



Tolerância Dimensional

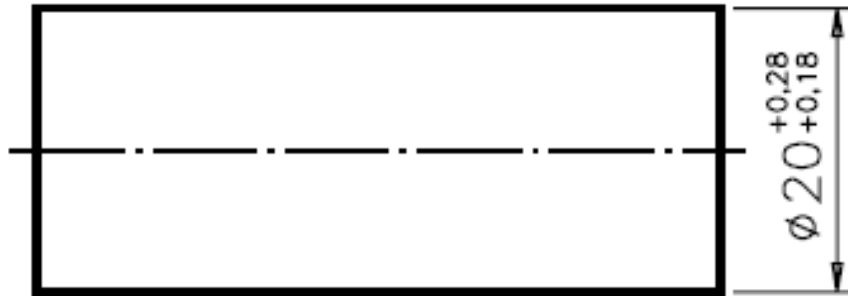


O que é tolerância dimensional?

“São desvios dentro dos quais a peça possa funcionar corretamente”.

O que são afastamentos?

“São desvios aceitáveis das dimensões nominais, para mais ou menos, que permitem a execução da peça sem prejuízo para seu funcionamento e intercambiabilidade”.



Qual é o afastamento superior e o inferior?

0,28 mm = afastamento superior

0,18 mm = afastamento inferior

Qual é a dimensão máxima e mínima?

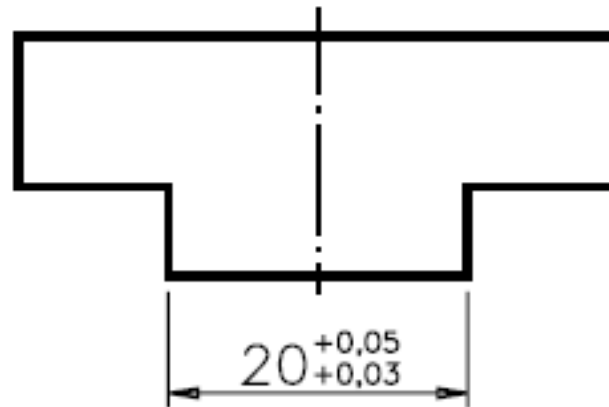
Dimensão máxima = $20\text{mm} + 0,28\text{mm} = 20,28\text{mm}$

Dimensão mínima = $20\text{mm} + 0,18\text{mm} = 20,18\text{mm}$

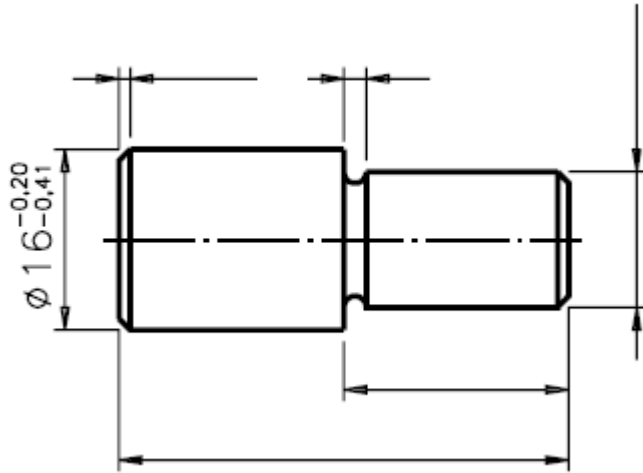
A peça deve estar dentro dos limites da dimensão máxima e da dimensão mínima.



Verificando o entendimento



- a) Complete os espaços com os valores correspondentes:
- afastamento superior:
 - afastamento inferior:
 - dimensão máxima:
 - dimensão mínima:
- b) Dentre as medidas abaixo, assinale com um X as cotas que podem ser dimensões efetivas deste ressalto:
- 20,5 () 20,04 () 20,06 () 20,03 ()



Qual é o afastamento superior e o inferior?

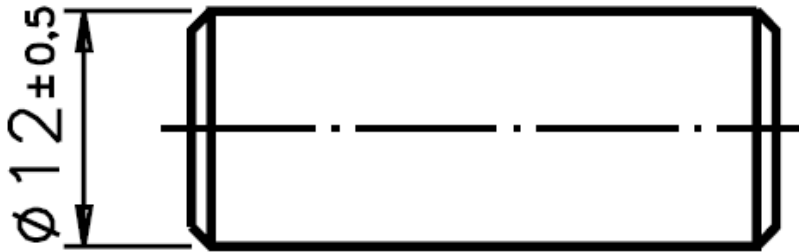
-0,20 mm = afastamento superior

-0,41 mm = afastamento inferior

Dimensão máxima = $16,00\text{mm} - 0,20\text{mm} = 15,80\text{mm}$

Dimensão mínima = $16,00\text{mm} - 0,41\text{mm} = 15,59\text{mm}$

A peça deve estar dentro dos limites da dimensão máxima e da dimensão mínima (15,80 mm e 15,59 mm).



Qual é o afastamento superior e o inferior?

0,5 mm = afastamento superior
-0,5 mm = afastamento inferior

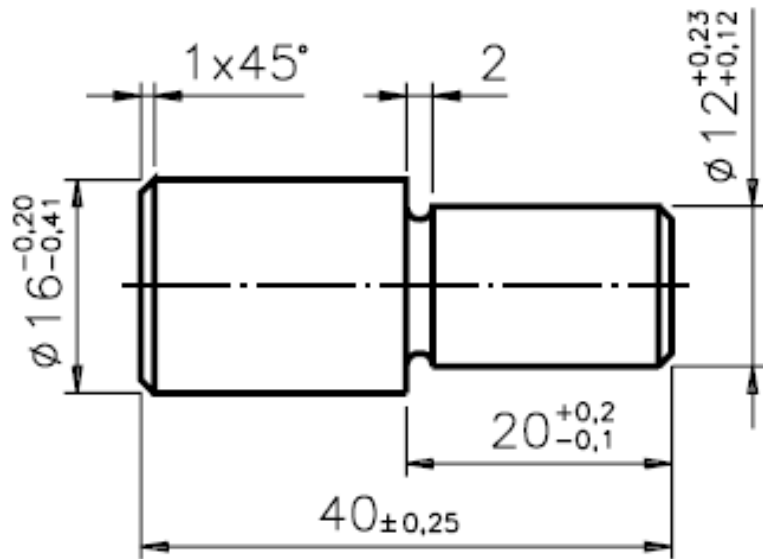
Dimensão máxima = $12,00\text{mm} + 0,5\text{mm} = 12,5\text{mm}$

Dimensão mínima = $12,00\text{mm} - 0,5\text{mm} = 11,5\text{mm}$

A peça deve estar dentro dos limites da dimensão mínima e da dimensão máxima (11,5 mm e 12,5 mm).



Verificando o entendimento



1) Qual a dimensão nominal do comprimento da peça?

R. 40mm

2) Qual é o afastamento superior e inferior do comprimento?

R. + 0,25mm e - 0,25mm

3) Qual é o afastamento do diâmetro da parte rebaixada?

R. + 0,23mm e + 0,12mm

4) Qual é a dimensão efetiva do diâmetro referente ao diâmetro da questão 3?

R. Qualquer dimensão entre 12,23 mm e 12,12 mm pode ser a dimensão efetiva

5) Qual é a dimensão máxima e mínima do comprimento da parte rebaixada?

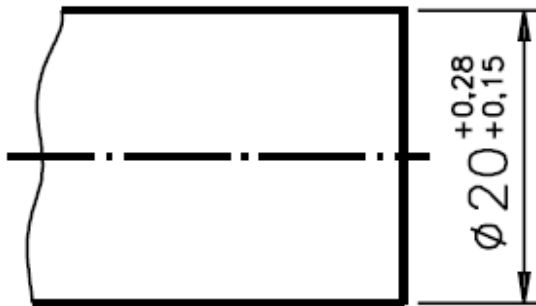
R. 20,2 mm e 19,9 mm

6) O diâmetro maior da peça tem 2 afastamentos negativos, logo a dimensão efetiva desta cota é ...menor... que a dimensão nominal.



Tolerância

É a variação entre a dimensão máxima e a dimensão mínima



Cálculo da tolerância
ESC 1:1

Dimensão máxima

$$\begin{array}{r} 20,00 \\ + \quad \underline{0,28} \\ 20,28 \end{array}$$

Dimensão máxima:

Dimensão mínima:

Tolerância:

Dimensão mínima

$$\begin{array}{r} 20,00 \\ + \quad \underline{0,15} \\ 20,15 \end{array}$$

20,28

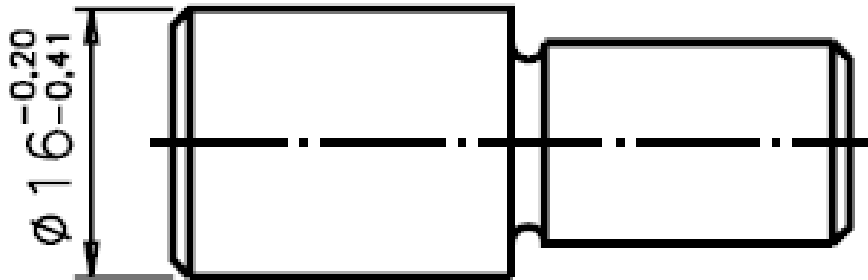
- 20,15

0,13



Verificando o entendimento

Qual a tolerância da cota indicada no desenho?



R. 0,21mm



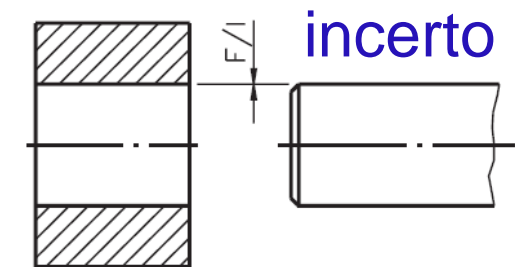
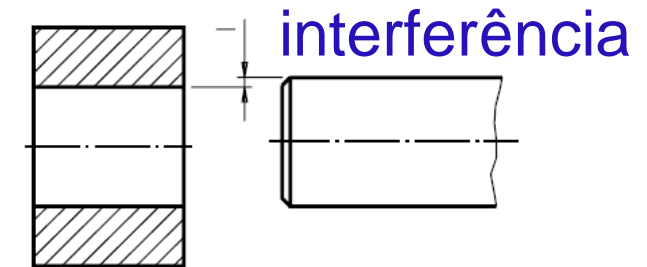
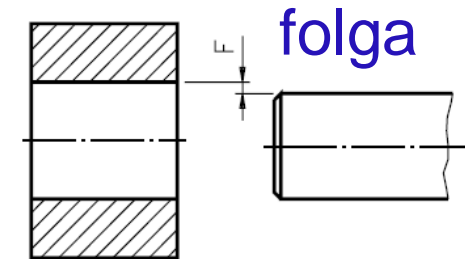
Ajustes

- ✓ Eixos e furos de formas variadas podem funcionar ajustados entre si.
- ✓ Dependendo da função do eixo, existem várias classes de ajustes



Ajustes

- 1) Se o eixo se encaixa no furo de modo a deslizar ou girar livremente, temos um
- 2) Se encaixa no furo com certo esforço, de modo a ficar fixo, temos
- 3) Em situações em que o eixo pode se encaixar no furo com folga ou com interferência, temos

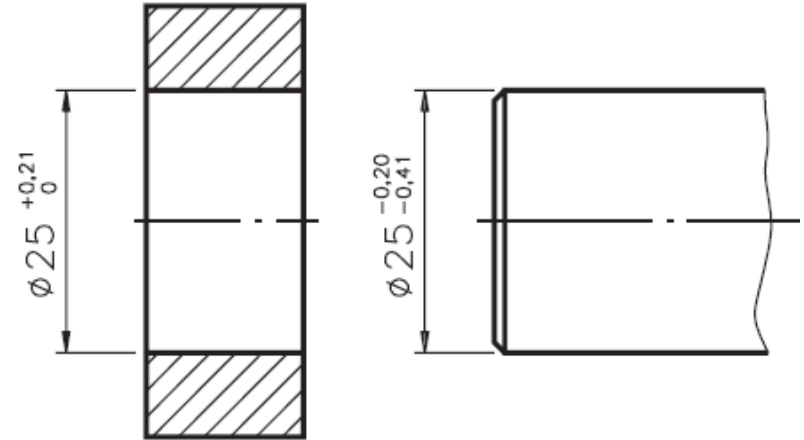


Eixos e furos que se encaixam têm a mesma dimensão nominal, o que varia é o campo de tolerância dessas peças.



Ajuste com folga

Quando o afastamento superior do eixo é menor ou igual ao afastamento inferior do furo, temos um ajuste com folga



Dimensão nominal (eixo e furo): 25 mm.

A dimensão máxima do eixo é: $25 \text{ mm} - 0,20 \text{ mm} = 24,80 \text{ mm}$;

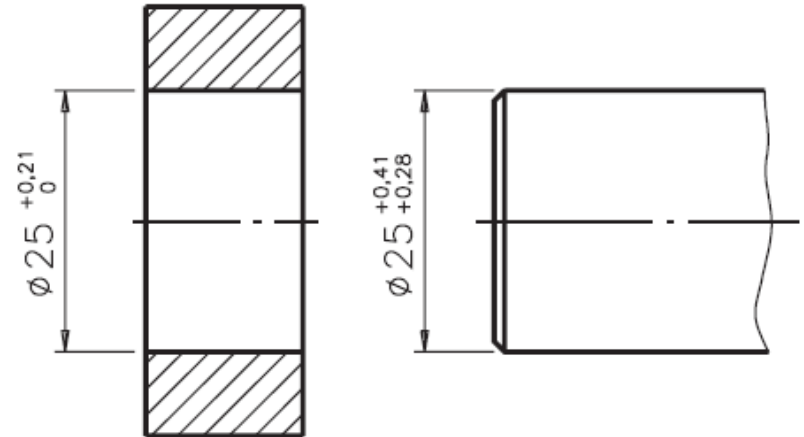
A dimensão mínima do furo é: $25,00 \text{ mm} - 0,00 \text{ mm} = 25,00 \text{ mm}$.

A folga é $25,00 \text{ mm} - 24,80 \text{ mm} = 0,20 \text{ mm}$.



Ajuste com interferência

O afastamento superior do furo é menor ou igual ao afastamento inferior do eixo.



O afastamento superior do furo é : + 0,21 mm

O afastamento inferior do eixo é: + 0,28 mm.

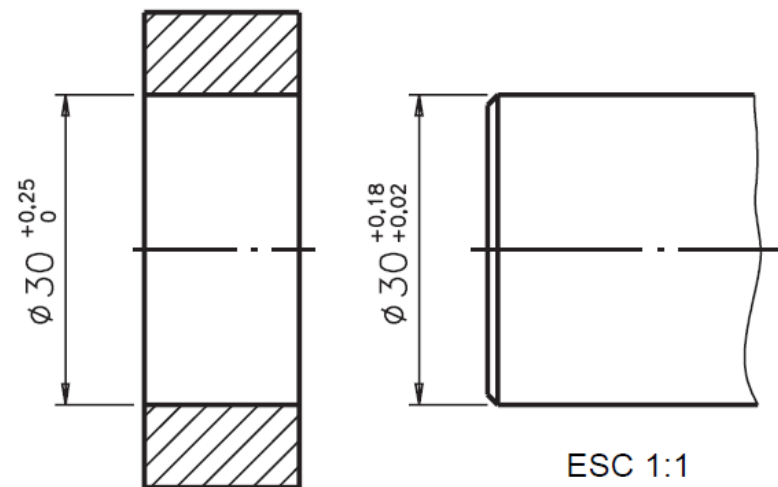
Exemplo: A peça pronta ficou com as seguintes medidas efetivas:
Eixo com $\varnothing 25,28$ mm e furo com $\varnothing 25,21$ mm.

A interferência corresponde a: $25,28$ mm - $25,21$ mm = $0,07$ mm.



Ajuste incerto

É o ajuste intermediário. O afastamento superior do eixo é maior que o afastamento inferior do furo, e o afastamento superior do furo é maior que o afastamento inferior do eixo.



Não sabemos, de antemão, se as peças acopladas vão ser ajustadas com folga ou com interferência. Isso vai depender das dimensões efetivas do eixo e do furo.



Sistema de tolerância e ajustes ABNT/ISO

As tolerâncias não são escolhidas ao acaso. Em 1926, entidades internacionais organizaram um sistema normalizado que acabou sendo adotado no Brasil pela ABNT: o sistema de tolerâncias e ajustes ABNT/ISO (NBR 6158).

O sistema ISO consiste num conjunto de princípios, regras e tabelas que possibilita a escolha racional de tolerâncias e ajustes de modo a tornar mais econômica a produção de peças mecânicas intercambiáveis. Este sistema foi estudado, inicialmente, para a produção de peças mecânicas com até 500 mm de diâmetro; depois, foi ampliado para peças com até 3150 mm de diâmetro. Ele estabelece uma série de tolerâncias fundamentais que determinam a precisão da peça, ou seja, a qualidade de trabalho, uma exigência que varia de peça para peça, de uma máquina para outra.



Sistema de tolerância e ajustes ABNT/ISO

- ✓ A norma brasileira prevê 18 qualidades de trabalho.
- ✓ As qualidades são identificadas pelas letras: IT seguidas de numerais.
- ✓ A cada uma delas corresponde um valor de tolerância.

		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		mecânica extra-precisa					mecânica corrente						mecânica grosseira						

É o caso dos calibradores, que são instrumentos de alta precisão.

peças isoladas, que não requerem grande precisão

Peças que funcionam acopladas a outras.
Se forem eixos -> entre IT 4 e IT 11
Se forem furos -> entre IT 5 e IT 11.



		Variations from Basic Dimensions					
Diameter or Stock Size			.251	.501	.751	1.001	2.001
		to	to	to	to	to	to
		.250	.500	.750	1.000	2.000	4.000
Reaming	Hand	±.0005	±.0005	±.0010	±.0010	±.0020	±.0030
	Machine	±.0010	±.0010	-.0015 +.0010	+.0010 -.0020	±.0020	±.0030
Turning			±.0010	±.0010	±.0010	±.0020	±.0030
Boring			±.0010	±.0010	±.0015	±.0020	±.0030
Automatic screw Machining	Internal		Same as in Drilling, Reaming or Boring				
	External forming	±.0015	±.0020	±.0020	±.0025	±.0025	±.0030
	External shaving	±.0010	±.0010	±.0010	±.0010	±.0015	±.0020
	Shoulder location, turning	±.0050	±.0050	±.0050	±.0050	±.0050	±.0050
	Shoulder location, forming	±.0015	±.0015	±.0015	±.0015	±.0015	±.0015
Milling (single cut)	Straddle milling	±.0020	±.0020	±.0020	±.0020	±.0020	±.0020
	Slotting (width)	±.0015	±.0015	±.0020	±.0020	±.0020	±.0025
	Face milling	±.0020	±.0020	±.0020	±.0020	±.0020	±.0020
	End milling (slot widths)	±.0020	±.0025	±.0025	±.0025		
	Hollow milling		±.0060	±.0080	±.0100		
Broaching	Internal	±.0005	±.0005	±.0005	±.0005	±.0010	±.0015
	Surface (thickness)		±.0010	±.0010	±.0010	±.0015	±.0015
Precision boring	Diameter	+ .0005 -.0000	+ .0005 -.0000	+ .0005 -.0000	+ .0005 -.0000	+ .0005 -.0000	+ .0010 -.0000
	Shoulder depth	±.0010	±.0010	±.0010	±.0010	±.0010	±.0010
Hobbing		±.0005	±.0010	±.0010	±.0010	±.0015	±.0020
Honing		+ .0005 -.0000	+ .0005 -.0000	+ .0005 -.0000	+ .0005 -.0000	+ .0008 -.0000	+ .0010 -.0000
		±.0005	±.0010	±.0010	±.0010	±.0015	±.0020
Shaping (gear)		±.0005	±.0005	±.0005	±.0005	±.0008	±.0010
Burnishing		±.0005	±.0005	±.0005	±.0005	±.0008	±.0010
Grinding	Cylindrical (external)	+ .0000 -.0005	+ .0000 -.0005	+ .0000 -.0005	+ .0000 -.0005	+ .0000 -.0005	+ .0000 -.0005
			+ .0005 -.0000	+ .0005 -.0000	+ .0005 -.0000	+ .0005 -.0000	+ .0005 -.0000
	Centerless	+ .0000 -.0005	+ .0000 -.0005	+ .0000 -.0005	+ .0000 -.0005	+ .0000 -.0005	+ .0000 -.0005
			+ .0000	+ .0000	+ .0000	+ .0000	+ .0000
	Surface (thickness)	+ .0000 -.0020	+ .0000 -.0020	+ .0000 -.0030	+ .0000 -.0030	+ .0000 -.0040	+ .0000 -.0050



Roughness Average R,— Micrometers, μm (microinches $\mu\text{in.}$)

Process	50 (2000)	25 (1000)	12.5 (500)	6.3 (250)	3.2 (125)	1.6 (63)	0.80 (32)	0.40 (16)	0.20 (8)	0.10 (4)	0.05 (2)	0.025 (1)	0.012 (0.5)
Flame cutting	[Average Application]												
Snagging	[Average Application]												
Sawing	[Average Application]												
Planing, shaping	[Average Application]												
Drilling	[Average Application]												
Chemical milling	[Average Application]												
Elect. discharge mach.	[Average Application]												
Milling	[Average Application]												
Broaching	[Average Application]												
Reaming	[Average Application]												
Electron beam	[Average Application]												
Laser	[Average Application]												
Electrochemical	[Average Application]												
Boring, turning	[Average Application]												
Barrel finishing	[Average Application]												
Electrolytic grinding	[Average Application]												
Roller burnishing	[Average Application]												
Grinding	[Average Application]												
Honing	[Average Application]												
Electropolish	[Average Application]												
Polishing	[Average Application]												
Lapping	[Average Application]												
Superfinishing	[Average Application]												
Sand casting	[Average Application]												
Hot rolling	[Average Application]												
Forging	[Average Application]												
Perm mold casting	[Average Application]												
Investment casting	[Average Application]												
Extruding	[Average Application]												
Cold rolling, drawing	[Average Application]												
Die casting	[Average Application]												

The ranges shown above are typical of the process listed.

KEY [Average Application]

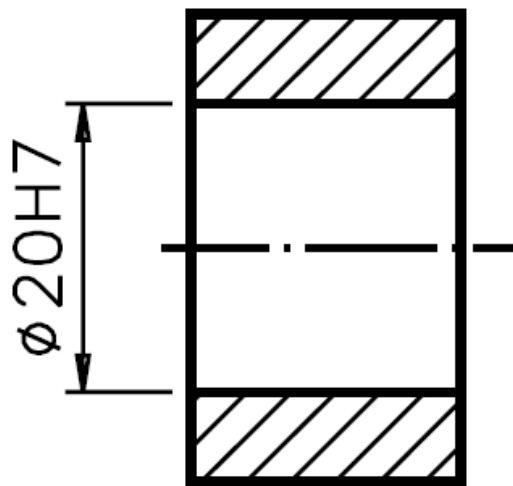
Higher or lower values may be obtained under special conditions.

[Less Frequent Application]



Sistema de tolerância e ajustes ABNT/ISO

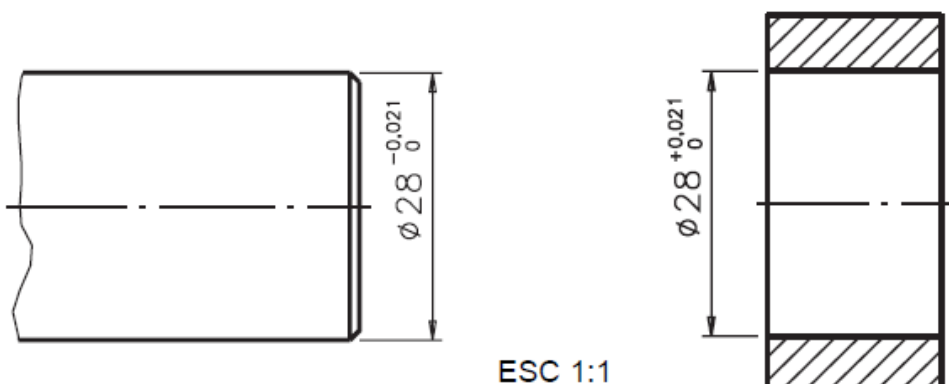
Nos desenhos técnicos, a qualidade de trabalho vem indicada apenas pelo numeral, sem o IT. Antes do numeral vem uma ou duas letras, que representam o campo de tolerância no sistema ISO. Veja um exemplo.



A dimensão nominal da cota é 20 mm. A tolerância é indicada por H7.

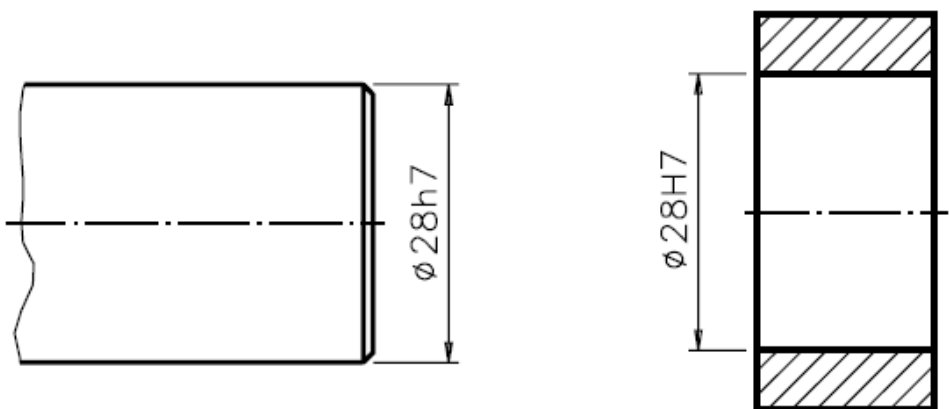


Campos de tolerância ISO



	Eixo	Furo
Dimensão máxima:	28,000	28,021
Dimensão mínima:	- 27,979	- 28,000
Tolerância:	0,021	0,021

Os campos de tolerâncias das duas peças são diferentes!



Os campos de tolerância para **eixo** são representados por letras **minúsculas**, e os **furos** por letra **maiúscula** conforme a ilustração.



Campos de tolerância ISO

O sistema ISO estabelece 28 campos de tolerâncias, identificados por letras do alfabeto latino. Cada letra está associada a um determinado campo de tolerância.

Eixos

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

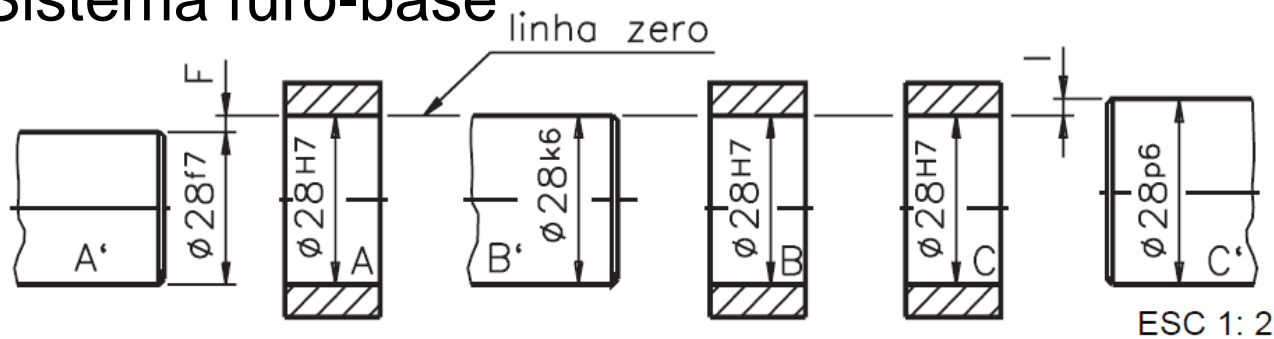
Furos

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



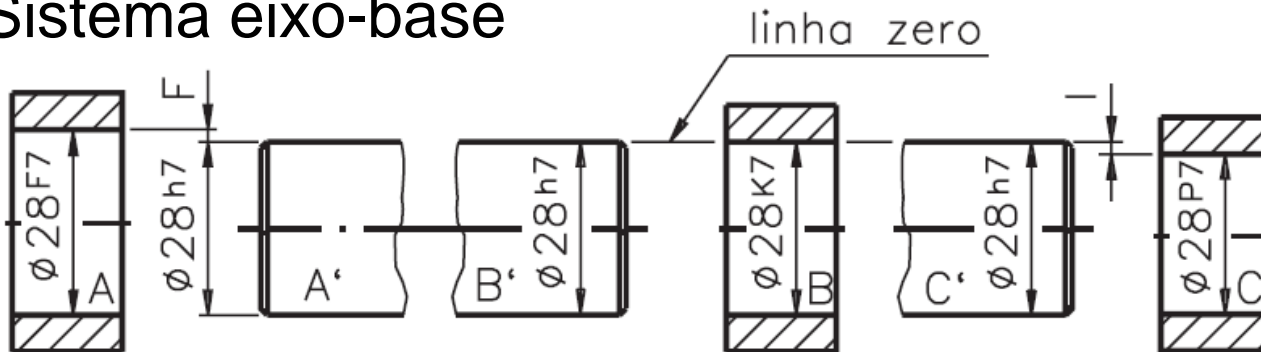
Campos de tolerância ISO

Sistema furo-base



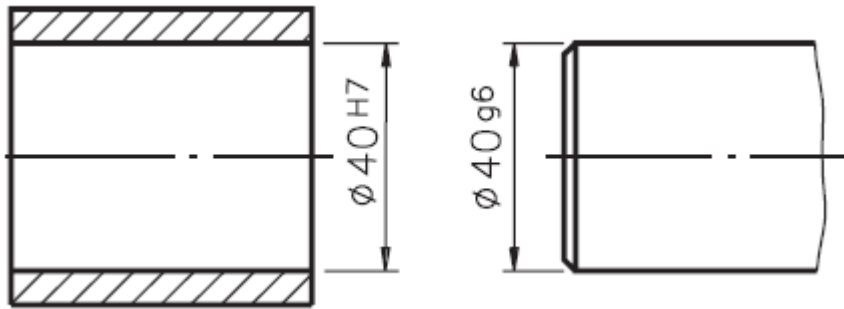
Entre os dois sistemas, o furo-base é o que tem maior aceitação.

Sistema eixo-base





Interpretação de tolerâncias no sistema ABNT/ISO



A letra H representa tolerância de furo padrão; o número 7 indica a qualidade de trabalho, que no caso corresponde a uma mecânica de precisão.

Dimensão nominal mm		Furo ^{af. inf.} / _{af. sup.}	EIXOS								
acima de	até		afastamento superior afastamento inferior								
		H7	f7	g6	h6	j6	k6	m6	n6	p6	r6
30	40	0 +25	-25 -50	-9 -25	0 -16	+11 -5	+18 +2	+25 +9	+33 +17	+42 +26	+50 +34

Lembre-se de que, nesta tabela, as medidas estão expressas em microns.



Interpretação de tolerâncias no sistema ABNT/ISO

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
30	40	0 +25	-25 -50	-9 -25	0 -16	+11 -5	+18 +2	+25 +9	+33 +17	+42 +26	+50 +34

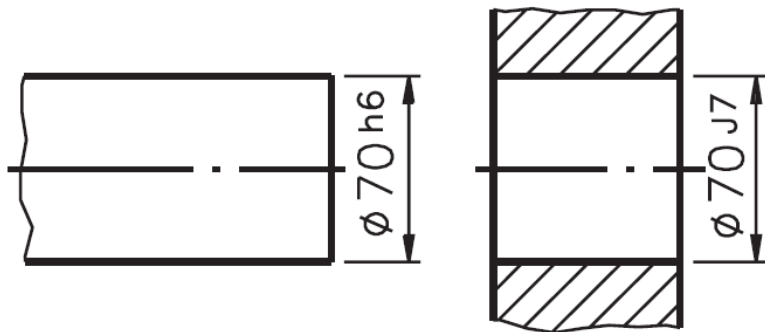
Superior = $-9\mu\text{m} = -0,009\text{mm}$.
 Inferior = $-25\mu\text{m} = -0,025\text{mm}$.

Dimensão nominal: 40,000
 Afastamento superior: - 0,009
 Dimensão máxima: 39,991

Dimensão nominal: 40,000
 Afastamento inferior: - 0,025
 Dimensão mínima: 39,975



Interpretação de tolerâncias no sistema ABNT/ISO



A tolerância do furo é J7 e a tolerância do eixo é h6. O h indica que se trata de um ajuste no sistema eixo-base.

Dimensão nominal mm		Eixo ^{af. sup} _{af. inf}	F U R O S								
acima de	até		afastamento inferior					afastamento superior			
			F7	G7	H7	J7	K7	M7	N7	P7	R7
65	80	0 -19	+30 +49	+10 +40	0 +30	-12 +18	-21 +9	-30 0	-39 -9	-51 -21	-62 -32

O afastamento superior do eixo é $0\mu\text{m}$ e o inferior é $-19\mu\text{m}$. Para o furo de tolerância J7, o afastamento superior é $+18\mu\text{m}$ e o afastamento inferior é $-12\mu\text{m}$.

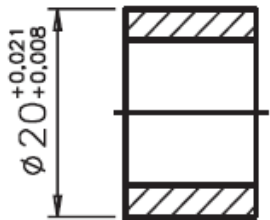


Exercícios

1) Tomando como base o desenho anterior, do eixo e do furo consulte a tabela e calcule:

a) dimensão máxima do eixo; b) dimensão mínima do eixo; c) dimensão máxima do furo; d) dimensão mínima do furo.

2) Tomando como base o desenho abaixo, calcule:



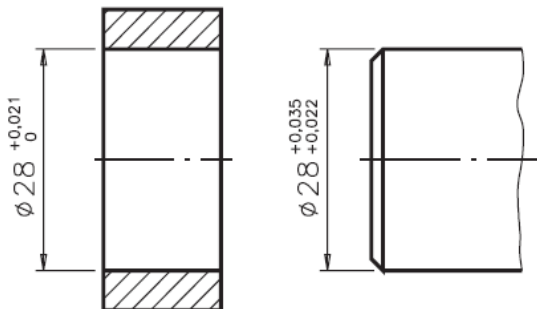
a) dimensão nominal:; b) afastamento superior:.....;
 c) afastamento inferior:.....; d) dimensão máxima:.....;
 e) dimensão mínima:.....

3) Faça um traço embaixo das medidas que se encontram no campo de tolerância da cota $16^{+0,18}_{-0,05}$.

a) 16 mm b) 15,5 mm c) 16,05 mm d) 15,82 mm e) 15,95 mm

4) Calcule a tolerância da cota $28^{-0,13}_{-0,20}$

5) Analise o desenho técnico cotado, observe os afastamentos e assinale com um X o tipo de ajuste correspondente.



a) () ajuste com interferência;
 b) () ajuste com folga;
 c) () ajuste incerto.

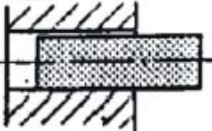
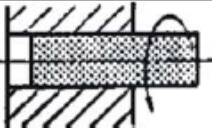
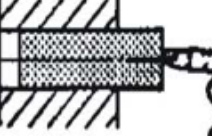

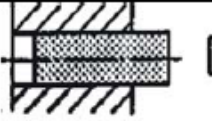
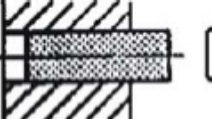
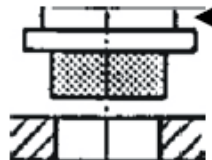
AJUSTES RECOMENDADOS						
TIPO DE AJUSTE	EXEMPLO DE AJUSTE	EXTRA-PRECISO	MECÂNICA PRECISA	MECÂNICA MÉDIA	MECÂNICA ORDINÁRIA	EXEMPLO DE APLICAÇÃO
LIVRE	 <p>Montagem à mão, podendo girar sem esforço.</p>	H6 e7	H7 e7 H7 e8	H11 e9	H11a11	Peças cujos funcionamentos necessitam de folga por força de dilatação, ou mau alinhados, 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, corredeiras, etc
DESLIZANTE JUSTO	 <p>Montagem a mão, porém necessitando de algum esforço.</p>	H6 h5	H7 h6			Encaixes fixos de precisão, órgãos lubrificados descartáveis à mão. Ex: punções, guias, etc.
ADERENTE FORÇADO LEVE	 <p>Montagem com auxílio de martelo.</p>	H6 j5	H7 j6			Órgãos que necessitam freqüentes desmontagens. Ex: polias, engrenagens, rolamentos, etc.
FORÇADO DURO	 <p>Montagem com auxílio de martelo pesado.</p>	H6 m5	H7 m6			Órgãos 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.

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)	IT4 ^(B)	IT5 ^(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)												(mm)					
-	3 ^(D)	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	1	1,4
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
120	180	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0,4	0,63	1	1,6	2,5	4	6,3
180	250	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	7,2
250	315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	8,1
315	400	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	8,9
400	500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,5	4	6,3	9,7
500	630 ^(E)	9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	4,4	7	11
630	800 ^(E)	10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0,8	1,25	2	3,2	5	8	12,5
800	1000 ^(E)	11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6	9	14
1000	1250 ^(E)	13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1,05	1,65	2,6	4,2	6,6	10,5	16,5
1250	1600 ^(E)	15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5	7,8	12,5	19,5
1600	2000 ^(E)	18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6	9,2	15	23
2000	2500 ^(E)	22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1,75	2,8	4,4	7	11	17,5	28
2500	3150 ^(E)	26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2,1	3,3	5,4	8,6	13,5	21	33

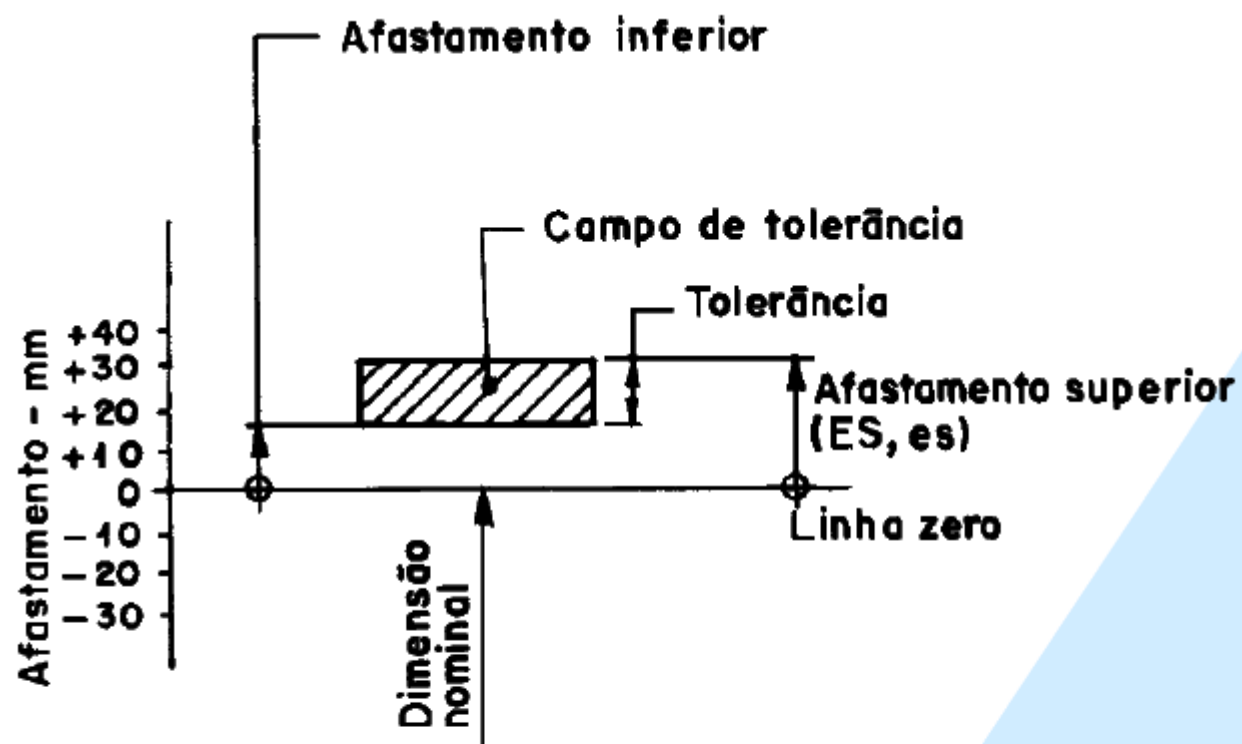
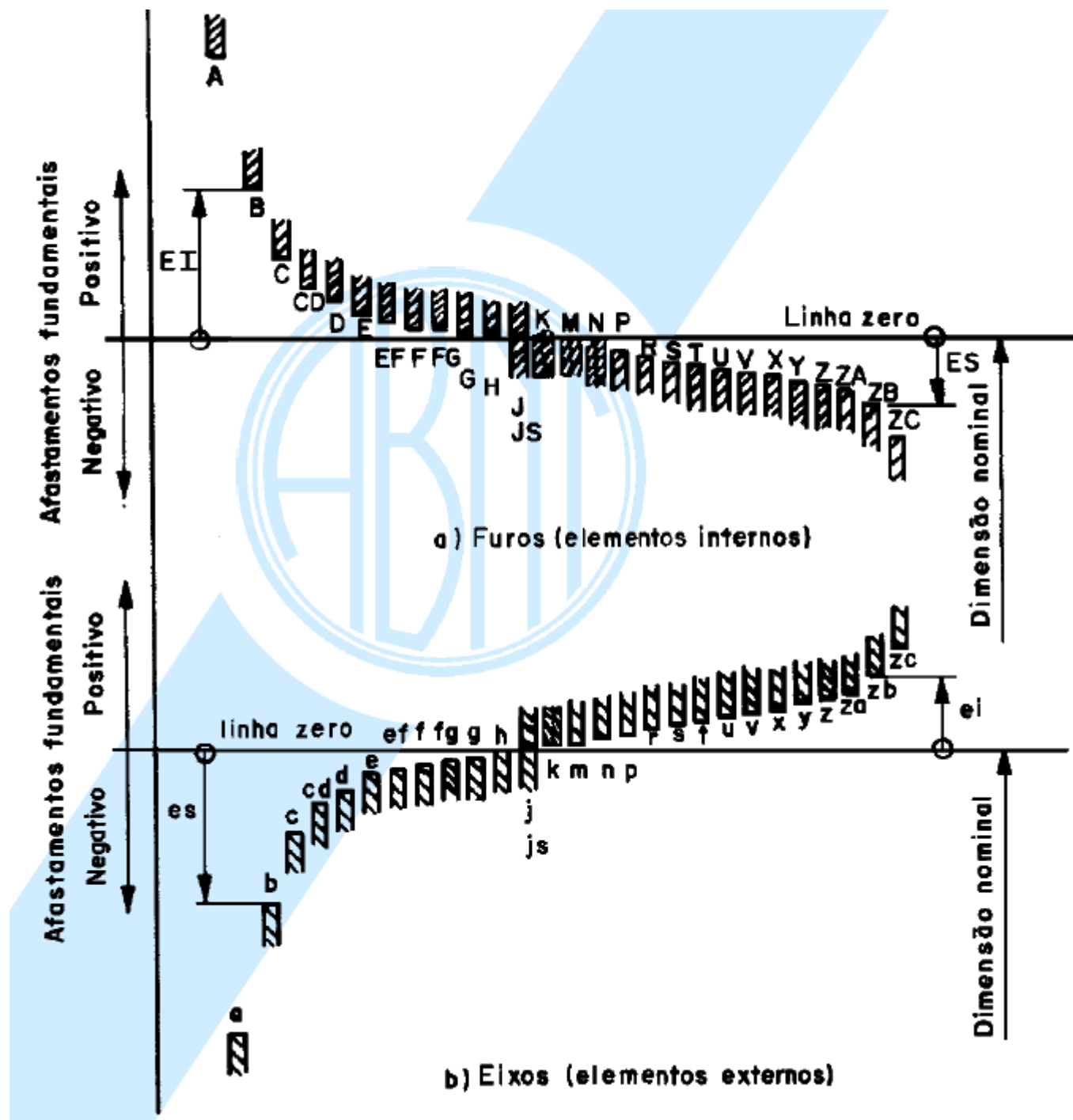
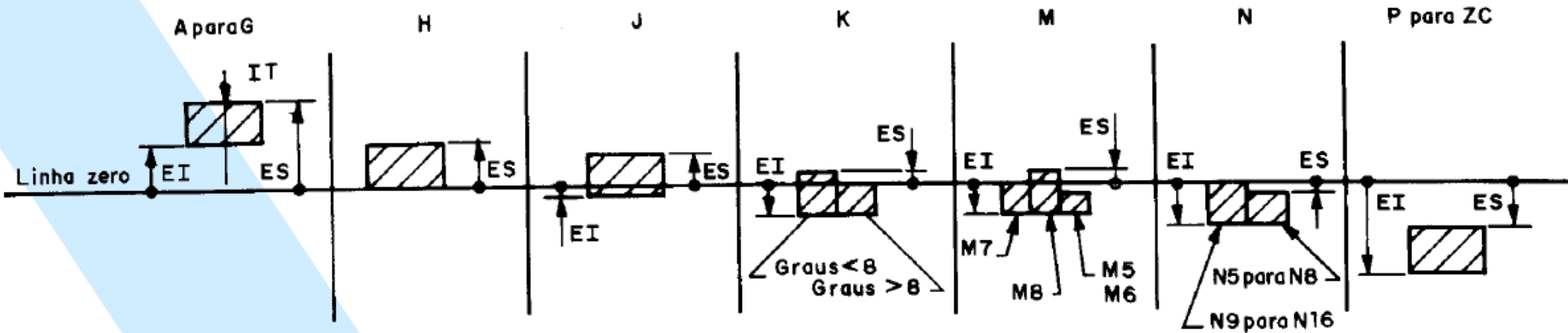


Figura 2 - Representação convencional de um campo de tolerância





Afastamentos

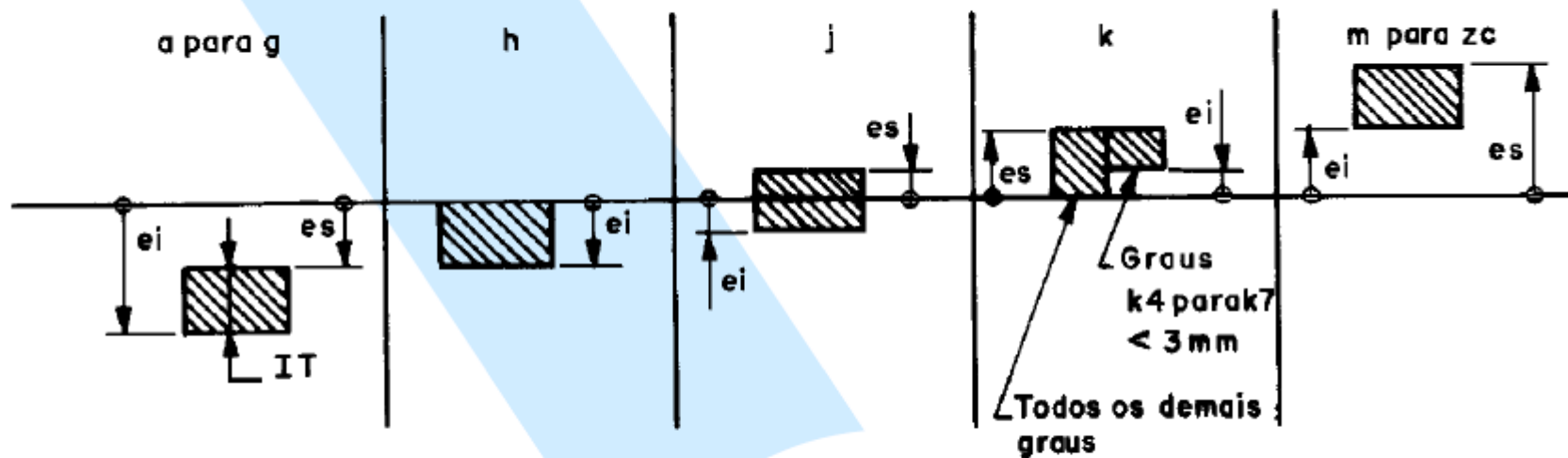


Nota: $TE - ES = EI + IT$ ou
 $EI = ES - IT$

a) FUROS



Afastamentos



Nota: $ei = es - IT$ ou
 $es = ei + IT$



b) EIXOS



Tabela 22 - Afastamentos limites para furos T e U

ES = Afastamento limite superior

EI = Afastamento limite inferior



Afastamento: μm

Dimensão nominal (mm)		T ^W				U					
Acima	Até e inclusive	5	6	7	8	5	6	7	8	9	10
-	3					-18	-18	-18	-18	-18	-18
						-22	-24	-28	-32	-43	-58
3	6					-22	-20	-19	-23	-23	-23
						-27	-28	-31	-41	-53	-71
6	10					-26	-25	-22	-28	-28	-28
						-32	-34	-37	-50	-64	-86
10	18					-30	-30	-26	-33	-33	-33
						-38	-41	-44	-60	-76	-103
18	24					-38	-37	-33	-41	-41	-41
						-47	-50	-54	-74	-93	-125
24	30	-38	-37	-33	-41	-45	-44	-40	-48	-48	-48
		-47	-50	-54	-74	-54	-57	-61	-81	-100	-132
30	40	-44	-43	-39	-48	-56	-55	-51	-60	-60	-60
		-55	-59	-64	-87	-67	-71	-76	-99	-122	-160
40	50	-50	-49	-45	-54	-66	-65	-61	-70	-70	-70
		-61	-65	-70	-93	-77	-81	-86	-109	-132	-170

Dimensão nominal (mm)		T			U		
Acima	Até e inclusive	6	7	8	6	7	8
500	560	-400	-400	-400	-600	-600	-600
		-444	-470	-510	-644	-670	-710
560	630	-450	-450	-450	-660	-660	-660
		-494	-520	-560	-704	-730	-770
630	710	-500	-500	-500	-740	-740	-740
		-550	-580	-625	-790	-820	-865
710	800	-560	-560	-560	-840	-840	-840
		-610	-640	-685	-890	-920	-965
800	900	-620	-620	-620	-940	-940	-940
		-676	-710	-760	-996	-1030	-1080
900	1000	-680	-680	-680	-1050	-1050	-1050
		-736	-770	-820	-1106	-1140	-1190
1000	1120	-780	-780	-780	-1150	-1150	-1150
		-846	-885	-945	-1216	-1255	-1315
1120	1250	-840	-840	-840	-1300	-1300	-1300
		-906	-945	-1005	-1366	-1405	-1465



Tabela 38 - Afastamentos limites para eixos t e u

es = Afastamento limite superior
ei = Afastamento limite inferior



Afastamento: μm

Dimensão nominal (mm)		$t^{(A)}$					u					Dimensão nominal (mm)		$t^{(A)}$			u		
Acima	Até e inclusive	5	6	7	8	5	6	7	8	9	Acima	Até e inclusive	6	7	6	7	8		
-	3					+22 +18	+24 +18	+28 +18	+32 +18	+43 +18	500	560	+444 +400	+470 +400	+644 +600	+670 +600	+710 +600		
3	6					+28 +23	+31 +23	+35 +23	+41 +23	+53 +23	560	630	+494 +450	+520 +450	+704 +660	+730 +660	+770 +660		
6	10					+34 +28	+37 +28	+43 +28	+50 +28	+64 +28	630	710	+550 +500	+580 +500	+790 +740	+820 +740	+865 +740		
10	18					+41 +33	+44 +33	+51 +33	+60 +33	+76 +33	710	800	+610 +560	+640 +560	+890 +840	+920 +840	+965 +840		
18	24					+50 +41	+54 +41	+62 +41	+74 +41	+93 +41	800	900	+676 +620	+710 +620	+996 +940	+1030 +940	+1080 +940		
24	30	+50 +41	+54 +41	+62 +41	+74 +41	+57 +48	+61 +48	+69 +48	+81 +48	+100 +48	900	1000	+736 +680	+770 +680	+1106 +1050	+1140 +1050	+1190 +1050		
30	40	+59 +48	+64 +48	+73 +48	+87 +48	+71 +60	+76 +60	+85 +60	+99 +60	+122 +60	1000	1120	+846 +780	+885 +780	+1216 +1150	+1255 +1150	+1315 +1150		
40	50	+65 +54	+70 +54	+79 +54	+93 +54	+81 +70	+86 +70	+95 +70	+109 +70	+32 +70	1120	1250	+906 +840	+945 +840	+1366 +1300	+1405 +1300	+1465 +1300		

Tabela 3 - Valores numéricos dos afastamentos fundamentais para furos

Dimensão nominal (mm)	Afastamento inferior EI												Afastamentos fundamentais (µm)								Afastamento superior ES												Valores para Δ (µm)								
	Todos os graus de tolerância-padrão												IT6	IT7	IT8	Até IT8 (Incl.)	Acima de IT8	Até IT8 (Incl.)	Acima de IT8	Até IT8 (Incl.)	Acima de IT8	Até IT7 (Incl.)	Graus de tolerância-padrão acima de IT7												Graus de tolerância-padrão						
	Acima	Até e Inclusive	A ^(A)	B ^(A)	C	CD	D	E	EF	F	FG	G											H	JS ^(A)	J	K ^(B)	M ^(C/D)	N ^(E/F)	P até ZC ^(G)	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC
-	3 ^(A)	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0	JS ^(A)	+2	+4	+6	0	0	-2	-2	-4	-4	-6	-10	-14		-18		-20		-26	-32	-40	-60	0	0	0	0	0	0	
3	6	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0	JS ^(A)	+5	+6	+10	-1 + Δ		-4 + Δ	-4	-8 + Δ	0	-12	-15	-19		-23		-28		-35	-42	-50	-80	1	1,5	1	3	4	6	
6	10	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0	JS ^(A)	+5	+8	+12	-1 + Δ		-6 + Δ	-6	-10 + Δ	0	-15	-19	-23		-28		-34		-42	-52	-67	-97	1	1,5	2	3	6	7	
10	14	+290	+150	+95		+50	+32		+16		+6	0	JS ^(A)	+6	+10	+15	-1 + Δ		-7 + Δ	-7	-12 + Δ	0	-18	-23	-28		-33		-40		-50	-64	-90	-130	1	2	3	3	7	9	
14	18																																								
18	24	+300	+160	+110		+65	+40		+20		+7	0	JS ^(A)	+8	+12	+20	-2 + Δ		-8 + Δ	-8	-15 + Δ	0	-22	-28	-35		-41	-47	-54	-63	-73	-98	-136	-188	1,5	2	3	4	8	12	
24	30																																								
30	40	+310	+170	+120		+80	+50		+25		+9	0	JS ^(A)	+10	+14	+24	-2 + Δ		-9 + Δ	-9	-17 + Δ	0	-25	-34	-43		-48	-60	-68	-80	-94	-112	-148	-200	-274	1,5	3	4	5	9	14
40	50	+320	+180	+130																																					
50	65	+340	+190	+140		+100	+60		+30		+10	0	JS ^(A)	+13	+18	+28	-2 + Δ		-11 + Δ	-11	-20 + Δ	0	-32	-41	-53	-66	-87	-102	-122	-144	-172	-226	-300	-405	2	3	5	6	11	16	
65	80	+360	+200	+150																																					
80	100	+380	+220	+170		+120	+72		+36		+12	0	JS ^(A)	+16	+22	+34	-3 + Δ		-13 + Δ	-13	-23 + Δ	0	-37	-51	-71	-91	-124	-146	-178	-214	-258	-335	-445	-585	2	4	5	7	13	19	
100	120	+410	+240	+180																																					
120	140	+460	+260	+200		+145	+85		+43		+14	0	JS ^(A)	+18	+26	+41	-3 + Δ		-15 + Δ	-15	-27 + Δ	0	-43	-63	-92	-122	-170	-202	-248	-300	-365	-470	-620	-800	3	4	6	7	15	23	
140	160	+520	+280	+210																																					
160	180	+580	+310	+230		+170	+100		+50		+15	0	JS ^(A)	+22	+30	+47	-4 + Δ		-17 + Δ	-17	-31 + Δ	0	-50	-68	-108	-146	-210	-252	-310	-380	-465	-600	-780	-1000	3	4	6	9	17	26	
180	200	+660	+340	+240																																					
200	225	+740	+380	+260		+190	+110		+56		+17	0	JS ^(A)	+25	+36	+55	-4 + Δ		-20 + Δ	-20	-34 + Δ	0	-56	-77	-122	-166	-236	-284	-350	-425	-520	-670	-880	-1150	3	4	6	9	17	26	
225	250	+820	+420	+280																																					
250	280	+920	+480	+300		+210	+125		+62		+18	0	JS ^(A)	+29	+39	+60	-4 + Δ		-21 + Δ	-21	-37 + Δ	0	-62	-94	-158	-218	-315	-385	-475	-580	-710	-920	-1200	-1550	4	4	7	9	20	29	
280	315	+1050	+540	+330																																					
315	355	+1200	+600	+360		+210	+125		+62		+18	0	JS ^(A)	+29	+39	+60	-4 + Δ		-21 + Δ	-21	-37 + Δ	0	-62	-108	-190	-268	-390	-475	-590	-730	-900	-1150	-1500	-1900	4	5	7	11	21	32	
355	400	+1350	+680	+400																																					

$$\text{Afastamento} = \pm \frac{ITn}{2} \text{, onde n é o valor IT}$$

Valores para graus de tolerância-padrão acima de IT7 acrescidos por Δ

Tabela 34 - Afastamentos limites para eixos m e n

es = Afastamento limite superior
ei = Afastamento limite inferior

Afastamento: μm

Dimensão nominal (mm)		m							n						
Acima	Até e inclusive	3	4	5	6	7	8	9	3	4	5	6	7	8	9
-	3	+4 +2	+5 +2	+6 +2	+8 +2	+12 +2	+16 +2	+27 +2	+6 +4	+7 +4	+8 +4	+10 +4	+14 +4	+18 +4	+29 +4
3	6	+6,5 +4	+8 +4	+9 +4	+12 +4	+16 +4	+22 +4	+34 +4	+10,5 +8	+12 +8	+13 +8	+16 +8	+20 +8	+26 +8	+38 +8
6	10	+8,5 +6	+10 +6	+12 +6	+15 +6	+21 +6	+28 +6	+42 +6	+12,5 +10	+14 +10	+16 +10	+19 +10	+25 +10	+32 +10	+46 +10
10	18	+10 +7	+12 +7	+15 +7	+18 +7	+25 +7	+34 +7	+50 +7	+15 +12	+17 +12	+20 +12	+23 +12	+30 +12	+39 +12	+55 +12
18	30	+12 +8	+14 +8	+17 +8	+21 +8	+29 +8	+41 +8	+60 +8	+19 +15	+21 +15	+24 +15	+28 +15	+36 +15	+48 +15	+67 +15
30	50	+13 +9	+16 +9	+20 +9	+25 +9	+34 +9	+48 +9	+71 +9	+21 +17	+24 +17	+28 +17	+33 +17	+42 +17	+56 +17	+79 +17

/continua

Tabela 2 - Valores numéricos dos afastamentos fundamentais para eixos

Dimensão nominal		Afastamento superior es											Afastamentos fundamentais (µm)					Afastamento inferior ei														
(mm)		Todos os graus de tolerância-padrão											IT5 e IT6	IT7	IT8	IT4 até IT7	Até IT3 (inclusive e acima de IT7)	Todos os graus de tolerância-padrão														
Acima	Até e inclusive	a ^(A)	b ^(A)	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js ^(B)	j	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc			
-	3 ^{A)}	-270	-140	-80	-34	-20	-14	-10	-8	-4	-2	0	$IT_n = \frac{IT_n}{2}$, onde n é o valor IT	-2	-4	-6	0	0	+2	+4	+6	+10	+14		+18		+20		+26	+32	+40	+60
3	6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0		-2	-4	+1	0	+4	+8	+12	+15	+19		+23		+28		+35	+42	+50	+80	
6	10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0		-2	-5	+1	0	+6	+10	+15	+19	+23		+28		+34		+42	+52	+67	+97	
10	14	-290	-150	-95		-50	-32		-16		-6	0		-3	-6	+1	0	+7	+12	+18	+23	+28		+33		+40		+50	+64	+90	+130	
14	18																															
18	24	-300	-180	-110		-65	-40		-20		-7	0		-4	-8	+2	0	+8	+15	+22	+28	+35		+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188	
24	30																															
30	40	-310	-170	-120		-80	-50		-25		-9	0		-5	-10	+2	0	+9	+17	+26	+34	+43	+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274	
40	50	-320	-180	-130																										+54	+70	+81
50	65	-340	-190	-140		-100	-60		-30		-10	0		-7	-12	+2	0	+11	+20	+32		+41	+53	+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405
65	80	-360	-200	-150																										+43	+59	+75
80	100	-380	-220	-170		-120	-72		-36		-12	0		-9	-15	+3	0	+13	+23	+37		+51	+71	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585
100	120	-410	-240	-180																										+54	+79	+104
120	140	-460	-260	-200		-145	-85		-43		-14	0		-11	-18	+3	0	+15	+27	+43		+63	+92	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800
140	160	-520	-280	-210																										+65	+100	+134
160	180	-580	-310	-230										-11	-18	+3	0	+15	+27	+43		+68	+108	+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000
180	200	-660	-340	-240																									+77	+122	+166	+236
200	225	-740	-380	-260		-170	-100		-50		-15	0	-13	-21	+4	0	+17	+31	+50		+80	+130	+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250	
225	250	-820	-420	-280																									+84	+140	+196	+284

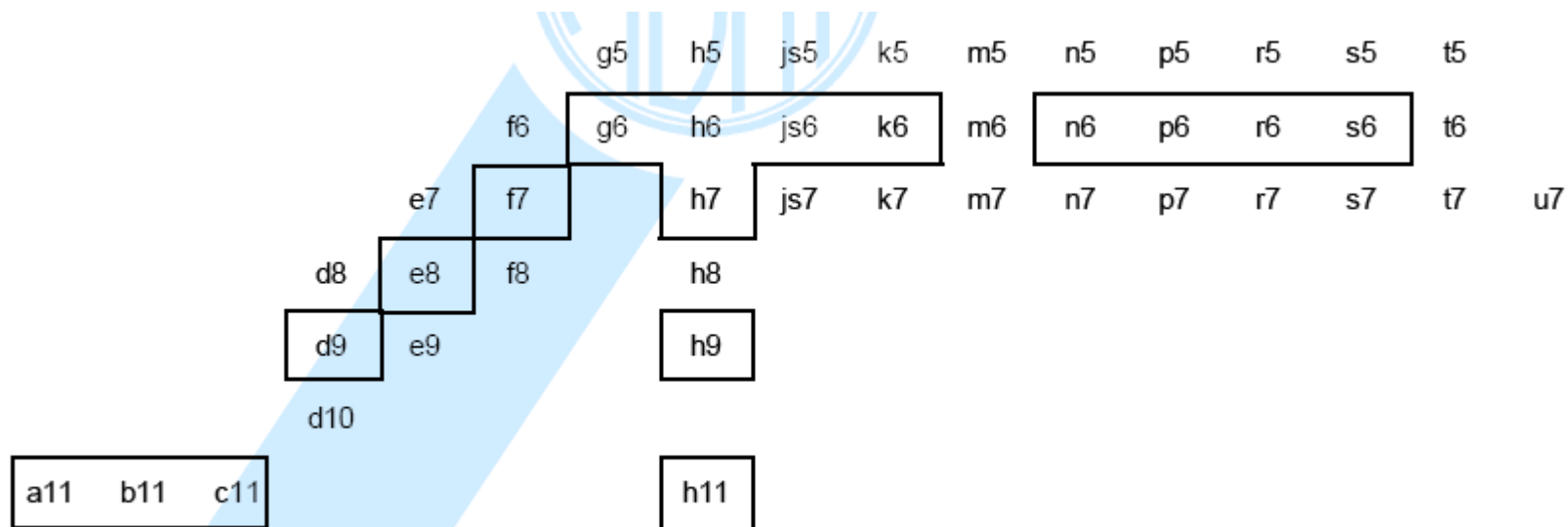
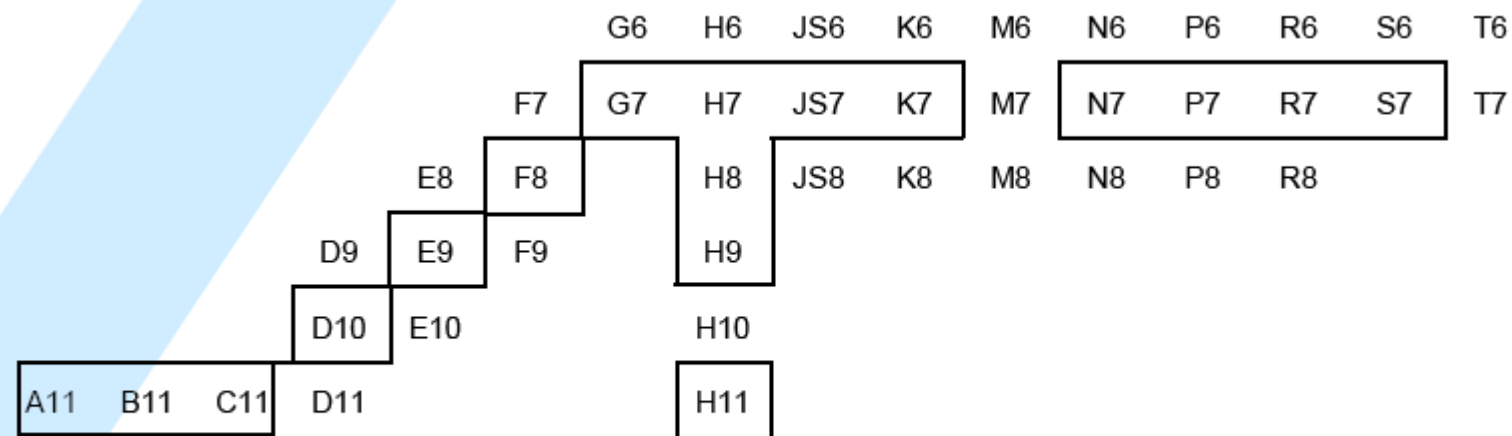


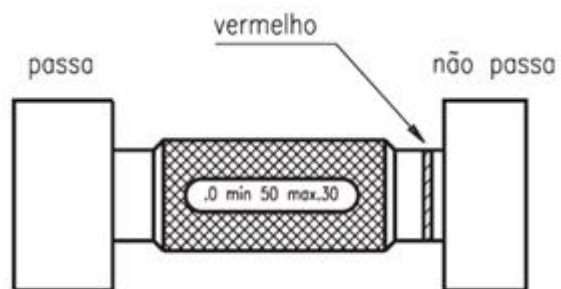
Figura 19 - Classes de tolerâncias selecionadas para eixos



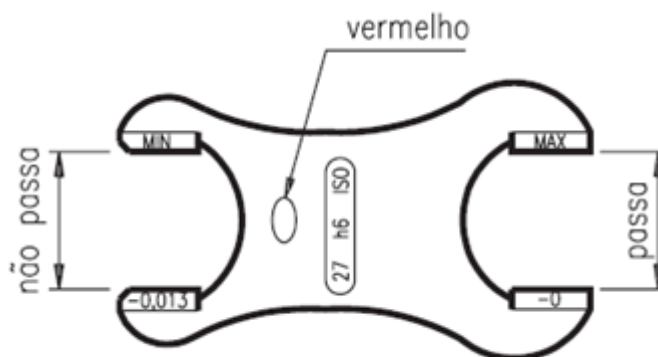
Nota: Os afastamentos js e Js podem ser substituídos pelos afastamentos j e J.

Figura 20 - Classes de tolerâncias selecionadas para furos

Exemplos de Calibradores



calibrador tampão de tolerância
(passa/não-passa) 50 H7 ISO



calibrador de boca 27 h6 ISO