

SEM 0564 - DESENHO TÉCNICO MECÂNICO I

Notas de Aulas v.2023

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

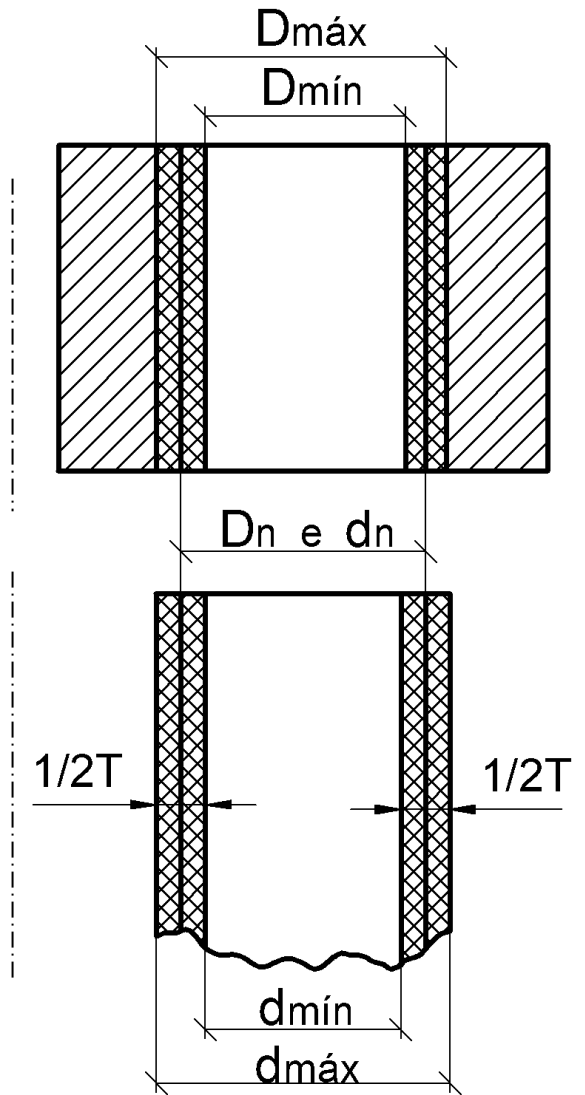
Tolerância dimensional

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.

$D_{\text{máx}}$ – diâmetro máximo do furo
 $D_{\text{mín}}$ – diâmetro mínimo do furo
 $d_{\text{máx}}$ – diâmetro máximo do eixo
 $d_{\text{mín}}$ – diâmetro mínimo do eixo
 D_n – diâmetro nominal do furo
 d_n – diâmetro nominal do eixo

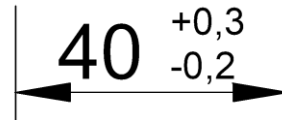


Conceitos

✓ **Medida nominal:** medida representada no desenho.



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



✓ **Medida efetiva:** medida real da peça fabricada

Ex: 40,024

✓ **Dimensão máxima:** medida máxima permitida (fabricação).

40,3

✓ **Dimensão mínima:** medida mínima permitida (fabricação).

39,8

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

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

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

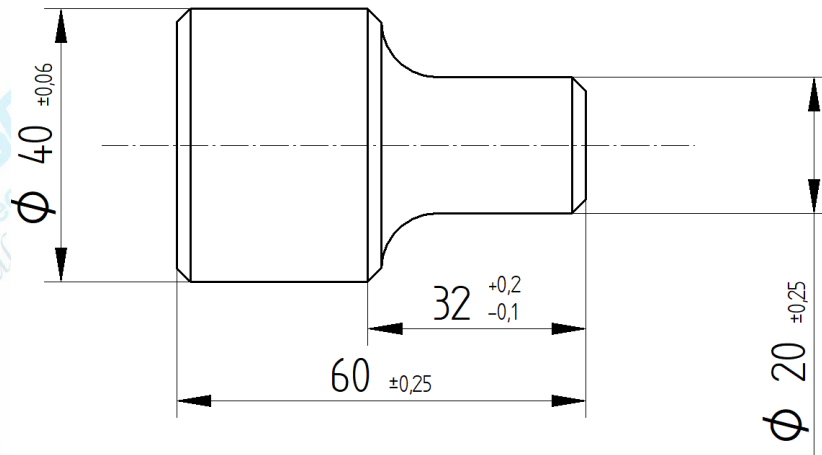
$$49,8 - 30 = -0,2$$

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

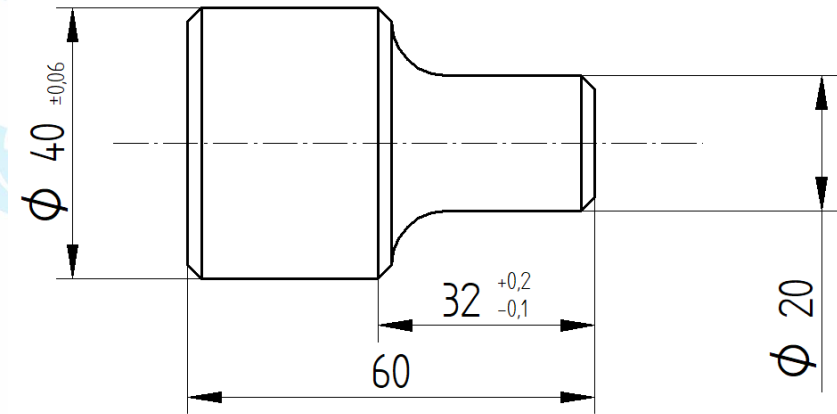
$$40,3 - 39,8 = 0,5$$

Indicações

Afastamentos, indicados junto das cotas nominais.



Afastamentos gerais, indicados abaixo do desenho.



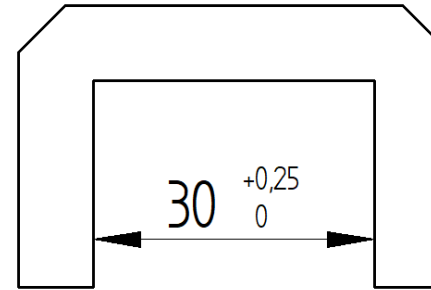
Afastamento não indicados $\pm 0,25$

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

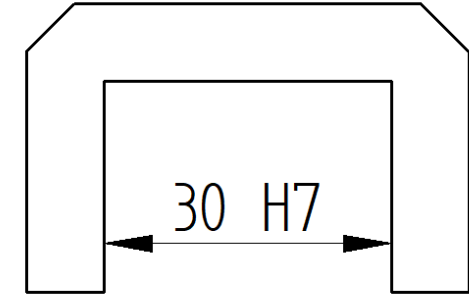
Na prática, porém, os termos furos e eixo são entendidos como medida interna e medida externa, respectivamente.

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

Por afastamento



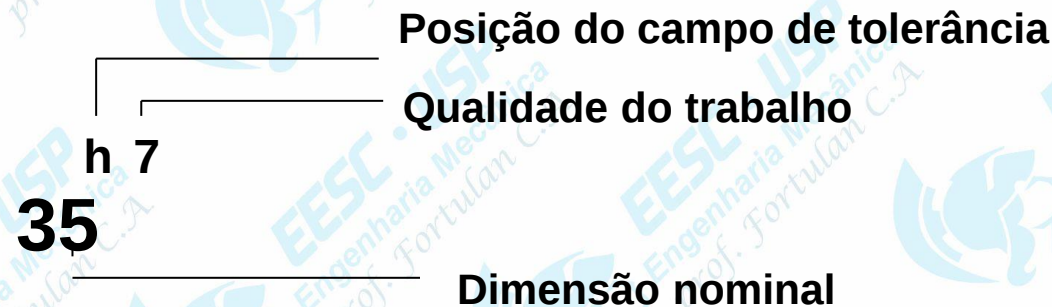
Pela norma ISO



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

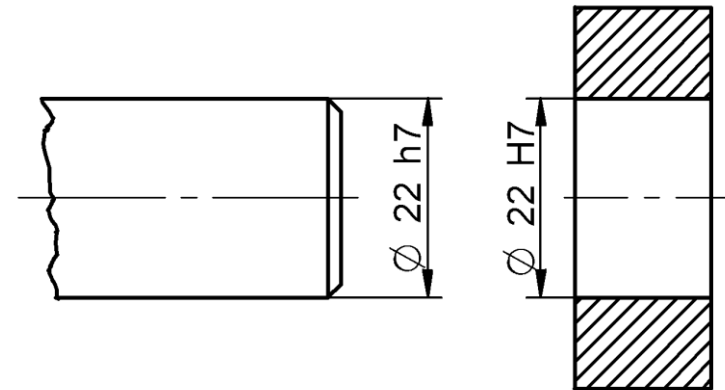
É o conjunto de valores compreendidos entre as dimensões máxima e mínima. O sistema ISO prevê 28 campos representados por letras, sendo as maiúsculas para furos e as minúsculas para eixos:

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.

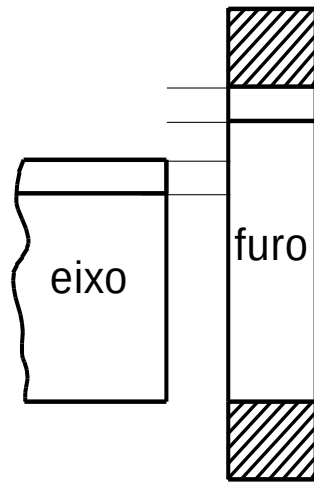
		QUALIDADE DE TRABALHO																	
		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16
Eixos		Mecânica Extra-Precisa					Mecânica Corrente								Mecânica Grosseira				
Furos																			

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

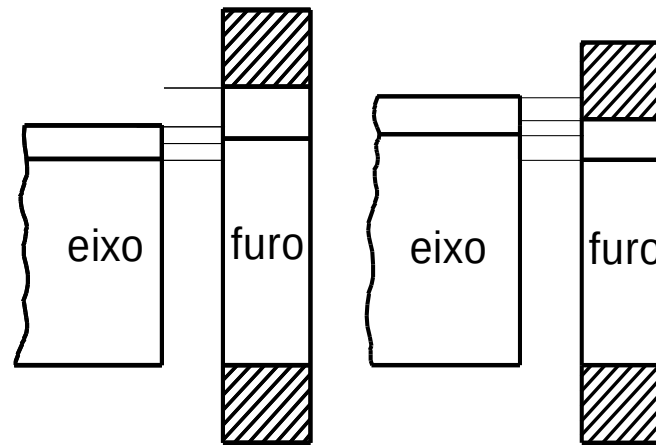
IT 01, IT 0, IT 1, IT 2...IT 16 (I=ISO e T=tolerância)

Ajustes

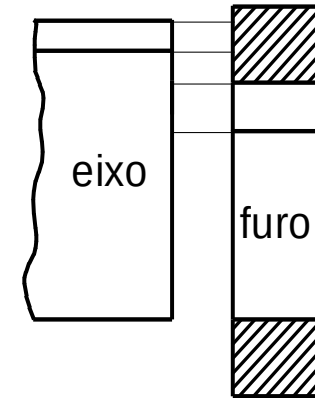
O ajuste é a condição ideal para fixação ou funcionamento entre peças executadas dentro de um limite. São determinados os acordos com a posição do campo de tolerância.



Ajuste móvel
ou folgado

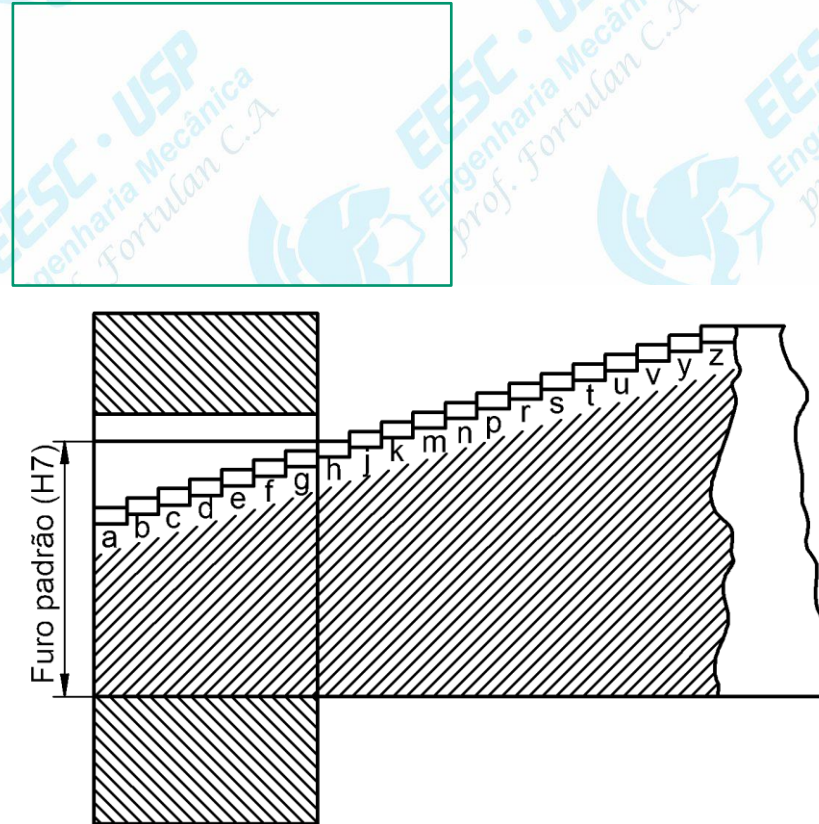


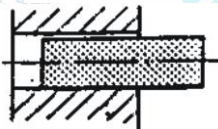
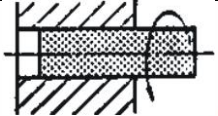
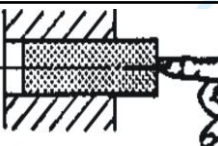
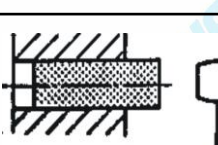
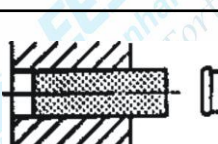
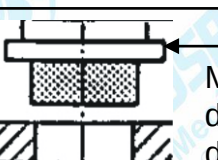
Ajustes incertos
ou mistos



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 a precisa	Mecânica a média	Mecânica ordinária	Exemplo de aplicação
LIVRE		Montagem à mão, podendo girar sem esforço.	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		Montagem à mão, com facilidade.	H6 f6	H7 f7	H8 f8	H10 d10 H11 d11	Peças que deslizam ou giram com boa lubrificação. Ex: eixos, mancais, etc.
DESLIZANTE		Montagem à mão, com leve pressão.	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		Montagem a mão, porém necessitando de algum esforço.	H6 h5	H7 h6			Encaixes fixos de precisão, componentes lubrificados destacáveis à mão. Ex: punções, guias, etc.
ADERENTE FORÇADO LEVE		Montagem com auxílio de martelo.	H6 j5	H7 j6			Peças que necessitam freqüentes desmontagens. Ex: polias, engrenagens, rolamentos, etc.
FORÇADO DURO		Montagem com auxílio de martelo pesado.	H6 m5	H7 m6			Peças possíveis de montagem e desmontagem sem deformação da peça.
À PRESSÃO COM ESFORÇO		Pressão Montagem com auxílio de balancim ou por dilatação.	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 a 3	3 a 6	6 a 10	10 a 18	18 a 30	30 a 50	50 a 80
80 a 120	120 a 180	180 a 250	250 a 315	315 a 400	400 a 500	

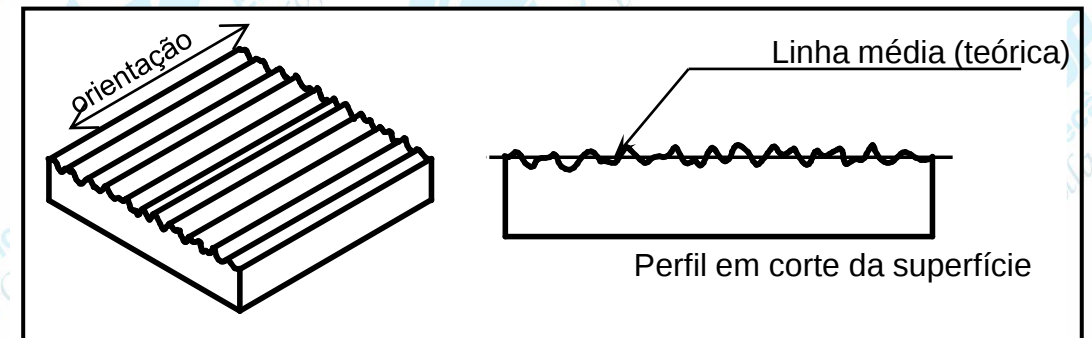
Graus de acabamento

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.

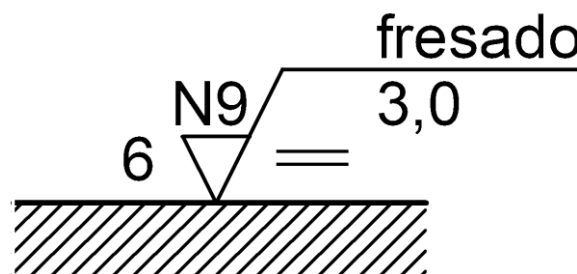
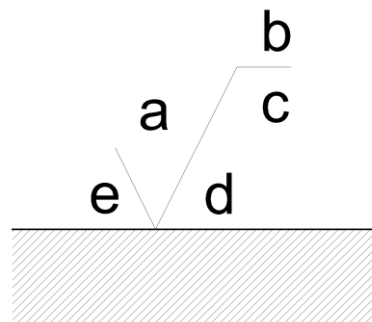
Rugosidade

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

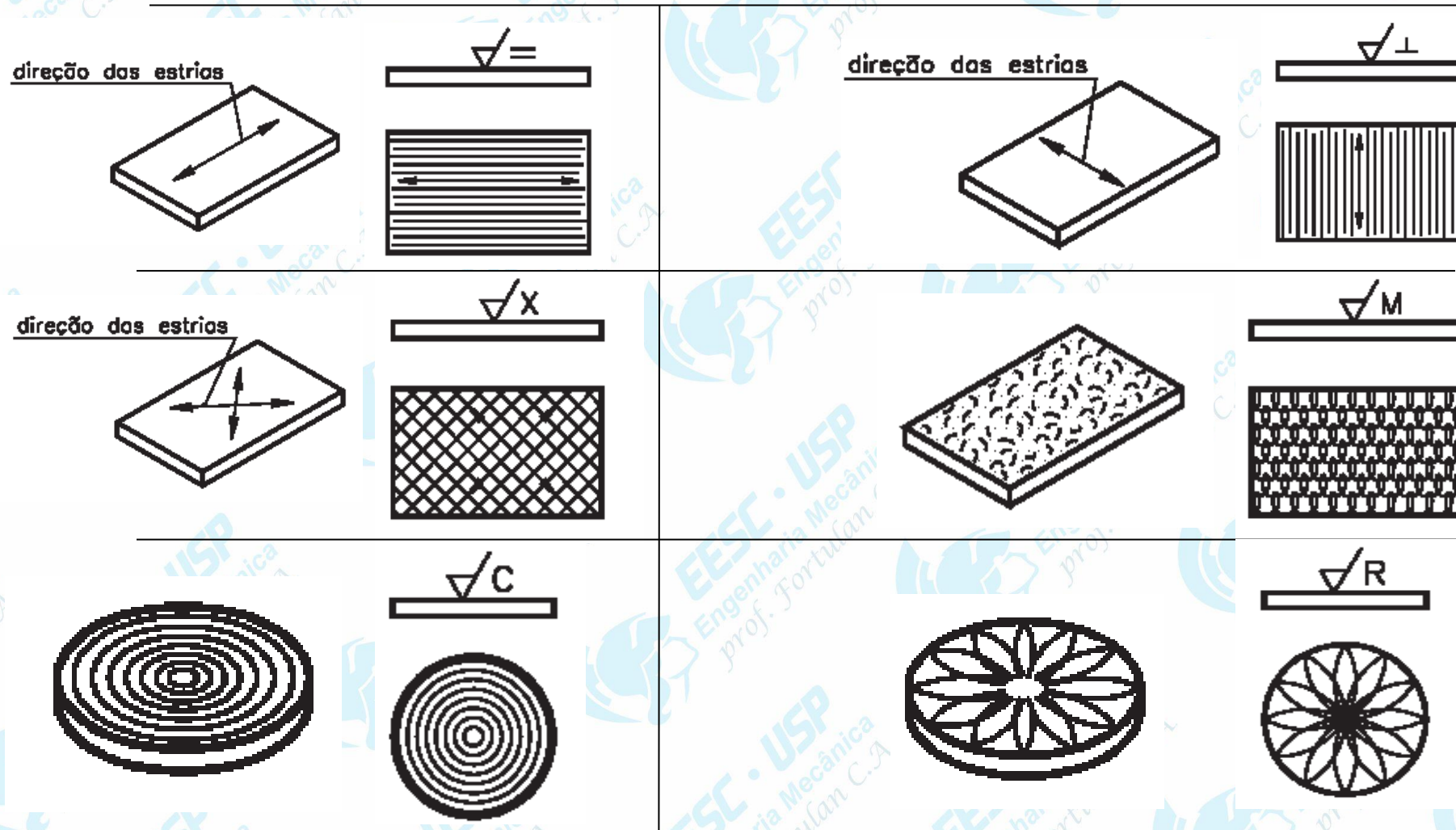
Símbolos sem indicação de rugosidade.

Símbolos com indicação da característica principal da rugosidade R_a :

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.

SÍMBOLO A remoção do material			SIGNIFICADO
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: $R_a = 0,8\mu\text{m}$

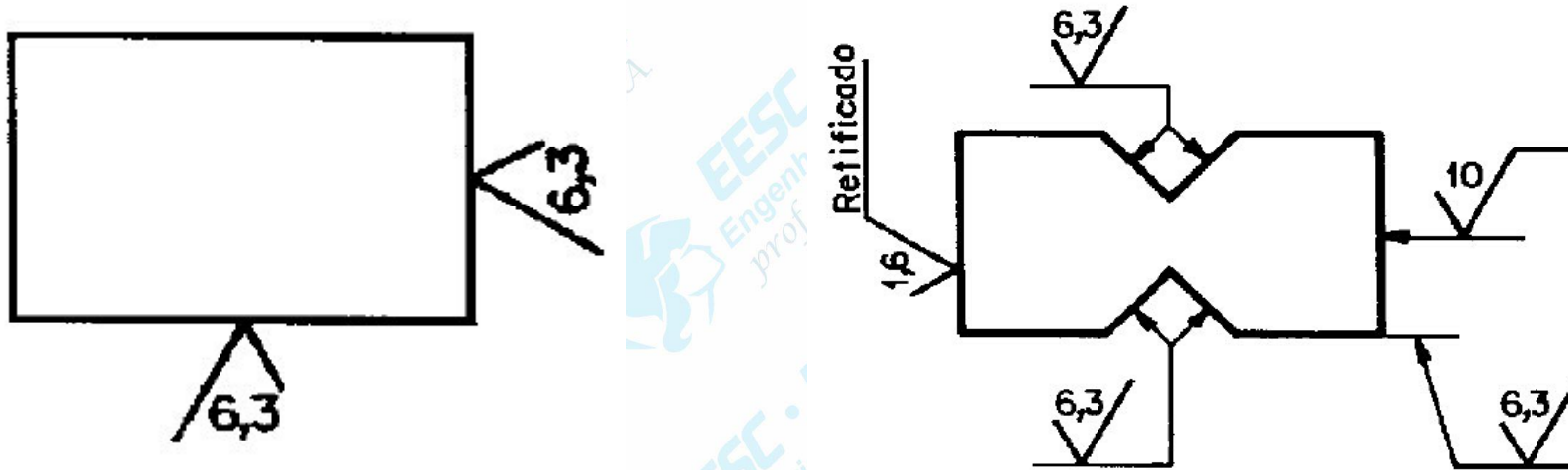
Direção das estrias - simbologia



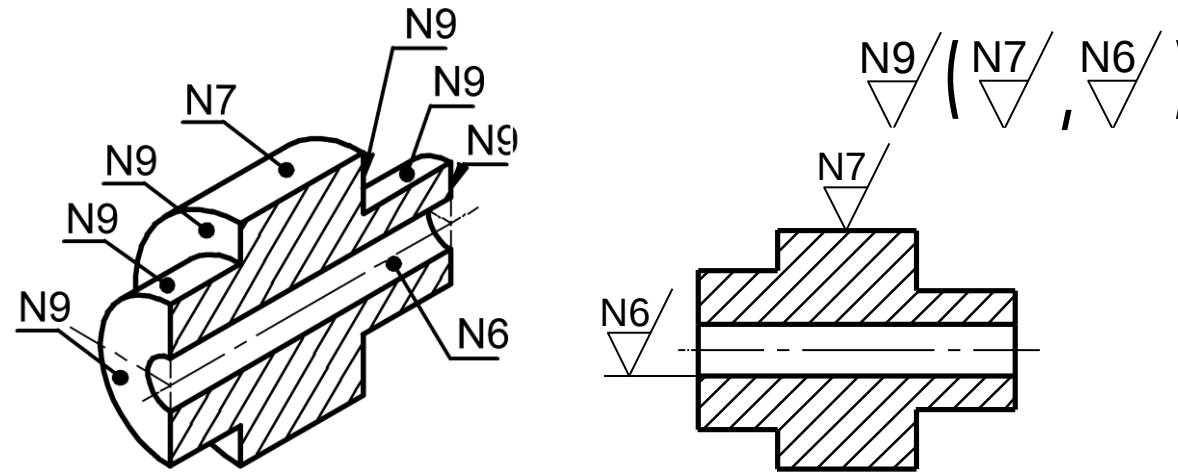
Obs. A simbologia se refere à direção das estrias e a rugosidade pelo valor máximo e que, geralmente, é ortogonal à direção indicada.

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 peça 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

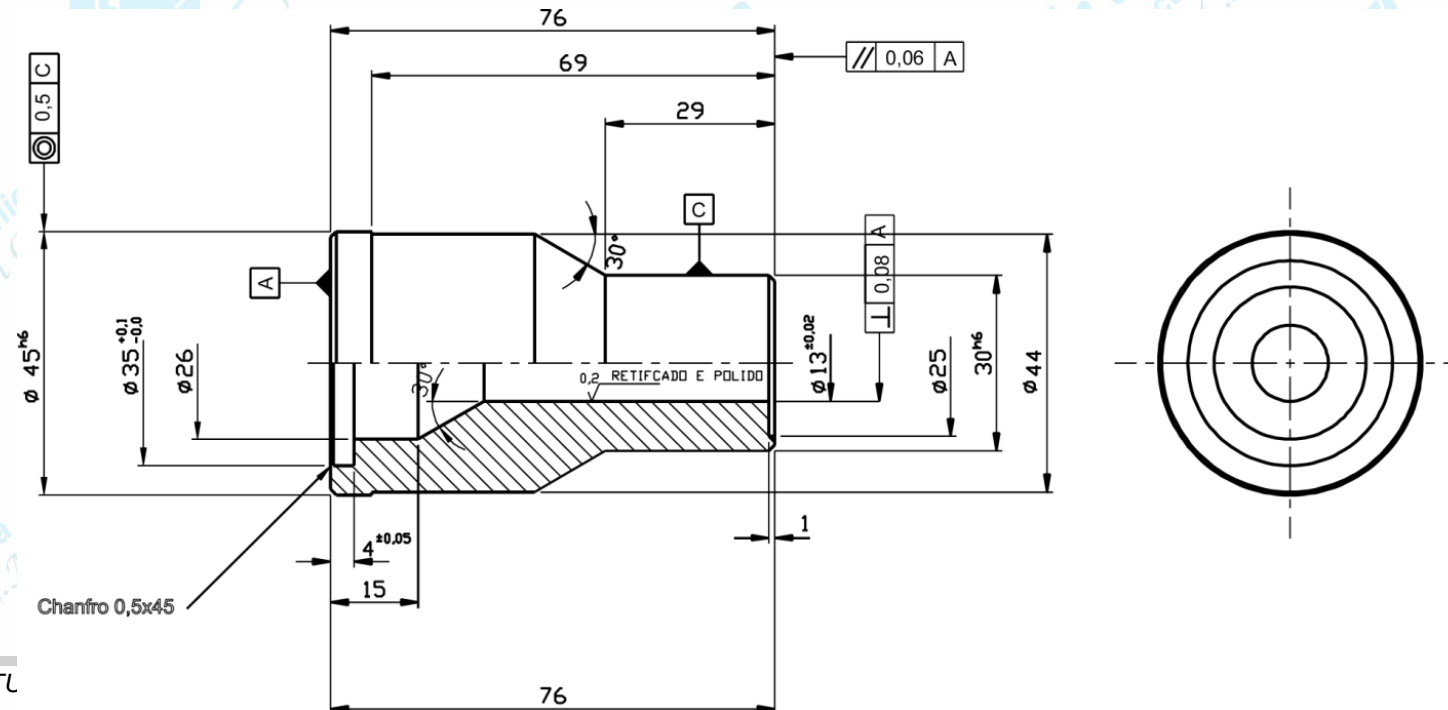
Baseado na NBR 8404 e ISO 1302		FUNDIÇÃO DA RUGOSIDADE $Ra = \mu$ ($1 \mu = 0,001 \text{ mm}$)														
		GRUPO	▽▽▽			▽▽			▽			~			1000	
			MÁXIMO	0,1		0,8		6,3		5,0		1000				
				CLASSE	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10		N11
OPERAÇÃO	ACABAMENTO	Fino	0,025	0,04	0,05	0,08	0,16	0,25	0,40	0,63	1,00	1,60	2,50	4,00	6,30	1000
ALARGAR	De precisão															
	Pre-aplicar															
APLAINAR	Desbastar															
	Alisar															
BROCHAR	Brochar															
	Fino															
ESCAREAR	Escarear															
	Alargar															
FORJAR	Forjamento sem matriz															
	Forjamento com matriz															
FRESAR	Forjamento de pressão															
	Desbastar															
FUNDIR	Alisar															
	Fino															
LAMINAR	De precisão															
	Fundição em areia															
LAPIDAR	Fundição em coquilha															
	Fundição sob pressão															
LIMAR	A quente															
	A frio															
POLIR	Desbastar															
	Alisar															
POLIR SOB PRESSÃO	Fino															
	Translimar															
PRENSAR	Polir com máquina															
	Polir															
RASQUETEAR	Polimento de aperto															
	Polimento com rolos															
RETIFICAR	Prensar															
	Cunhar															
RODAR	1 a 3 marcações por cm^2															
	3 a 5 marcações por cm^2															
SOPRAR	Retificar grosso															
	Retificar															
TORNEAR	Fino															
	De precisão															
TREFILAR	Rodagem simples															
	Superacabamento															
INT. e EXT.	Superacabamento com furos															
	Com jato de areia grossa															
TREFILAR	Com jato de areia média															
	Com jato de areia fina															
TREFILAR	Com jato de esferas															
	Pre-lanear															
TREFILAR	Desbastar															
	Alisar															
TREFILAR	Fino com vídia															
	De precisão com diamante															
TREFILAR	Estimar e repuxar															
	Estimar com precisão															

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.

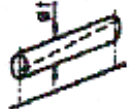
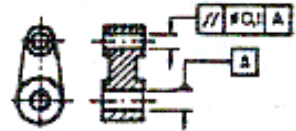
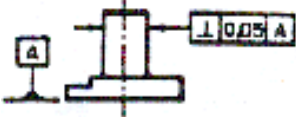
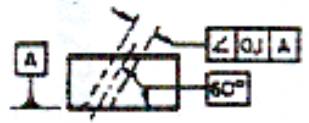
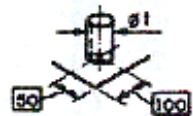
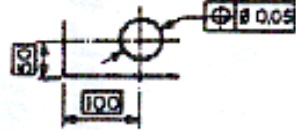
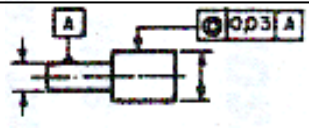
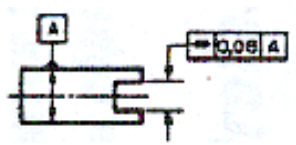
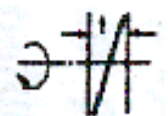
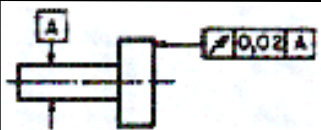
As **tolerâncias de posição** limitam os afastamentos da posição mútua de dois ou mais elementos por razões funcionais ou para assegurar uma interpretação inequívoca. Geralmente um deles é usado como referência para a indicação das tolerâncias. Se for necessário, pode ser tomada mais de uma referência.



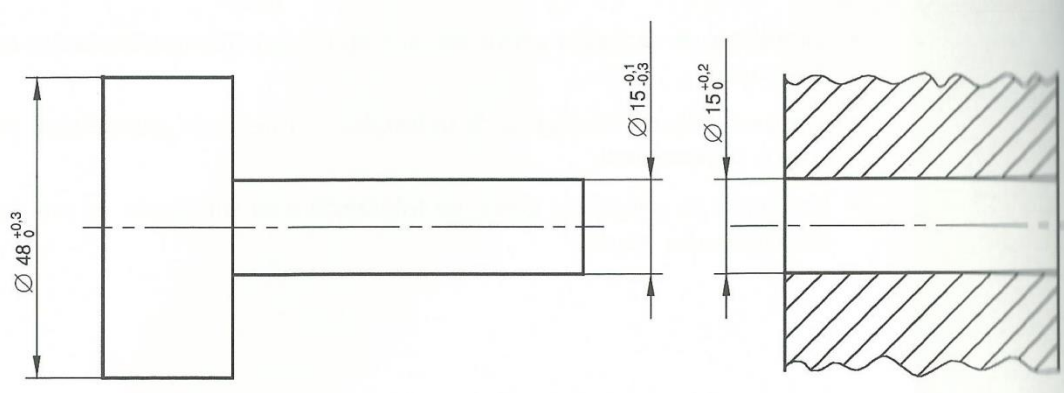
Símbolos de tolerância e características toleradas de **forma**

Símbolo	Característica	Zona de tolerância	Inscrição no desenho	Interpretação
	RETILINEIDADE De uma linha ou eixo			O eixo da parte cilíndrica da peça deve estar contido em um cilindro de $\varnothing t=0,03$.
	PLANICIDADE De uma superfície.			O plano tolerado deve estar contido entre dois planos paralelos de distância $t=0,05$.
	CIRCULARIDADE De um disco, de um cilindro, de um cone etc.			As linhas da circunferência de cada seção devem estar contidas 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 envoltentes 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 envoltentes, cuja distância está limitada por esferas de $\varnothing=0,03$. Os centros dessas esferas estão contidas sobre o plano teoricamente exato.

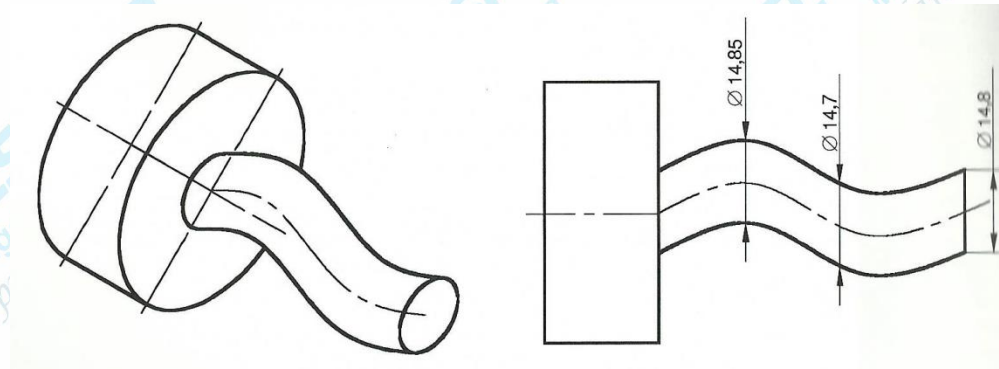
Símbolos de tolerância e características toleradas de *posição*

Símbolo	Característica	Zona de tolerância	Inscrição no desenho	Interpretação
Orientação	 PARALELISMO De uma linha (eixo) ou de um plano em relação a uma reta ou um plano de referência			O eixo tolerado deve estar dentro de um cilindro de diâmetro $t = 0,1$, paralelo ao eixo de referência
	 PERPENDICULARIDADE De uma linha (eixo) ou de um plano em relação a uma reta ou um plano de referência.			O eixo do cilindro deve estar incluído entre as duas retas distantes de $t = 0,05$ perpendiculares ao plano de referência
	 INCLINAÇÃO De uma linha (eixo) ou de um plano em relação a uma reta ou um plano de referência.			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	 LOCALIZAÇÃO De linhas, eixos ou superfícies entre si ou em relação a um ou mais elementos de referência.			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.
	 CONCENTRICIDADE De um eixo ou de um ponto em relação a um eixo ou um ponto de referência			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
	 SIMETRICIDADE De um plano médio ou de uma linha média (eixo) em relação a uma reta ou plano de referência			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	 BALAÇO RADIAL OU AXIAL De elemento em relação ao seu eixo de rotação.			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 $t \neq 0,02$.

Observe o desenho com tolerâncias dimensionais do eixo-furo



Verifique se o eixo abaixo a satisfaz?

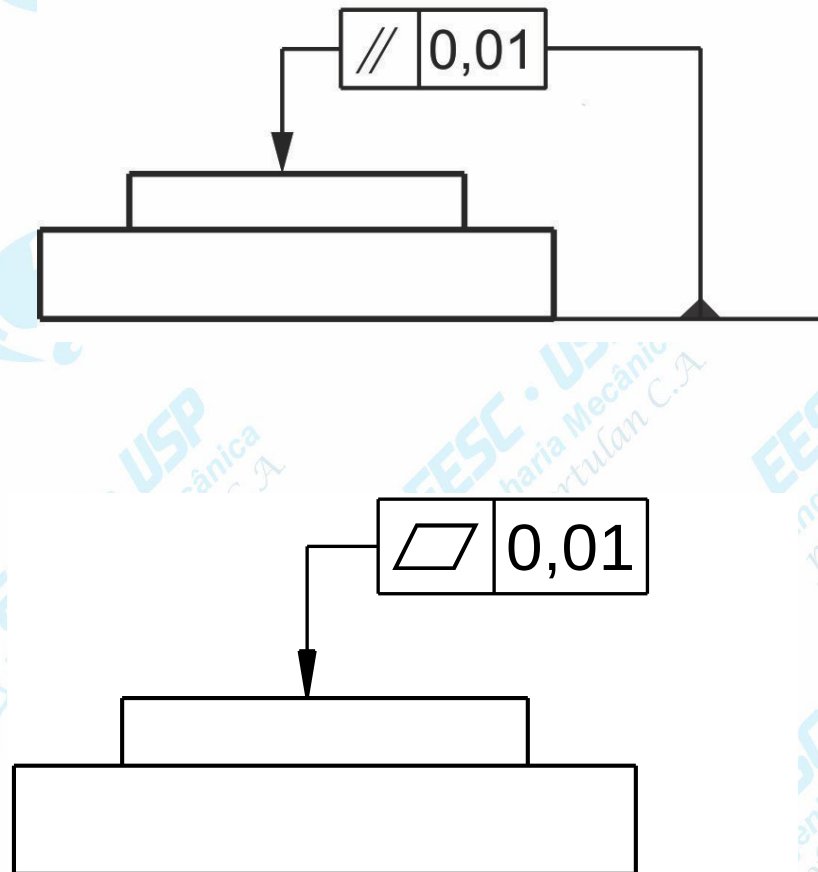


É possível inserí-lo no furo?

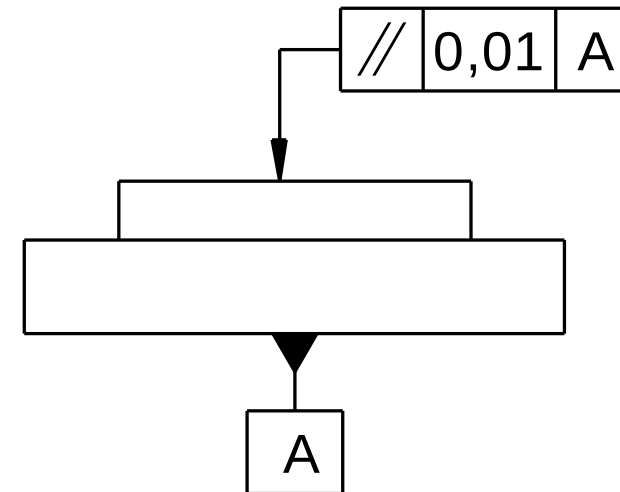
Fonte: Silva A, et al. Desenho Técnico Moderno. LTC 2006.

O referencial pode ser feito de duas formas:

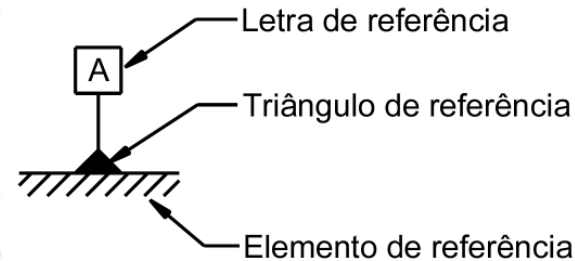
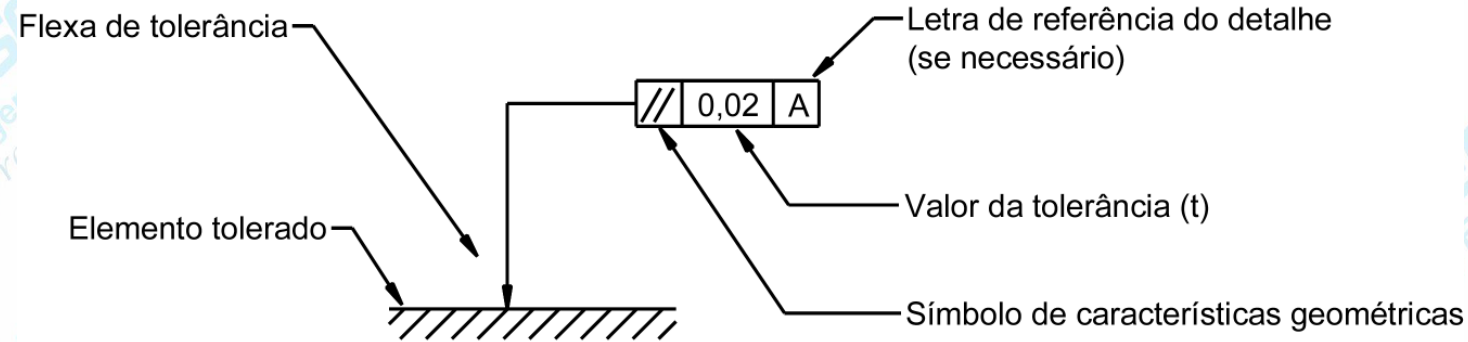
Direta



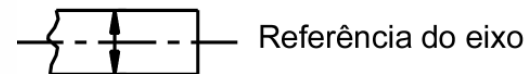
Indireto por Letras



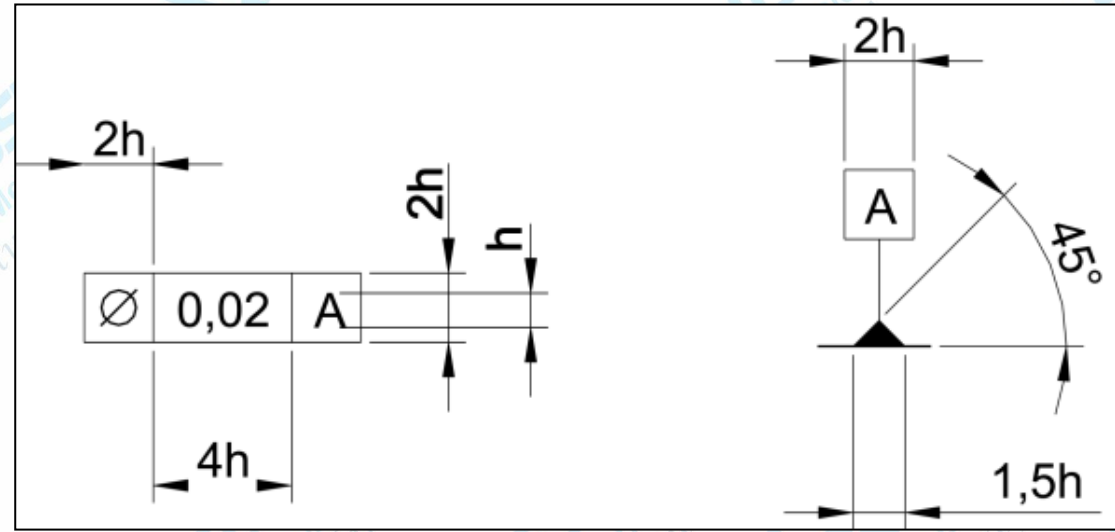
Representações - características



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

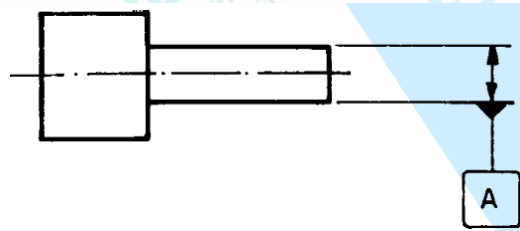
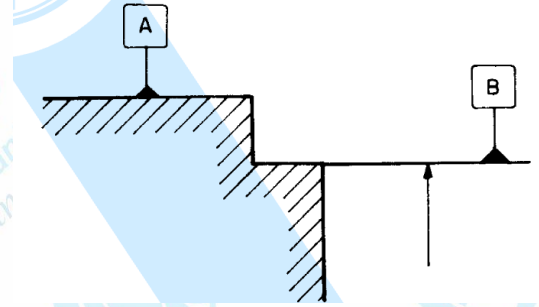
As **tolerâncias** estão relacionadas à dimensão total dos elementos, a não ser no caso de exceções, indicadas no desenho (por exemplo: 0,02/100 significa que a tolerância de 0,02mm é aplicada numa extensão de 100mm de comprimento, medida em posição convenientemente no elemento controlado).

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.

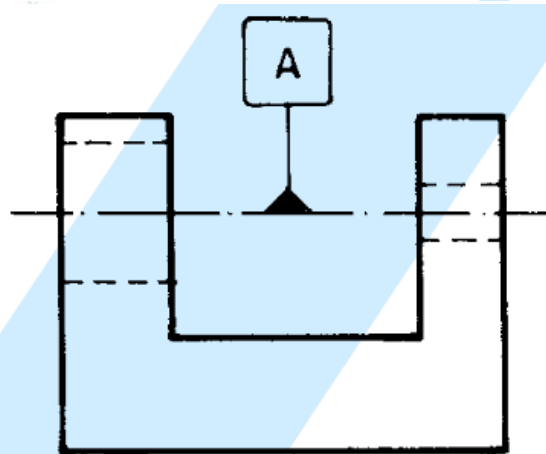
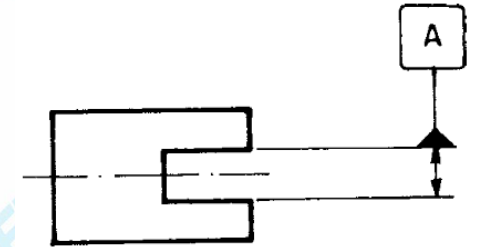
Caso a indicação esteja relacionada como uma superfície ou linha de contorno, a seta de indicação ou o triângulo de referência não devem ser colocados sobre a linha de cota.

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)

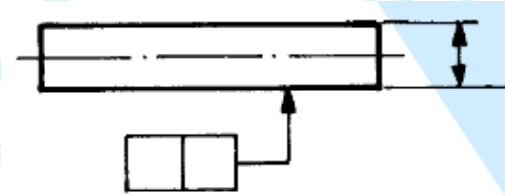
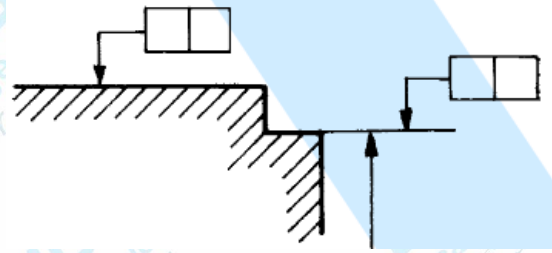


Localizada em uma extensão da linha de cota, quando o elemento de referência for um eixo ou plano médio da parte cotada.

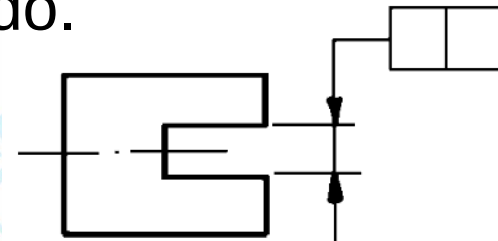
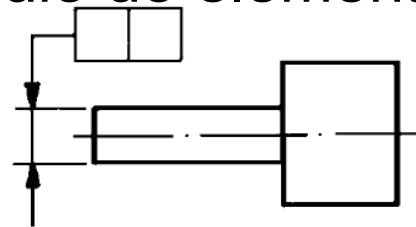
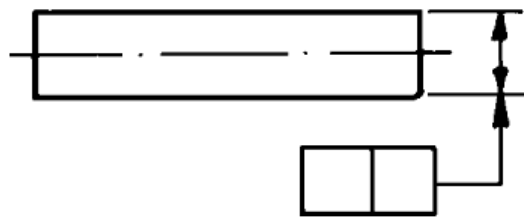


Localizada sobre o eixo quando o elemento de referência for: o eixo ou plano médio de um elemento único; ou o eixo comum ou plano formado por dois elementos.

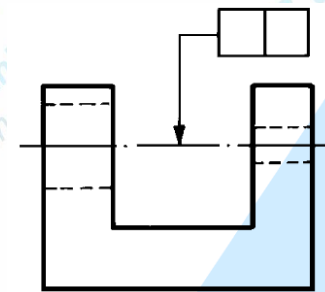
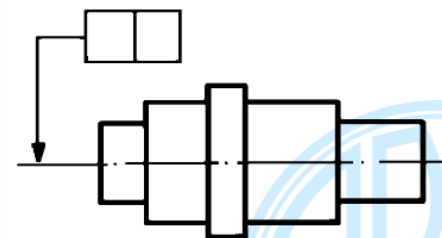
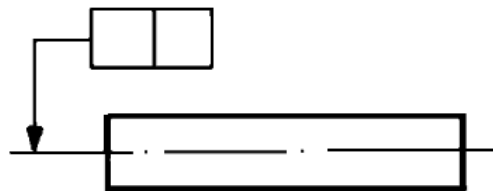
Toca o contorno ou o prolongamento (não uma linha de cota), se a tolerância se aplicar à linha ou a própria superfície)



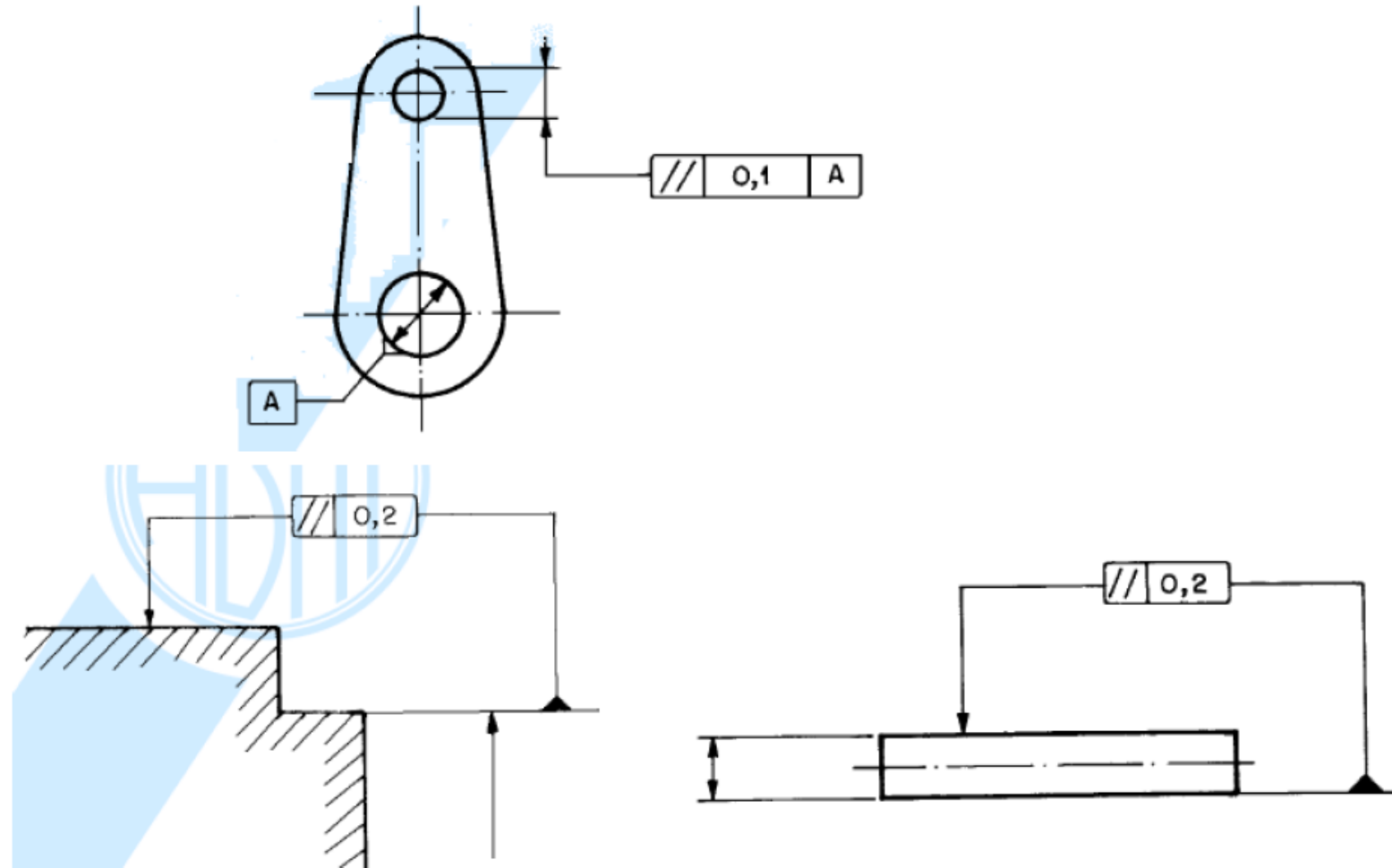
Toca a linha de extensão em prolongamento a linha de cota, quando tolerância for aplicada ao eixo ou ao plano médio do elemento cotado.



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.

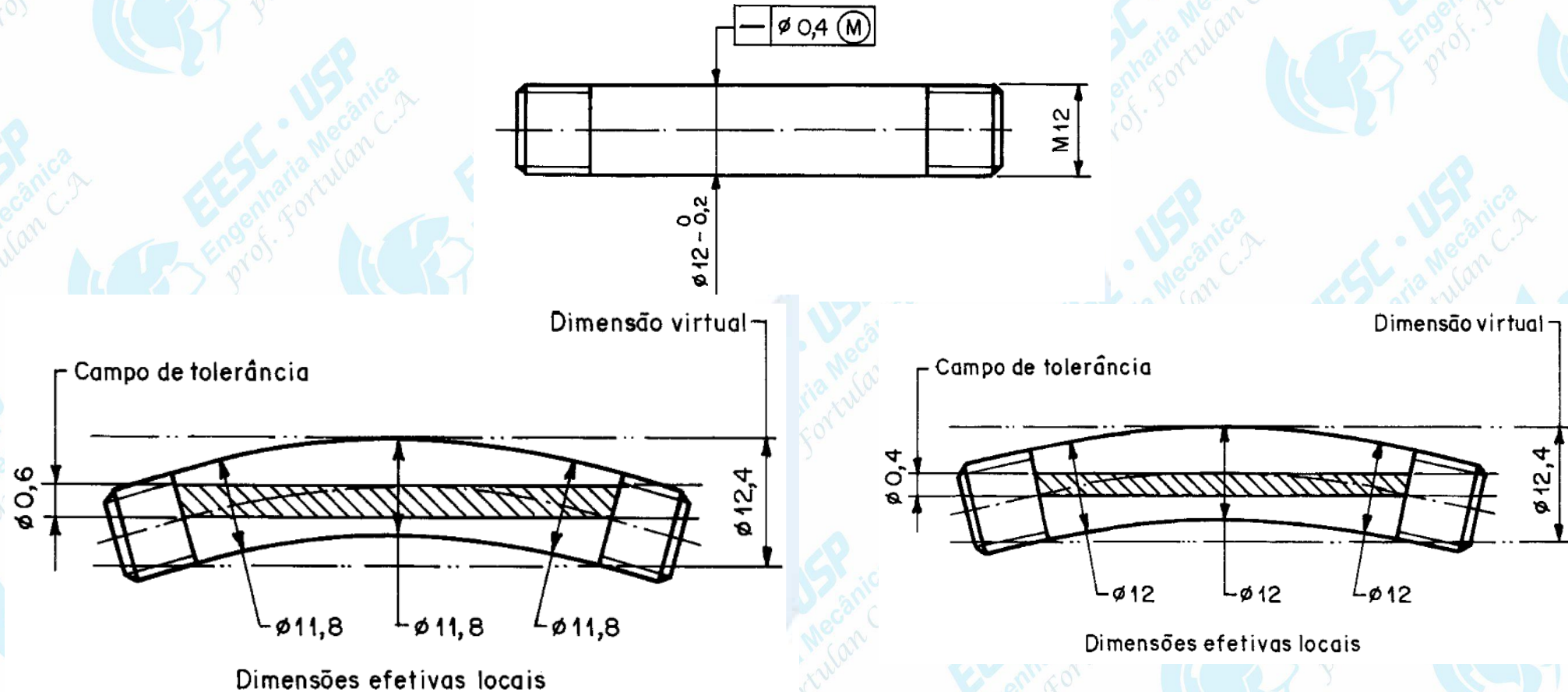


Indicação do campo de tolerância



Princípio de máximo material

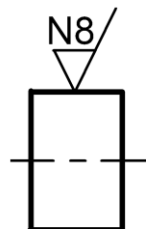
Permite incrementar a tolerância geométrica especificada, desde que o elemento com tolerância não viole a condição virtual.



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

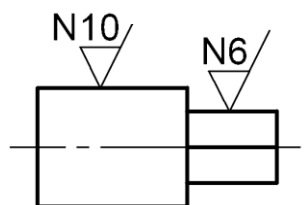
NBR 14646:2001

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

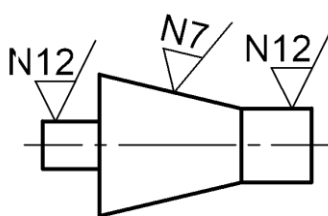


Exemplo:

a) N8 = 3,2 μ m

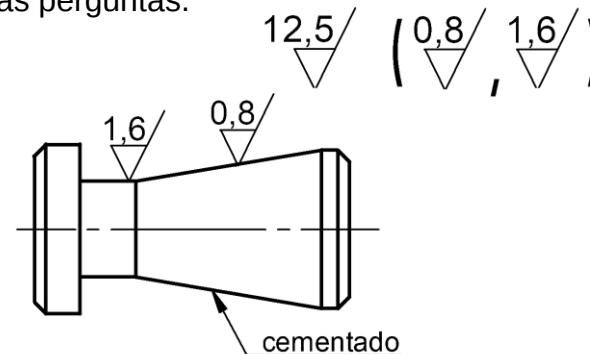


b) _____ , _____



c) _____ , _____

b) Responda as perguntas.

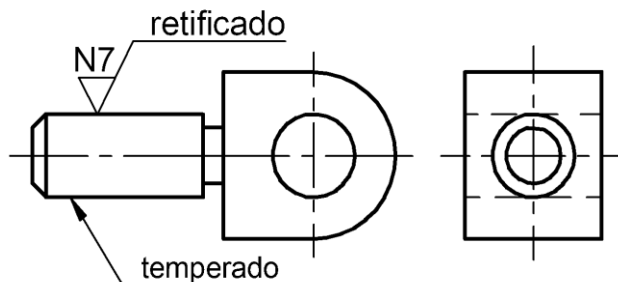


a) Que classe de rugosidade a maioria das superfícies da peça deverá receber?

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?

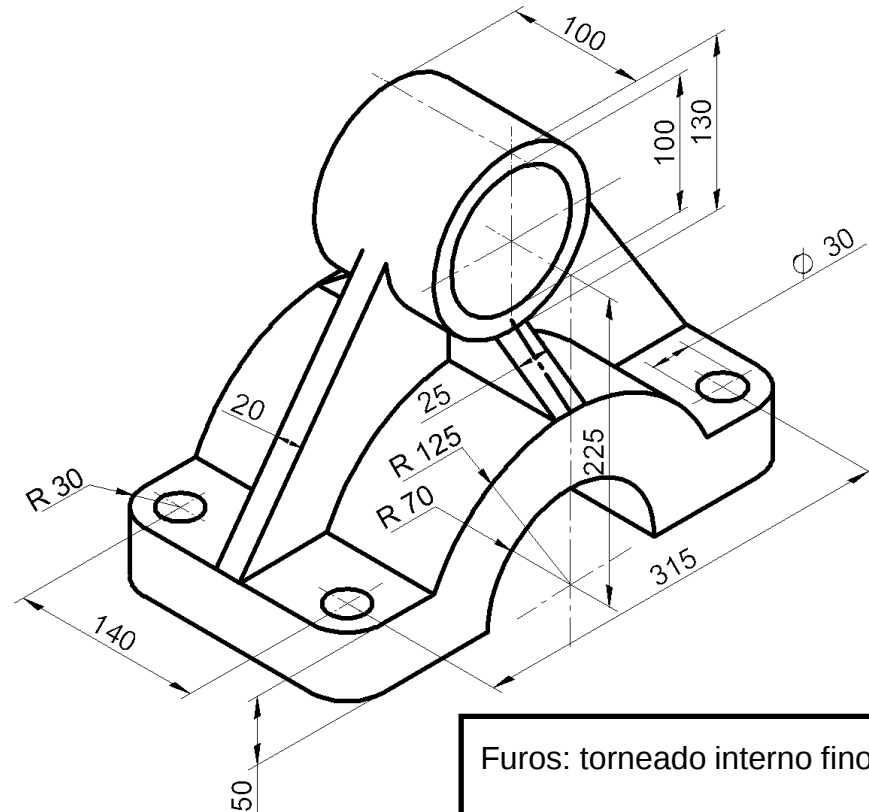
b) Qual é o tratamento indicado?

Nome: _____

Nº _____ Turma _____

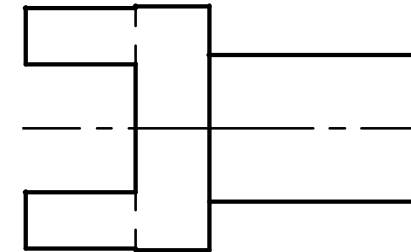
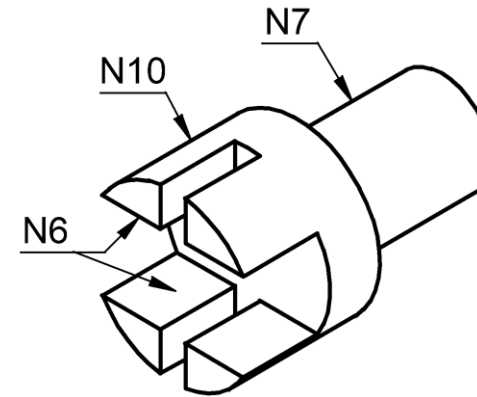
Exercício 6.01

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



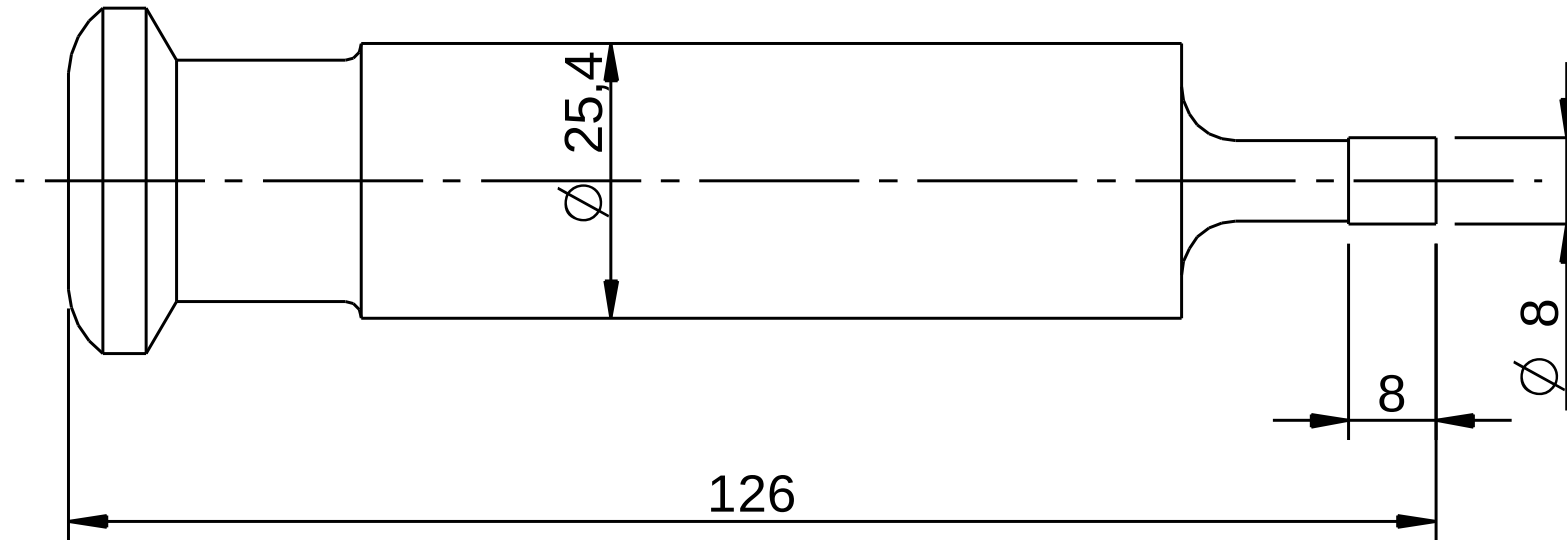
Furos: torneado interno fino
Base: retificada de precisão

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

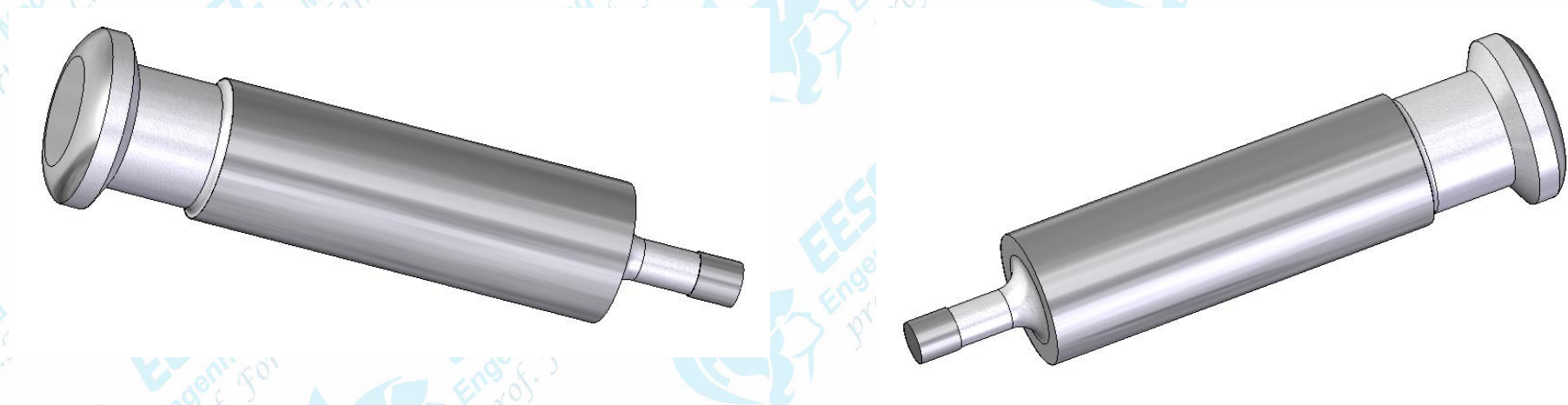


Nome: _____

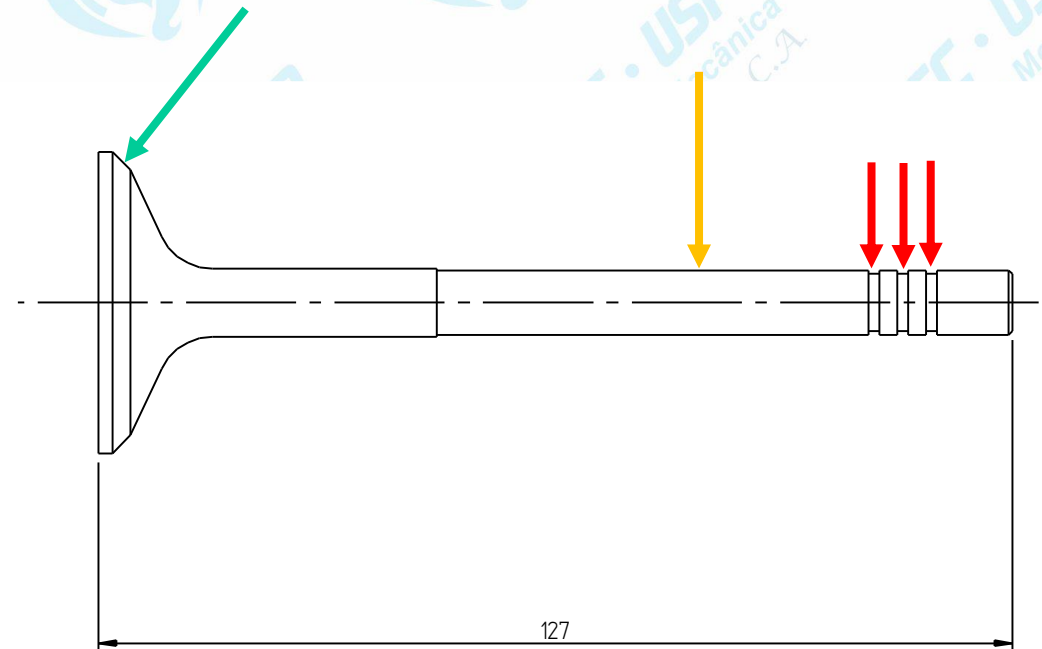
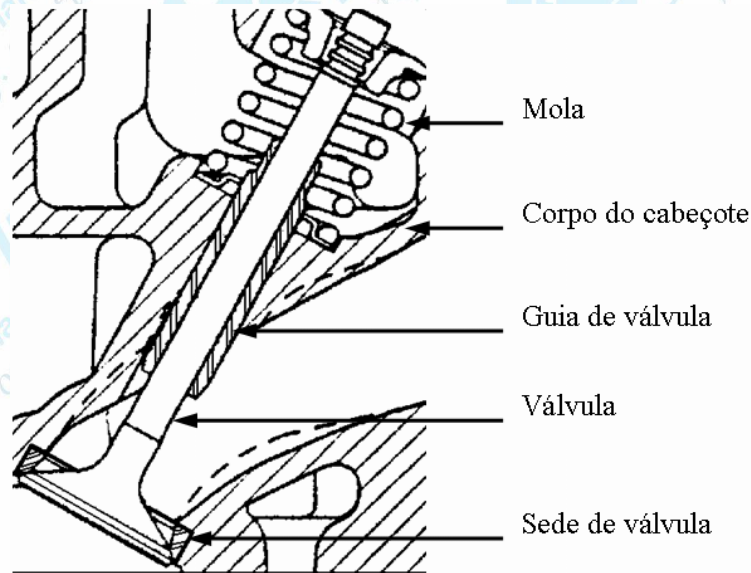
Nº _____ Turma _____



- 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 tolerância de forma de superfície de 0,05, a posição cilíndrica de $\varnothing 25,4$ (**posição guia**) deve ter uma tolerância de cilindridade de 0,005mm; a ponta ($\varnothing 8$) deve estar concêntrica 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 μm e mínimo de 8 μm , na ponta tolerância h6. Represente no desenho as descrições citadas.



Ex.: 6.03. O desenho abaixo representa uma válvula de motor a explosão. Sabe-se que o diâmetro da cabeça é de 42mm, a superfície de **assento da cabeça** (com a sede da válvula) é cônica com ângulo 45° com tolerância de posição de 0,05mm em relação ao centro da haste e acabamento N3 por lapidação, na **posição cilíndrica (guia de válvula)** tem $\varnothing 9$ e tolerância de cilindridade de 0,02mm e de dimensão h6 e acabamento N4 retificado, e os **três alívios** tem diâmetro de assento $\varnothing=7,7$ mm com tolerância de batimento de 0,03 em relação ao diâmetro na posição de guia de válvula. No desenho complete a cotagem representando as descrições citadas.





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
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												+70 +54	70 29	+86 +70	86 45	+97 +81	97 56	+113 +97	113 72	+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 +274	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 36	+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	+45 0	+63 +17	63 (28)	+60 +31	60 (14)	+79 +50	79 5	+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								+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	+52 0	+52 +20	52 (32)	+66 +34	66 (18)	+88 +56	88 4	+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	742 619	+952 +920	952 868		
280	315								+130 +98	130 46	+202 +170	202 118	+272 +240	272 188	+382 +350	382 298	+457 +425	457 373	+557 +525	557 473	+682 +650	682 598	+822 +790	822 738	+1032 +1000	1032 948		
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 937	+1290 +1250	1290 1227	+1640 +1600	1640 1577		