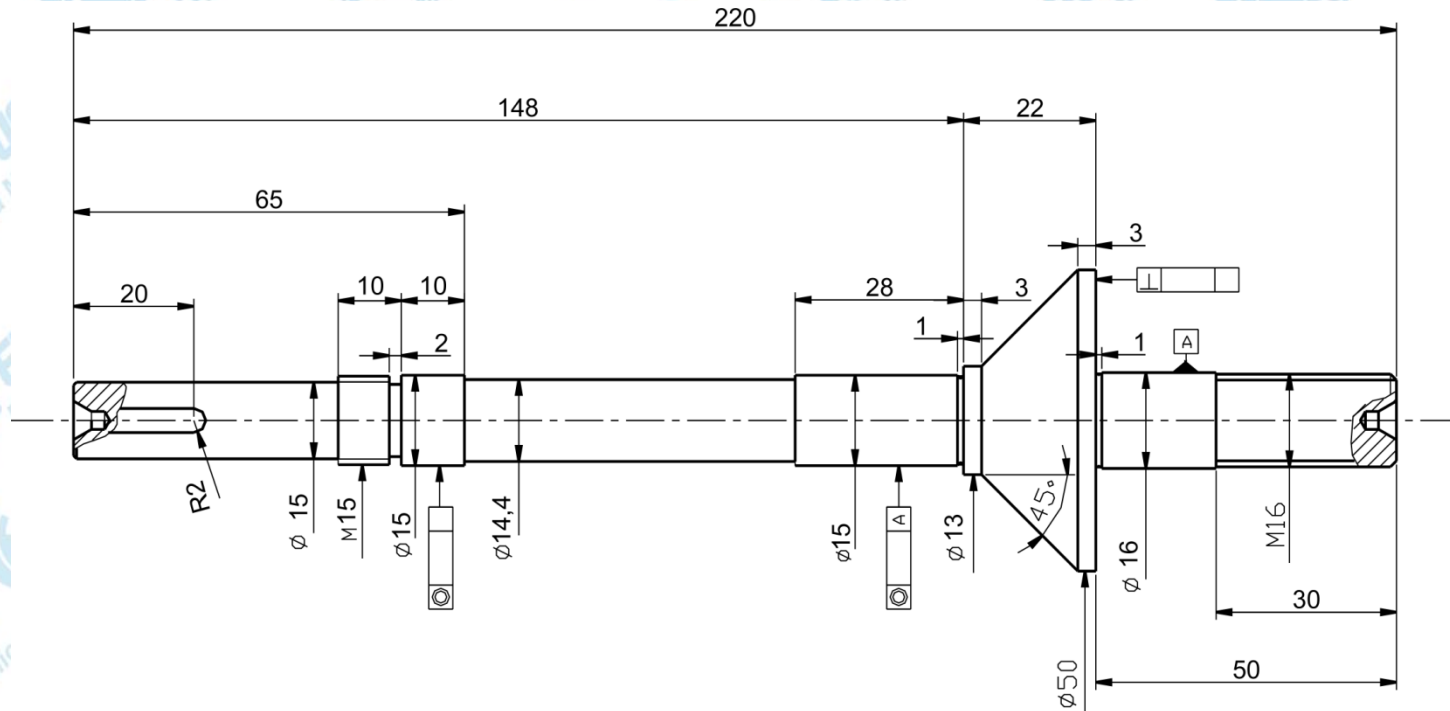
Nº _____ Turma _____



Exercício 6.02. Faça um croqui com cotas do punção de uma prensa de comprimidos. Sabe-se que a parte superior tem um formato esférico de raio 16mm com erro de forma de superfície de 0,05, a posição cilíndrica de $\varnothing 25,4$ (**posição guia**) deve ter uma tolerância de cilindricidade de 0,005mm; a ponta ($\varnothing 8$) deve estar concêntrico a posição guia em 0,02mm e sua face (superfície plana) deve ser perpendicular a posição guia em 0,05mm.

O acabamento da ponta (face e cilindro) deve ser N3 polido, da posição guia N4 retificado e da cabeça (esférico/plano N6).

As tolerâncias dimensionais da posição guia deve ser de afastamento máximo de $2 \mu\text{m}$ e mínimo de $8 \mu\text{m}$, na ponta tolerância h6. Represente no desenho as descrições citadas.



Exercício 6.3- Faça o desenho aplicando indicações de tolerâncias dimensionais, tolerância de forma e de posição. Dados: três rolamentos 6002→tolerância para exigência de máquinas de alta precisão (h5), concentricidade 0,001 entre apoios no eixo (rolamentos e flange), perpendicularismo na flange 0,001 em relação ao eixo. Tolerância do eixo na posição da flange +0,0 – 0,02. Incluir marcas de acabamento. Corrigir erros de dimensionamento observando fabricação. Material SAE 4340.

Nome: _____

Nº _____ Turma _____

Diâmetro		Furo		Eixos																													
>	≤	H7		m6			n6		p6		r6		s6		t6		u6		v6		x6		y6		z6		za 6						
		Afast. inf. sup.	Afast. inf. sup.	x	Afast. inf. sup.	x	Afast. inf. sup.	Interf. max. min.	Afast. inf. sup.	Interf. max. min.	Afast. inf. sup.	Interf. max. min.	Afast. inf. sup.	Interf. max. min.	Afast. inf. sup.	Interf. max. min.	Afast. inf. sup.	Interf. max. min.	Afast. inf. sup.	Interf. max. min.	Afast. inf. sup.	Interf. max. min.	Afast. inf. sup.	Interf. max. min.	Afast. inf. sup.	Interf. max. min.	Afast. inf. sup.	Interf. max. min.					
	3	+10 0	+8 +2	10 (8)	+10 +4	16 (6)	+12 +6	12 4	+16 +10	16 0	+20 +14	20 4	-	-	+24 +18	24 8	-	-	+26 +20	26 10	-	-	+32 +26	32 16	+38 +32	38 12							
3	6	+12 0	+12 +4	12 (8)	+16 +8	16 (4)	+20 +12	20 0	+23 +15	23 3	+27 +19	27 7	-	-	+31 +23	31 11	-	-	+36 +28	36 16	-	-	+43 +35	43 23	+50 +42	50 30							
6	10	+15 0	+15 +6	15 (9)	+19 +10	19 (5)	+24 +15	24 0	+28 +19	28 4	+32 +23	32 8	-	-	+37 +28	37 13	-	-	+43 +34	43 19	-	-	+51 +42	51 27	+61 +52	61 37							
10	14		+18 0	+21 +8	18 (11)	+23 +12	23 (6)	+28 +18	29 0	+34 +23	34 5	+39 +28	39 10	-	-	+44 +33	44 15	-	-	+51 +40	51 22	-	-	+61 +50	61 32	+75 +64	75 46						
14	18																		+50 +39	50 21	+56 +45	56 27	-	-	+71 +60	71 42	+88 +77	88 59					
18	24		+21 0	+21 +8	21 (13)	+28 +15	28 (6)	+35 +22	35 1	+41 +18	41 7	+48 +35	48 14	-	-	+54 +41	54 20	+60 +47	60 26	+67 +54	67 33	+76 +63	76 42	+86 +73	86 52	+111 +98	111 77						
24	30													+54 +41	54 20	+61 +48	61 27	+68 +55	68 34	+77 +64	77 43	+88 +75	88 54	+101 +88	101 67	+131 +118	131 97						
30	40		+25 0	+25 +9	25 (16)	+33 +17	33 (8)	+42 +26	42 1	+50 +34	50 9	+59 +43	59 18	+64 +48	64 23	+76 +60	76 35	+84 +68	84 43	+96 +80	96 55	+110 +94	110 69	+128 +112	128 87	+164 +148	164 123						
40	50													+54 +41	54 20	+70 +57	70 45	+86 +70	86 45	+97 +81	97 56	+113 +114	113 89	+130 +114	130 89	+152 +136	152 111	+196 +180	196 155				
50	65		+30 0	+30 +11	30 (19)	+39 +20	39 (10)	+51 +32	51 2	+60 +41	60 11	+72 +53	72 23	+85 +66	85 36	+106 +87	106 57	+121 +102	121 72	+141 +122	141 92	+163 +144	163 114	+191 +172	191 142	+245 +226	245 196						
65	80													+62 +43	62 13	+78 +59	78 29	+94 +75	94 45	+121 +102	121 72	+139 +120	139 90	+165 +146	165 116	+193 +174	193 144	+229 +210	229 180	+293 +244			
80	100		+35 0	+35 +13	35 (22)	+45 +23	45 (12)	+59 +37	59 2	+73 +51	73 16	+93 +71	93 31	+113 +91	113 56	+146 +124	146 89	+168 +146	168 111	+200 +178	200 143	+236 +214	236 179	+280 +258	280 223	+357 +335	357 300						
100	120													+76 +54	76 19	+101 +79	101 44	+126 +104	126 69	+166 +144	166 109	+194 +172	194 137	+232 +210	232 175	+276 +254	276 219	+332 +310	332 275	+422 +400	422 365		
120	140		+40 0	+40 +15	40 (25)	+52 +27	52 (3)	+68 +43	68 3	+88 +63	88 23	+117 +92	117 52	+147 +122	147 82	+195 +170	195 130	+227 +202	227 162	+273 +248	273 208	+325 +300	325 260	+390 +365	390 325	+495 +470	495 430						
140	160													+90 +65	90 25	+125 +100	125 60	+159 +134	159 94	+215 +190	215 150	+253 +228	253 188	+305 +280	305 240	+365 +340	365 300	+440 +415	440 375	+560 +535	560 495		
160	180													+93 +68	93 28	+133 +108	133 68	+171 +146	171 106	+235 +210	235 170	+277 +252	277 212	+335 +310	335 270	+405 +380	405 340	+490 +465	490 425	+625 +600	625 560		
180	200		+45 0	+63 +17	63 (28)	+60 +31	60 (14)	+79 +50	79 5	+106 +77	106 32	+151 +122	151 77	+195 +166	195 121	+265 +236	265 191	+313 +284	313 239	+379 +350	379 305	+454 +425	454 390	+549 +520	549 475	+690 +670	690 625						
200	225													+109 +80	109 35	+159 +130	159 85	+209 +180	209 135	+287 +258	287 213	+339 +310	339 265	+414 +385	414 340	+499 +470	499 425	+604 +575	604 530	+769 +740	769 695		
225	250													+113 +84	113 39	+168 +140	168 95	+225 +196	225 151	+313 +284	313 239	+369 +340	369 295	+454 +425	454 380	+459 +425	459 380	+669 +640	669 595	+849 +820	849 775		
250	280		+52 0	+52 +20	52 (32)	+66 +34	66 (18)	+88 +56	88 4	+126 +94	126 42	+190 +158	190 106	+250 +216	250 164	+347 +315	347 263	+417 +385	417 333	+507 +475	507 423	+612 +580	612 528	+742 +710	742 19	+952 +920	952 868						
280	315													+98 +144	98 46	+170 +144	170 118	+240 +226	240 133	+320 +304	320 211	+426 +404	426 333	+511 +475	511 418	+626 +590	626 533	+766 +730	766 673	+936 +900	936 843	+1186 +1150	1186 1093
315	355		+57 0	+57 +21	57 (36)	+73 +37	73 (20)	+98 +62	98 5	+144 +108	144 51	+226 +190	226 133	+304 +268	304 211	+426 +390	426 333	+511 +475	511 418	+626 +590	626 533	+766 +730	766 673	+936 +900	936 843	+1186 +1150	1186 1093						
355	400													+150 +114	150 57	+244 +208	244 151	+330 +294	330 237	+471 +435	471 378	+566 +530	566 473	+696 +660	696 603	+856 +820	856 763	+1036 +1000	1036 943	+1336 +1300	1336 1243		
400	450		+63 0	+63 +23	36 (40)	+80 +40	80 (23)	+108 +68	108 5	+166 +126	166 63	+272 +232	272 169	+370 +330	370 267	+530 +490	530 427	+635 +595	635 532	+780 +740	780 677	+960 +920	960 857	+1140 +1100	1140 1037	+1490 +1450	1490 1387						
450	500													+172 +132	172 69	+292 +252	292 189	+400 +360	400 297	+580 +540	580 477	+700 +660	700 597	+860 +820	860 757	+1040 +1000	1040 957	+1290 +1250	1290 1227	+1640 +1600	1640 1577		