

INSPEÇÃO E METROLOGIA

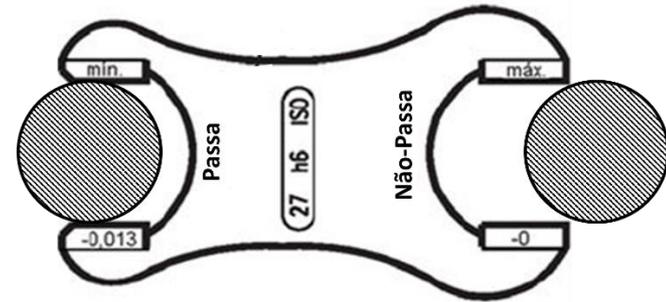
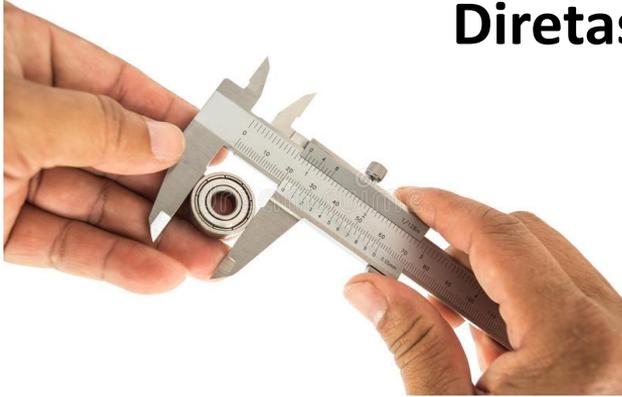
- Metrologia, em um sentido mais amplo, é o estudo das *unidades de medida e dos processos de medição*.
- Tudo o que é fabricado, quer seja por usinagem ou por qualquer outro processo de manufatura, não termina com todas as suas dimensões exatamente iguais às idealizadas mentalmente na concepção do projeto.
- Usam-se tolerâncias, que permitem variações dimensionais ainda dentro dos limites aceitáveis para o desempenho do produto.
- O controle dimensional consiste, pois, na aplicação de processos que permitam manter as variações dimensionais de fabricação dentro dos limites aceitáveis, ou seja, das tolerâncias especificadas em projeto.
- A inspeção dimensional é parte de um processo mais amplo destinado ao controle de qualidade em processos de manufatura

INSPEÇÃO E METROLOGIA

- Para a medição selecionam-se instrumentos, ou dispositivos de medição adequados, tendo-se em mente sua adequação em termos de resolução, repetibilidade e exatidão.
- **Resolução:** é a menor leitura que um instrumento de medição é capaz de fornecer, ou seja, é sua menor divisão.
- **Repetibilidade:** é a capacidade que o instrumento tem de ser repetitivo, ou seja, de medir sempre o mesmo valor.
- **Exatidão:** é a diferença entre a leitura obtida com o instrumento e o valor real da dimensão.
- O valor real pode ser um conceito muito abstrato, mas este será considerado o real, quando medido por um instrumento mais exato, até que se chegue ao padrão absoluto. Como padrão absoluto tem-se o metro (m), que é "o comprimento do trajeto percorrido pela luz no vácuo durante um intervalo de tempo de $1/299\,792\,458$ de segundo". Na indústria, em geral, pode-se usar os Blocos-Padrões, os quais foram medidos por máquinas e instrumentos que possuem uma rastreabilidade até o metro-padrão.

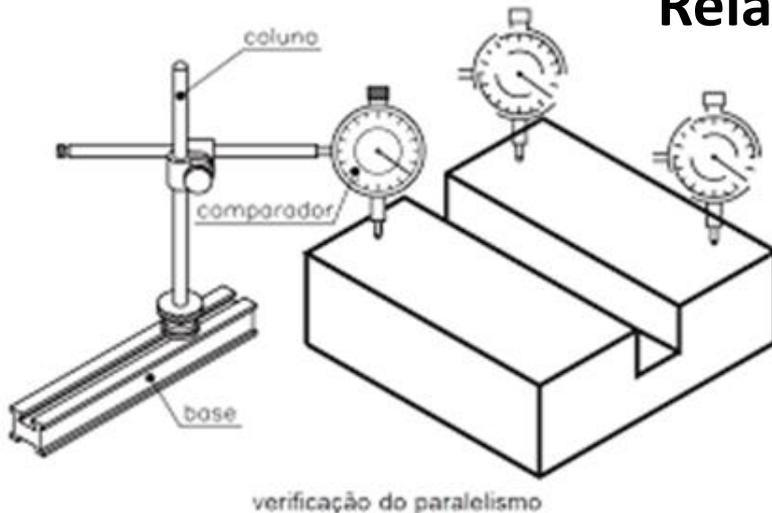
INSPEÇÃO E METROLOGIA

Diretas



Indiretas

Relativas



Medições podem ser de 3 tipos: medições diretas, indiretas ou relativas.

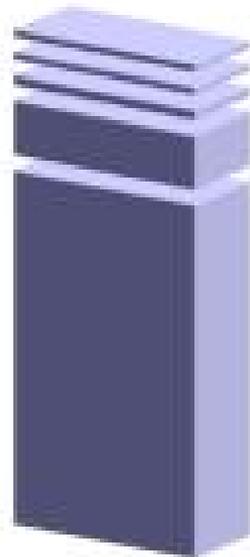
INSPEÇÃO E METROLOGIA

Blocos Padrões



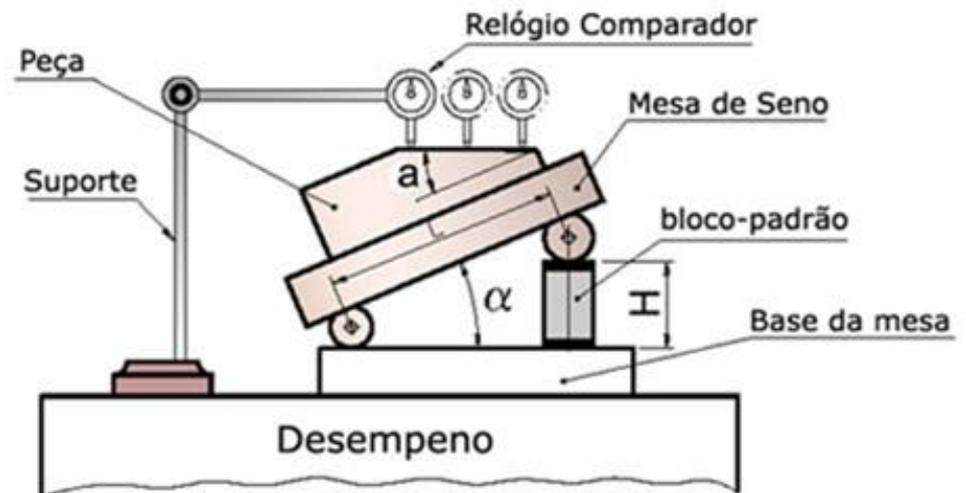
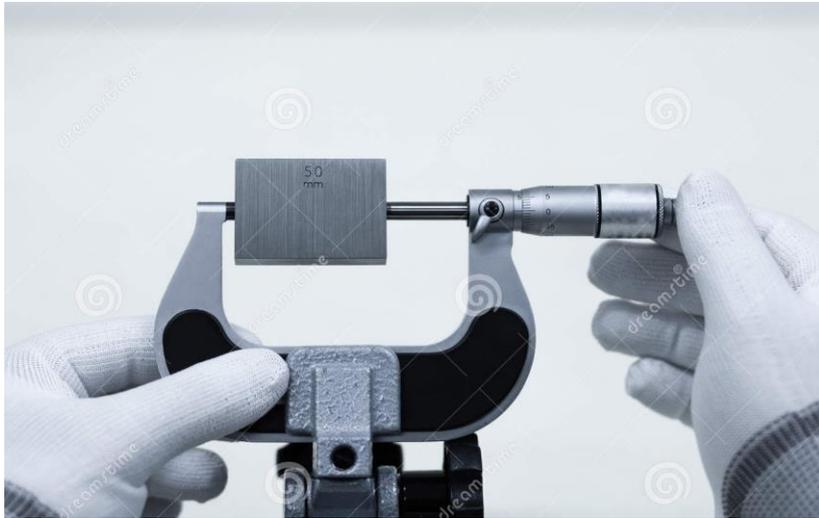
72,467mm =

1. 1,007mm +
2. 1,06mm +
3. 1,4mm +
4. 9mm +
5. 60mm



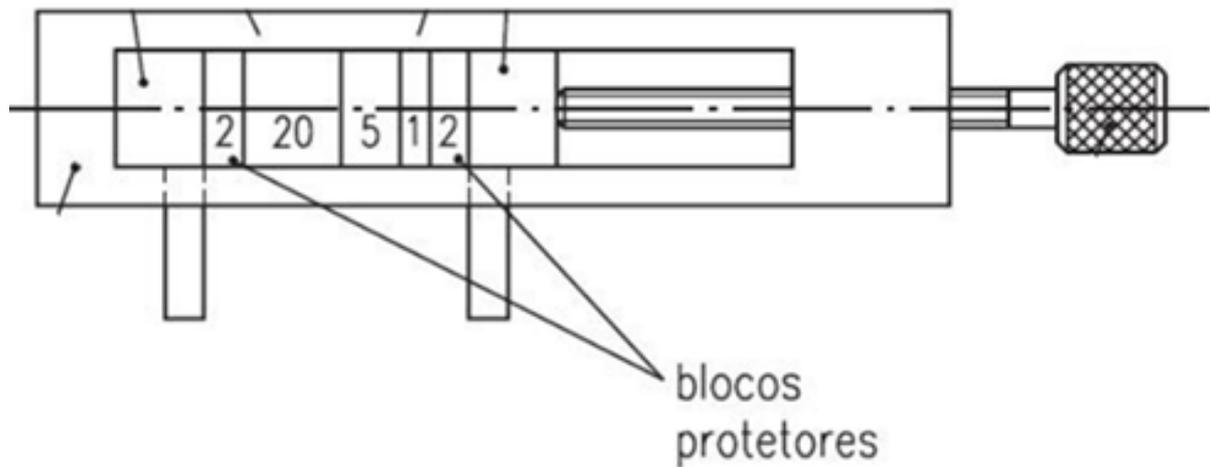
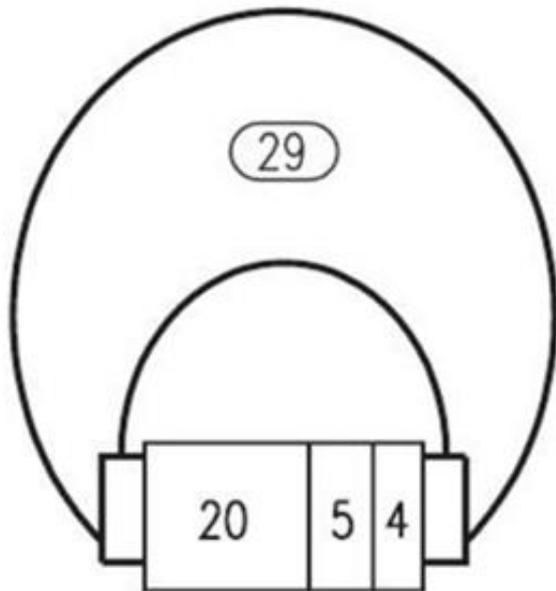
INSPEÇÃO E METROLOGIA

Blocos Padrões – Temperatura de 20° C



INSPEÇÃO E METROLOGIA

Blocos Padrões – Temperatura de 20° C



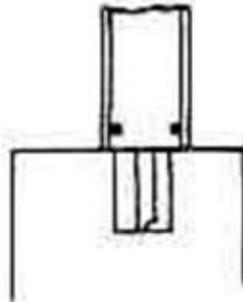
INSPEÇÃO E METROLOGIA

Paquímetros – Temperatura de 20° C

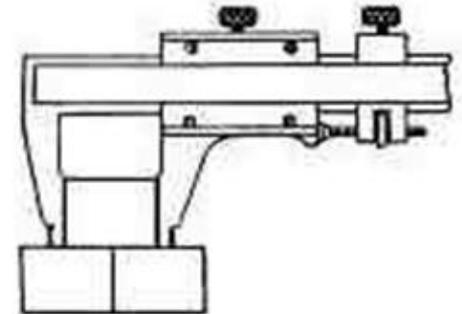
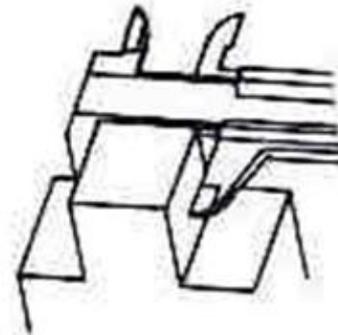
- O paquímetro é dos instrumentos mais usados na indústria metal-mecânica desde seus primórdios. É comumente usado para medir dimensões internas, externas, de profundidade, distâncias entre centros de furos, etc



1 - Medição de um Anel



2 - Medição de Profundidade



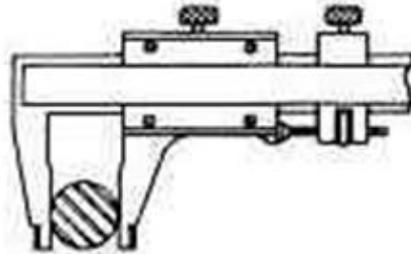
3 - Medição Externa

INSPEÇÃO E METROLOGIA

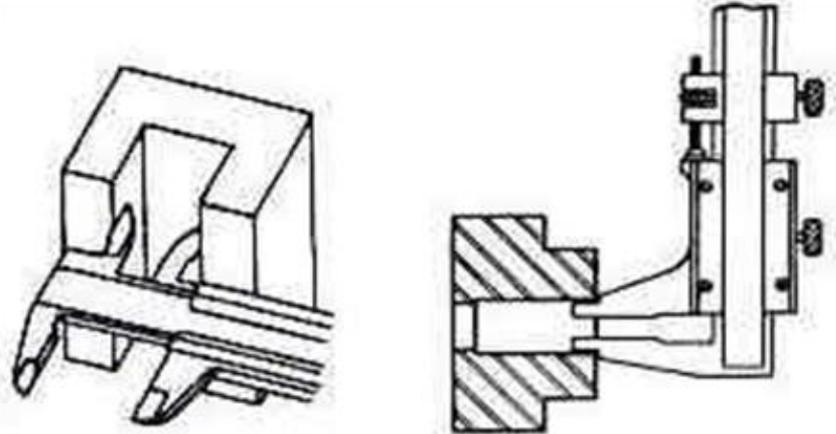
Paquímetros – Temperatura de 20° C



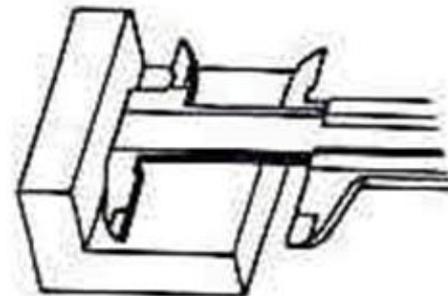
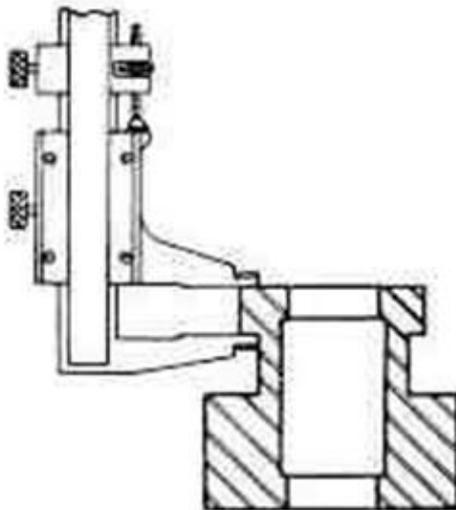
4 - Medição de um Cilindro



5 - Medição do Diâmetro de uma Peça Cilíndrica

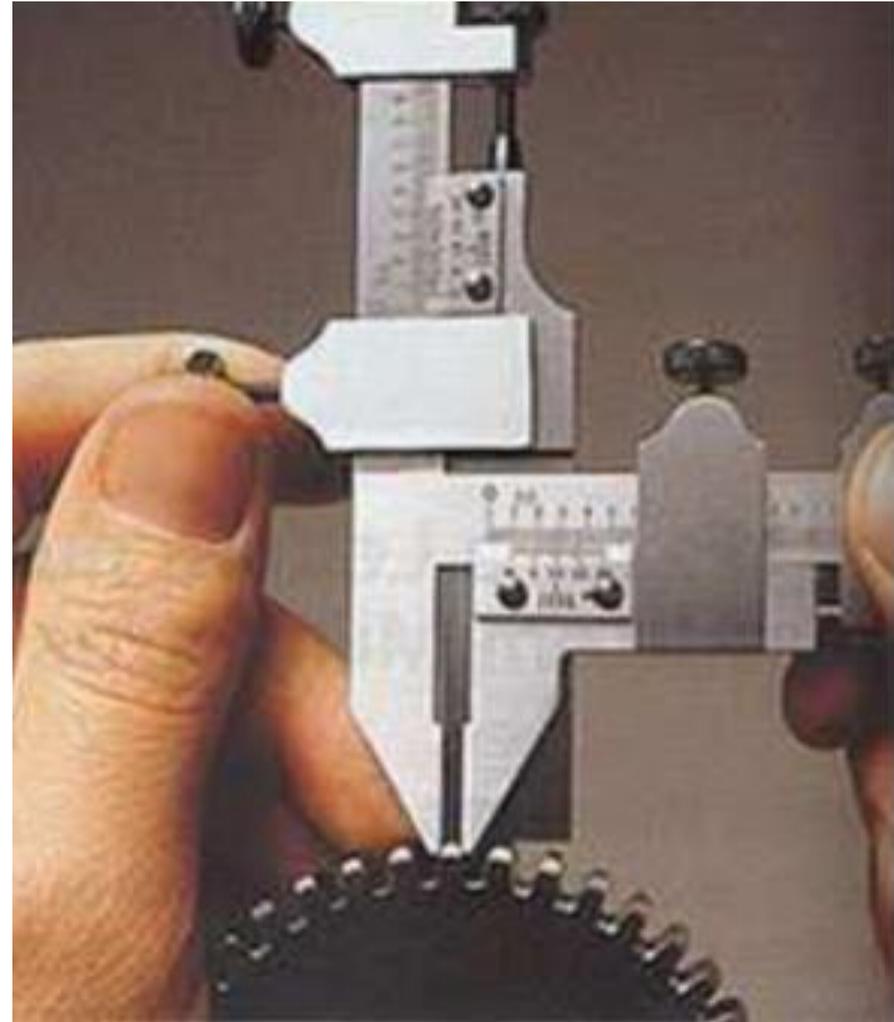
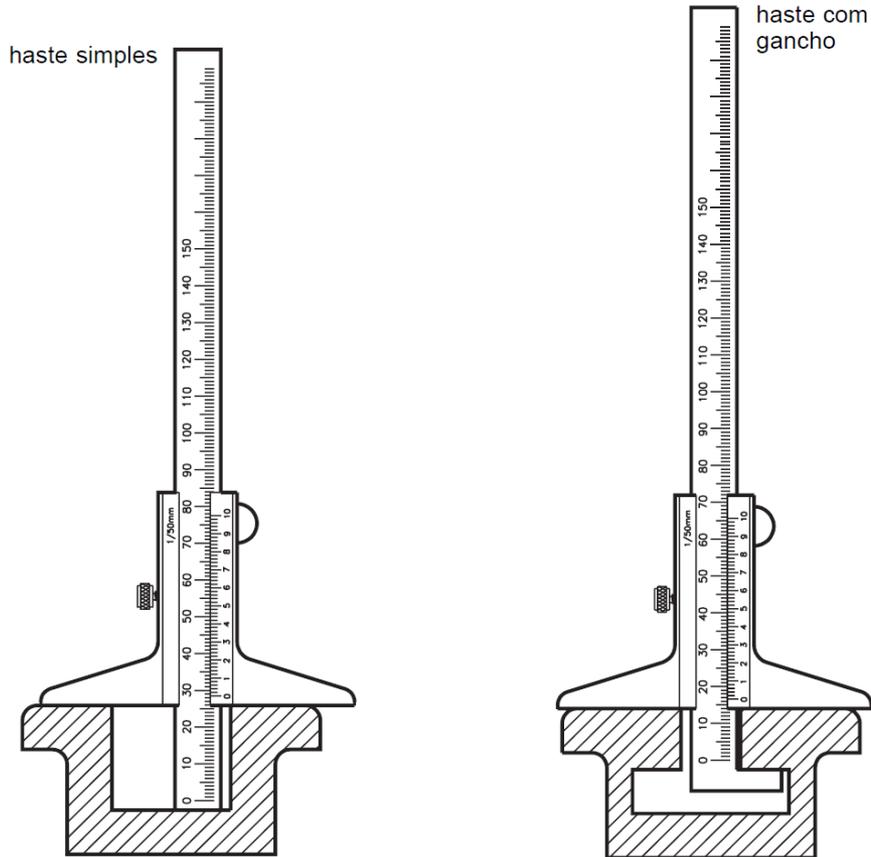


6 - Medição Interna



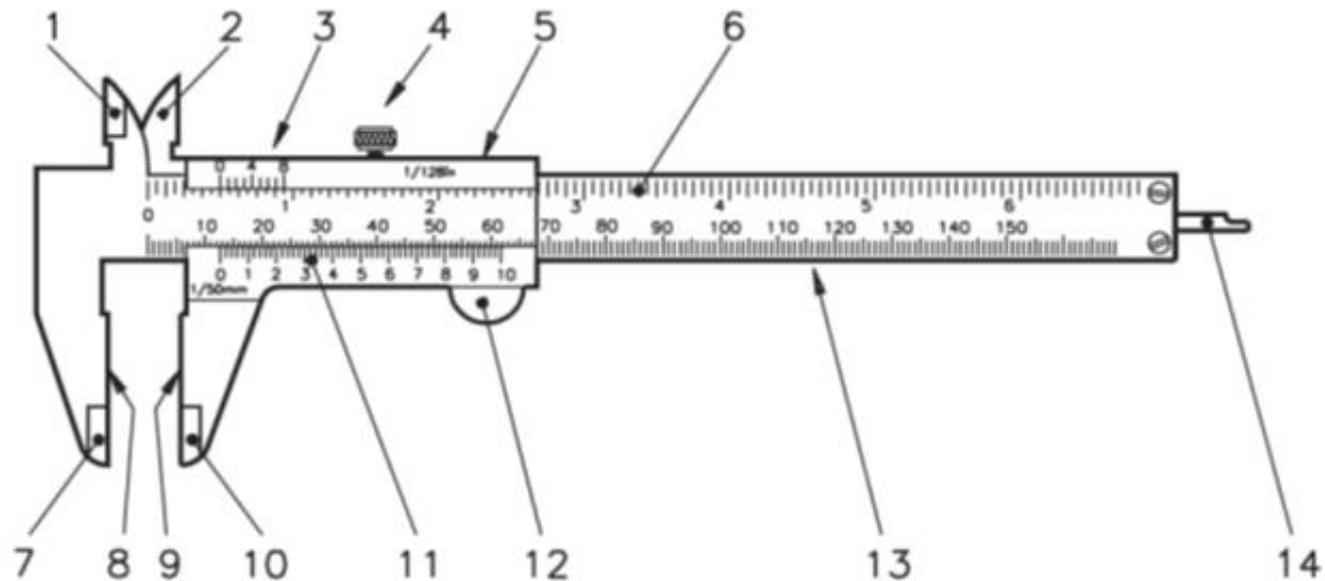
INSPEÇÃO E METROLOGIA

Paquímetros – Temperatura de 20° C



INSPEÇÃO E METROLOGIA

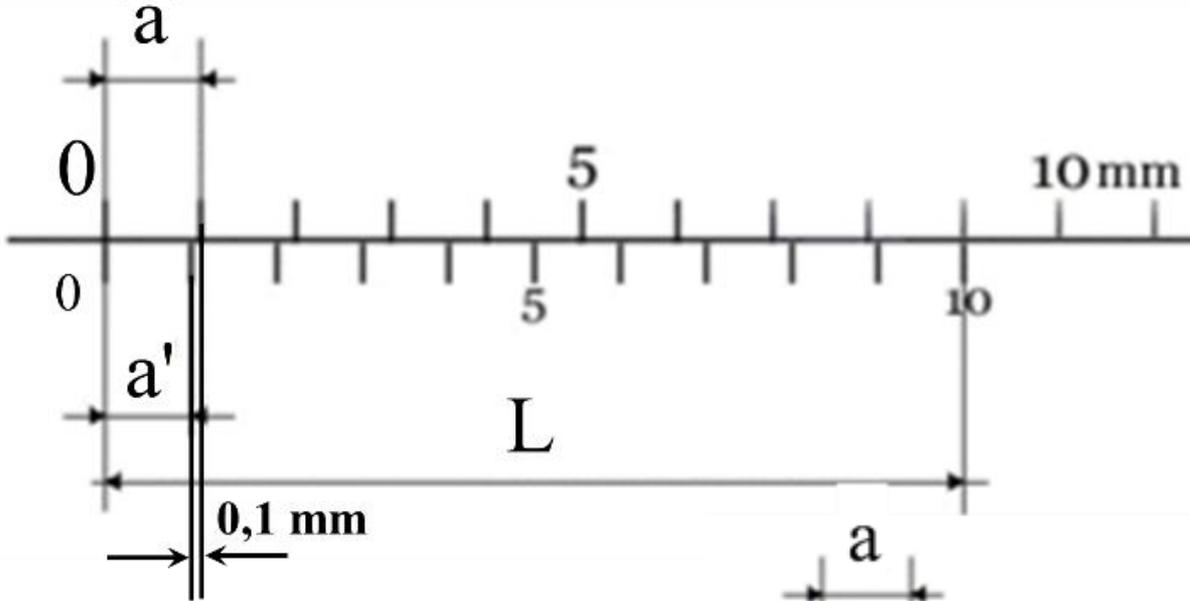
Paquímetros – Temperatura de 20° C



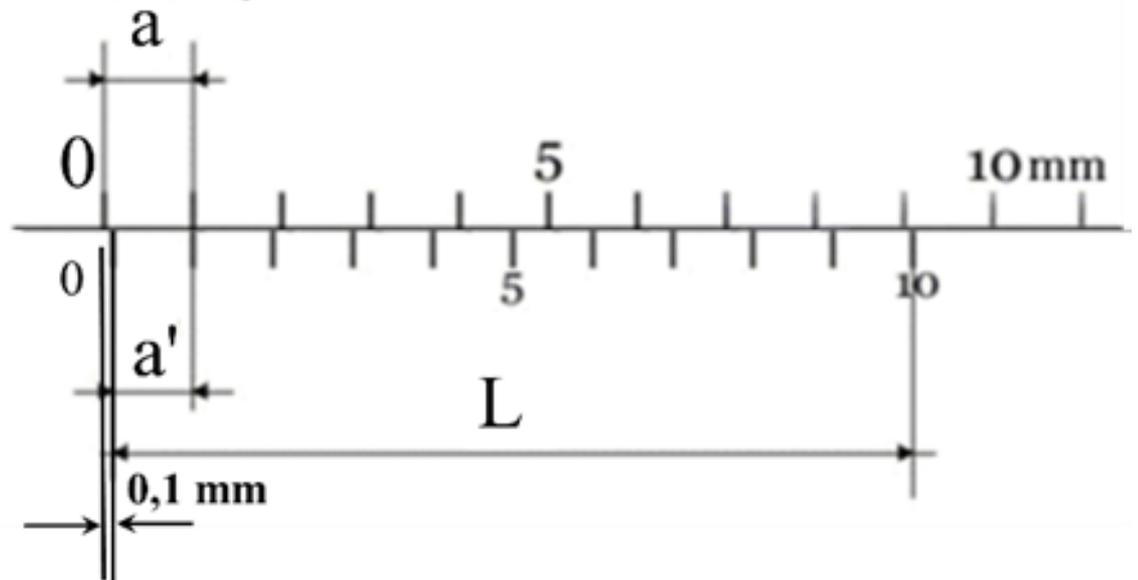
- | | |
|--------------------------------|----------------------------------|
| 1. orelha fixa | 8. encosto fixo |
| 2. orelha móvel | 9. encosto móvel |
| 3. nônio ou vernier (polegada) | 10. bico móvel |
| 4. parafuso de trava | 11. nônio ou vernier (milímetro) |
| 5. cursor | 12. impulsor |
| 6. escala fixa de polegadas | 13. escala fixa de milímetros |
| 7. bico fixo | 14. haste de profundidade |

INSPEÇÃO E METROLOGIA

Paquímetros – Temperatura de 20° C

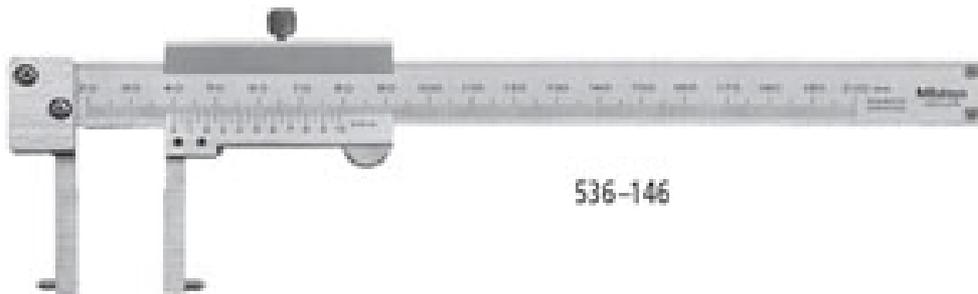


Princípio do Nônio

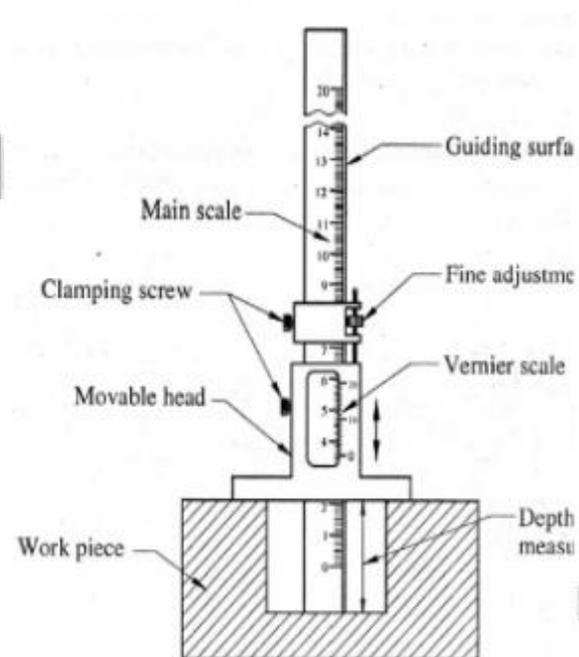


INSPEÇÃO E METROLOGIA

Paquímetros – Temperatura de 20° C

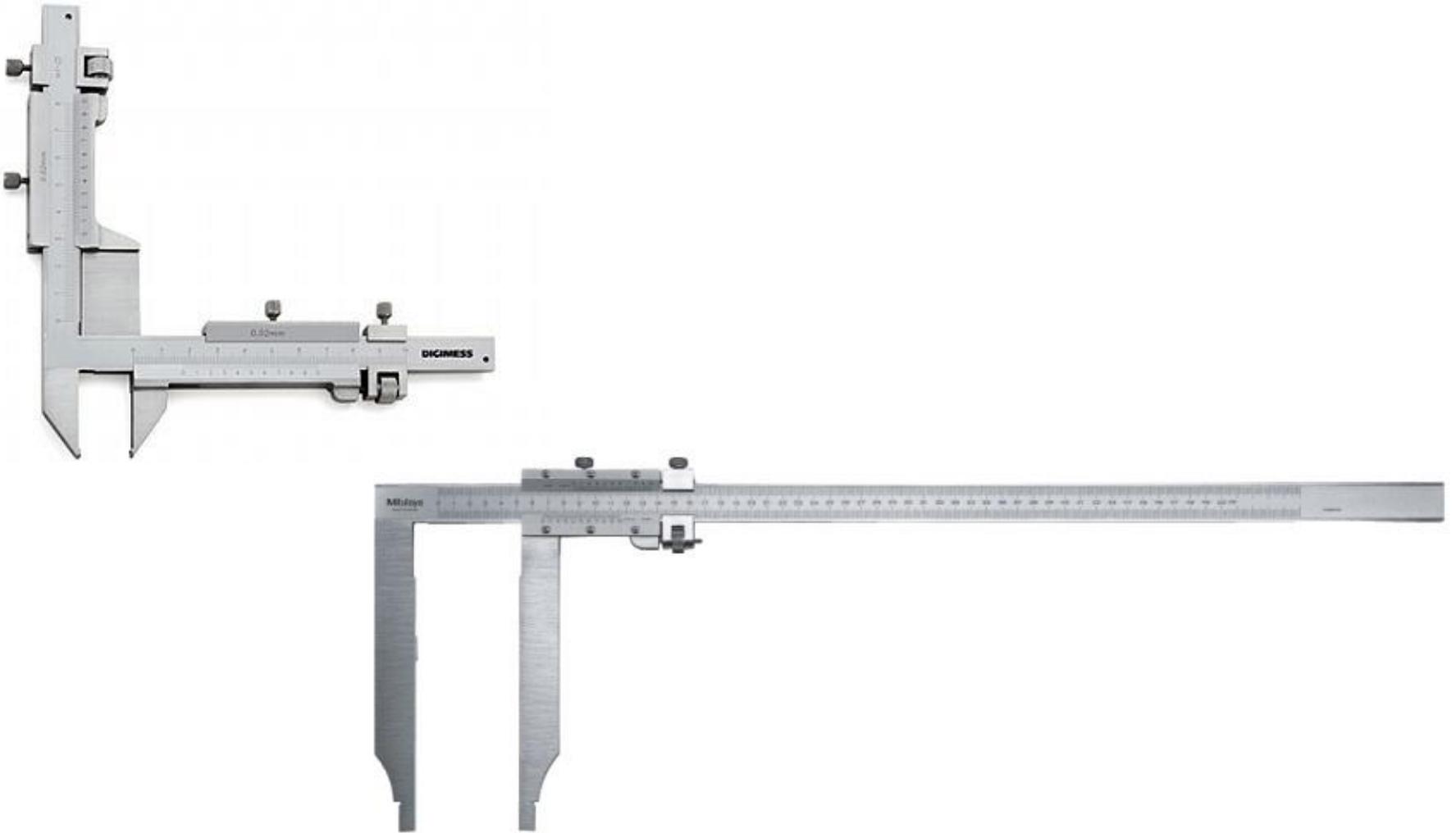


536-146



INSPEÇÃO E METROLOGIA

Paquímetros – Temperatura de 20° C



INSPEÇÃO E METROLOGIA

Paquímetros – Temperatura de 20° C

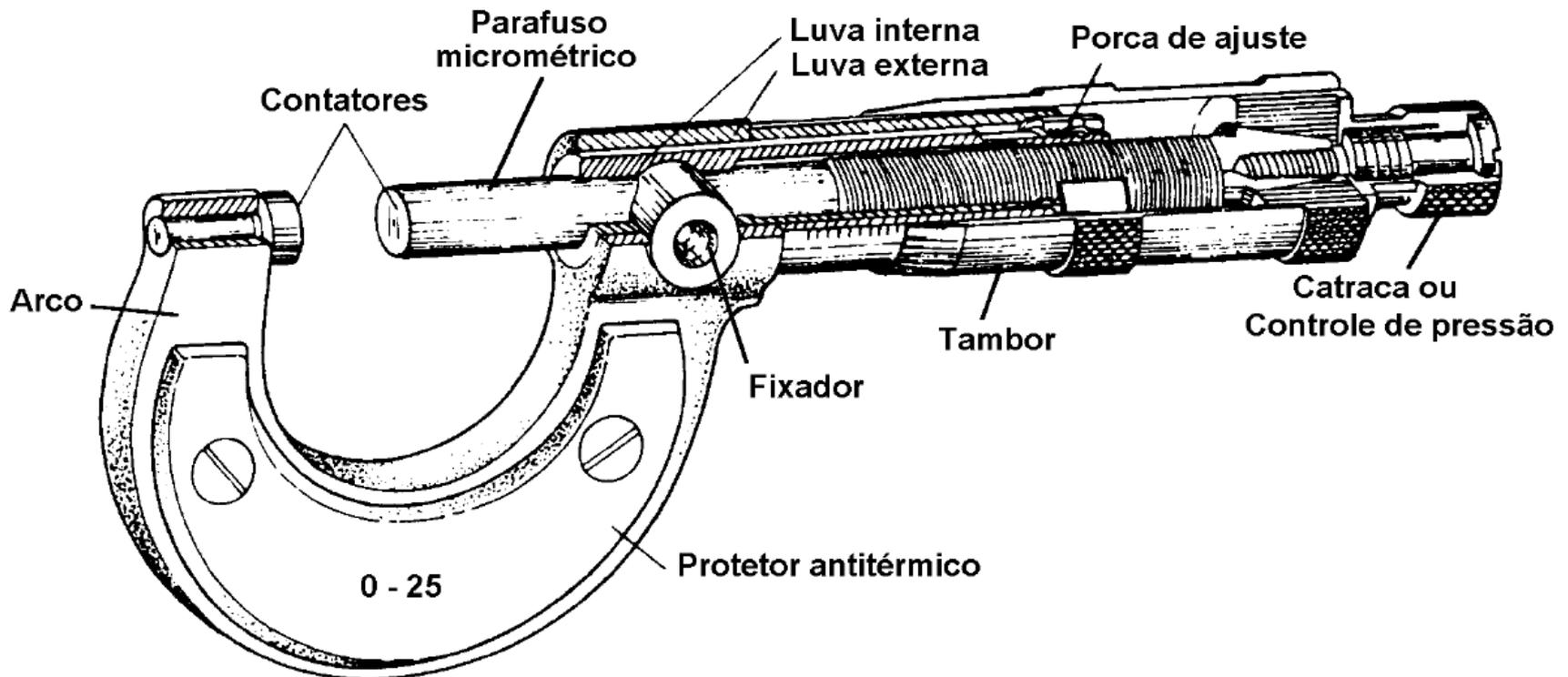
Posição correta para Medição



INSPEÇÃO E METROLOGIA

Micrômetros Externos – Temperatura de 20° C

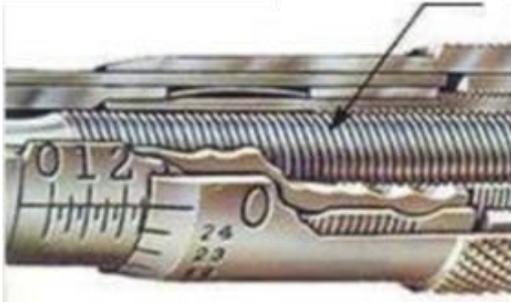
São instrumentos mais exatos, precisos e com resolução menor do que os paquímetros podendo substituí-los em várias aplicações nas quais essas características são necessárias. Micrômetros podem ler com 0,001 mm de resolução por meio de nônio, ou mostradores digitais. Por terem a capacidade de ler 0,001 mm esses instrumentos são comumente chamados de “micrômetros” (10^{-6} m).



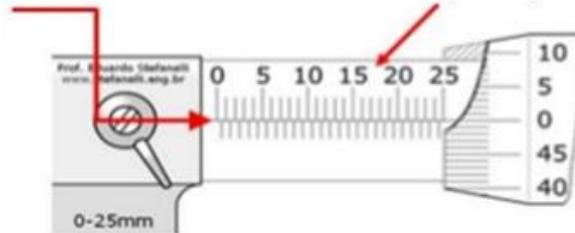
INSPEÇÃO E METROLOGIA

Micrômetros Externos – Temperatura de 20° C

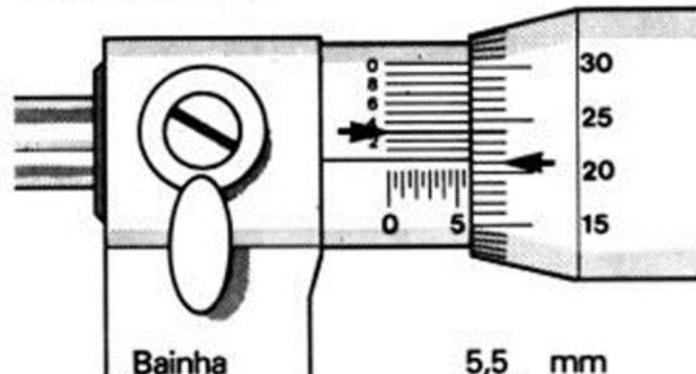
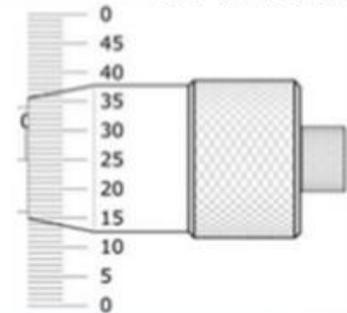
Parafuso passo = 0,5 mm



Linha de referência Escala principal



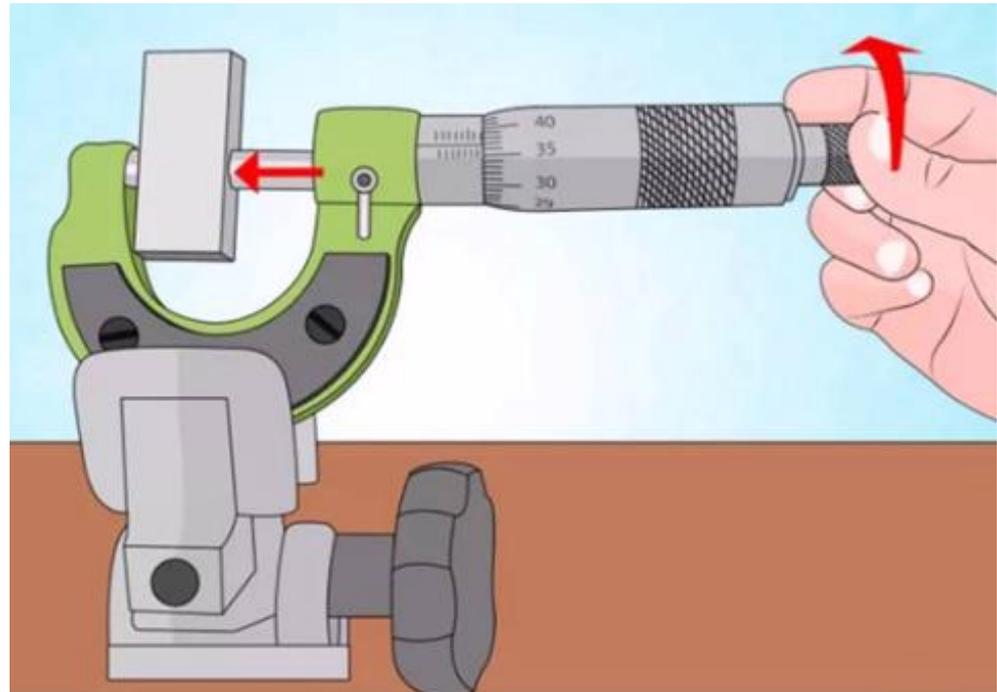
Tambor com 50 divisões



Bainha	5,5 mm
Tambor	,21 mm
Nônio	,003 mm
<hr/>	
Leitura do micrômetro	5,713 mm

INSPEÇÃO E METROLOGIA

Micrômetros Externos – Temperatura de 20° C



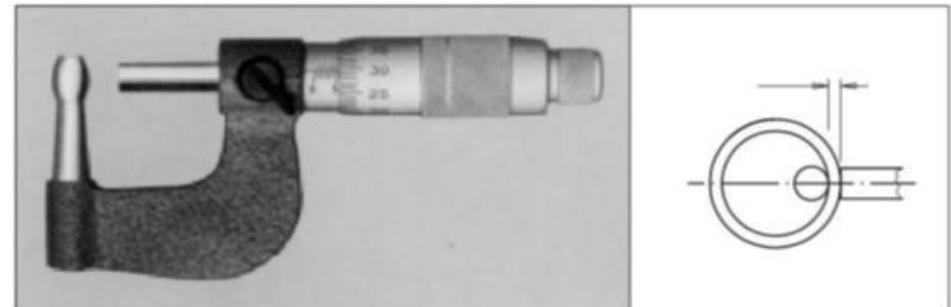
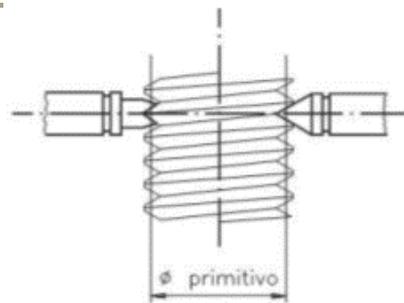
INSPEÇÃO E METROLOGIA

Micrômetros Externos – Temperatura de 20° C



INSPEÇÃO E METROLOGIA

Micrômetros Externos – Temperatura de 20° C



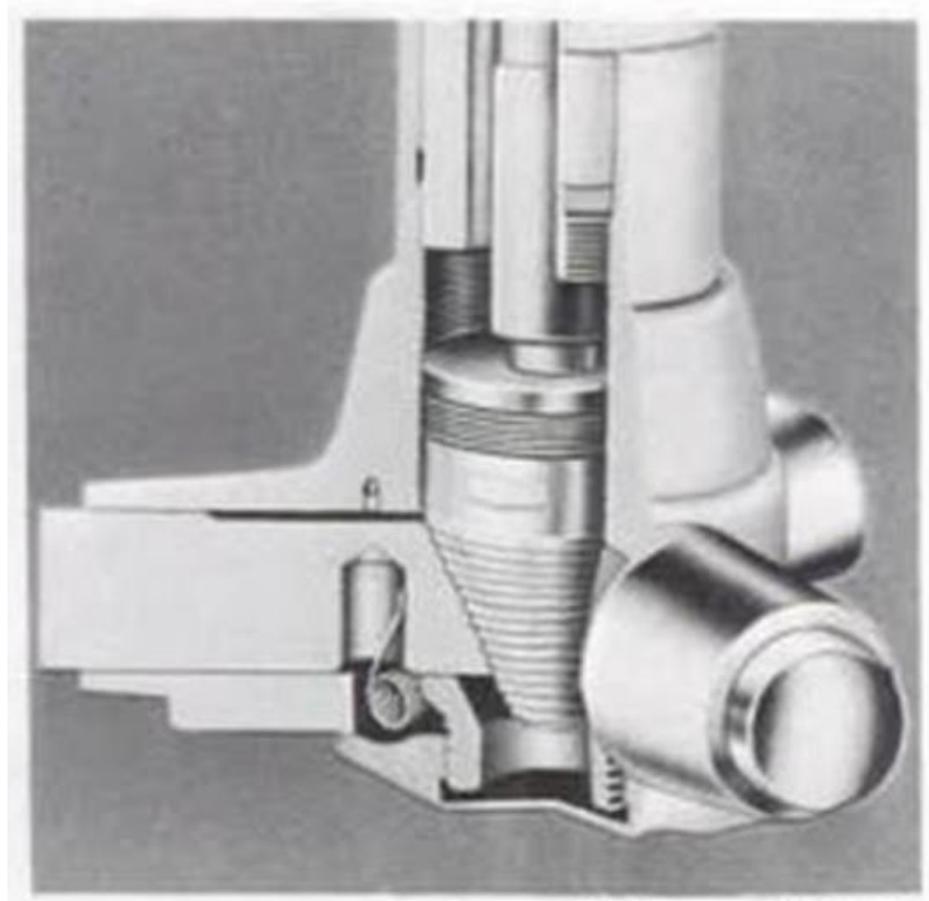
INSPEÇÃO E METROLOGIA

Micrômetros Externos – Temperatura de 20° C



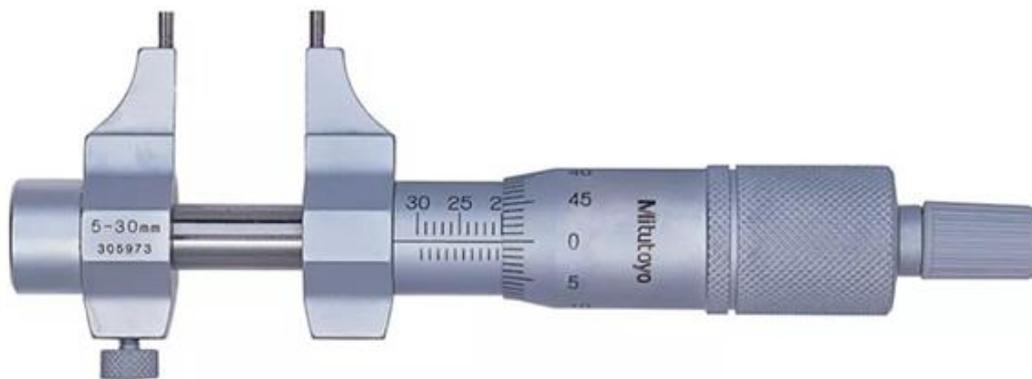
INSPEÇÃO E METROLOGIA

Micrômetros Internos – Temperatura de 20° C



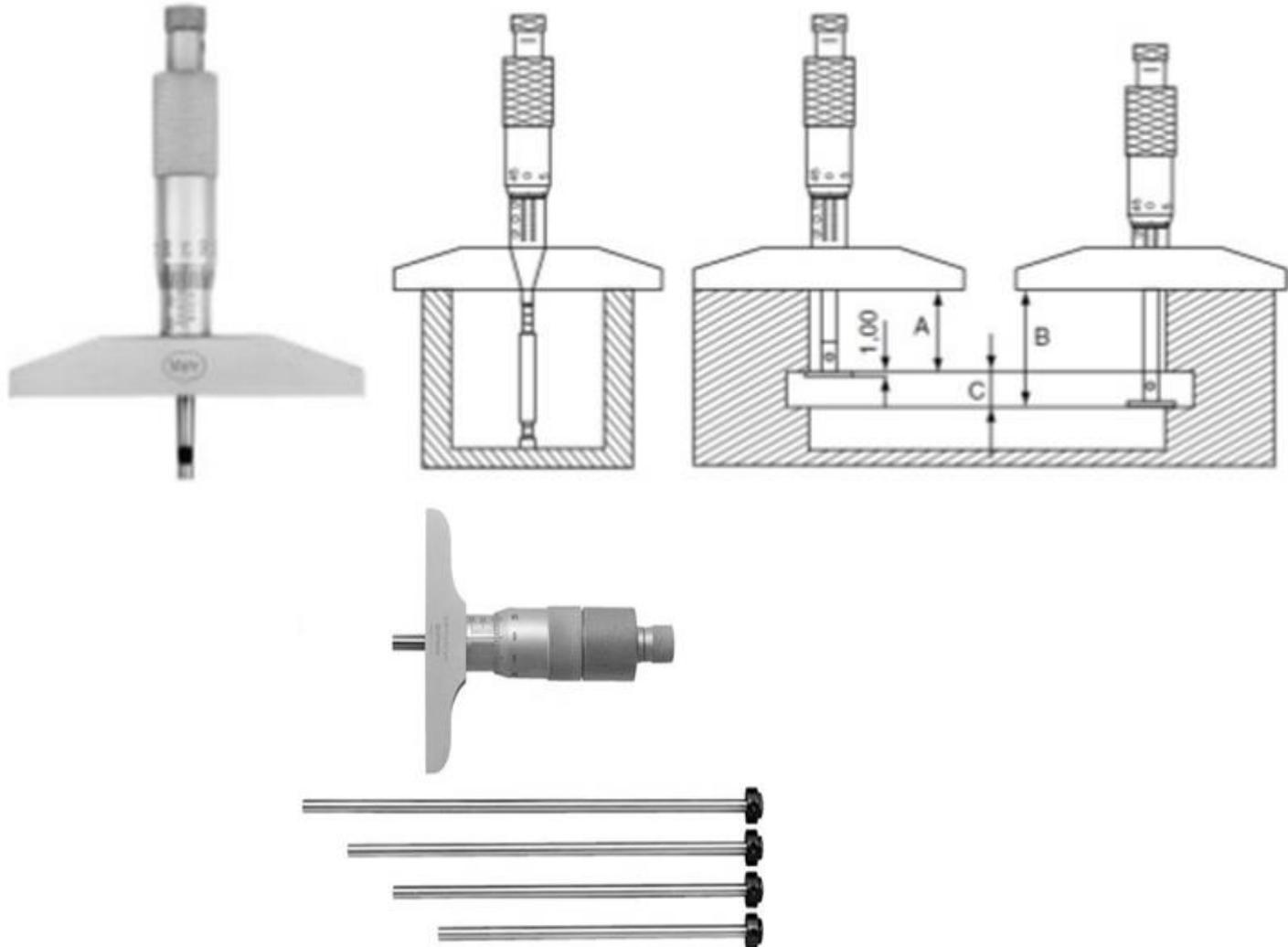
INSPEÇÃO E METROLOGIA

Micrômetros Internos – Temperatura de 20° C



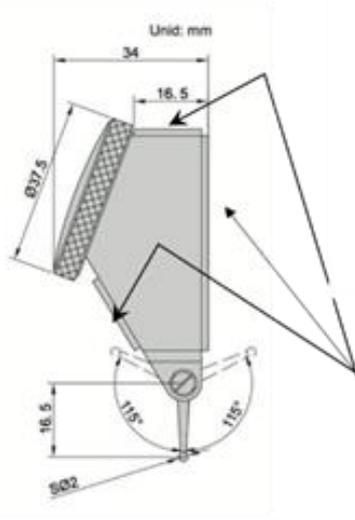
INSPEÇÃO E METROLOGIA

Micrômetros de Profundidade – Temperatura de 20° C



INSPEÇÃO E METROLOGIA

Relógios Apalpadores – Temperatura de 20° C



Guias de fixação



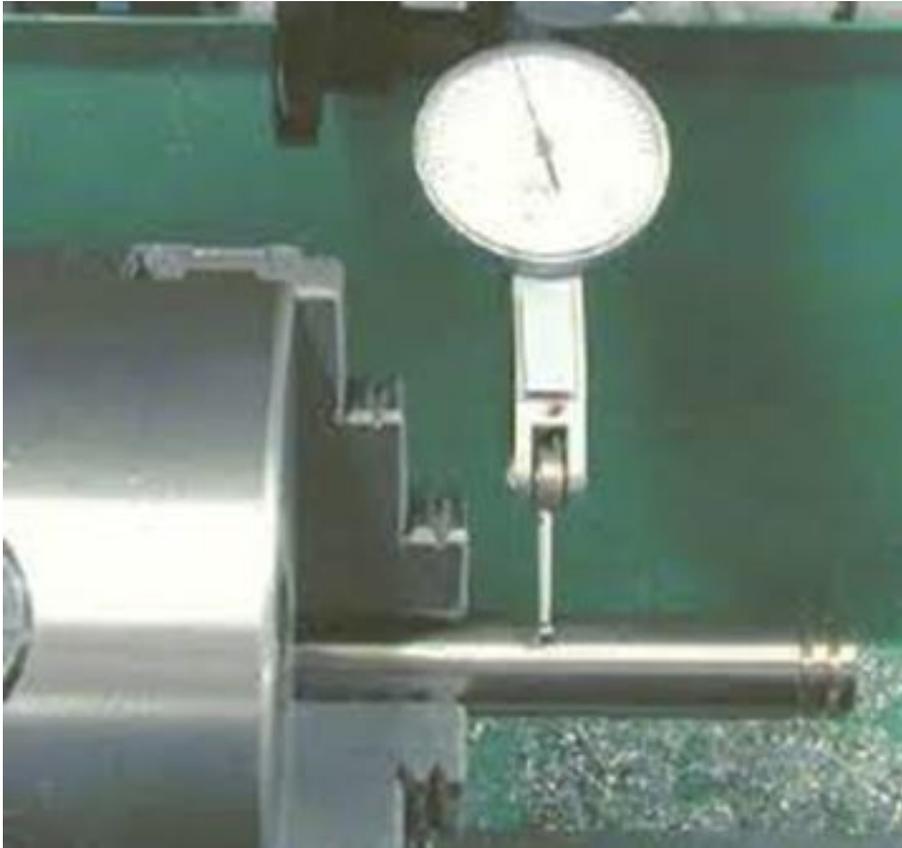
INSPEÇÃO E METROLOGIA

Relógios Apalpadores – Temperatura de 20° C



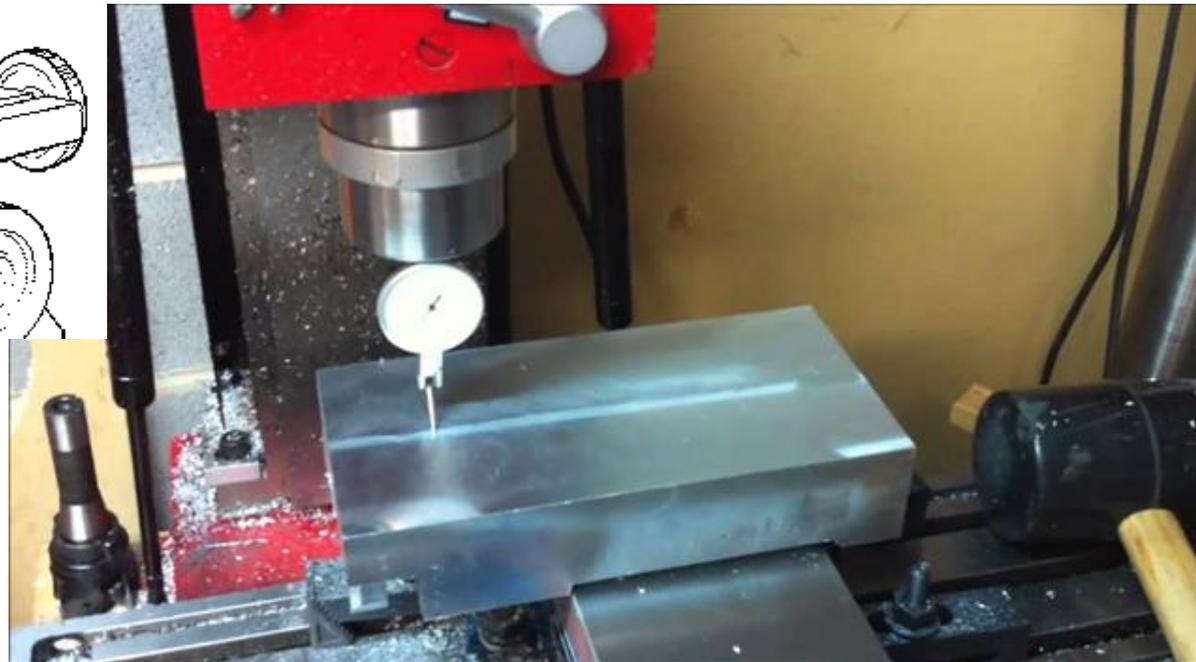
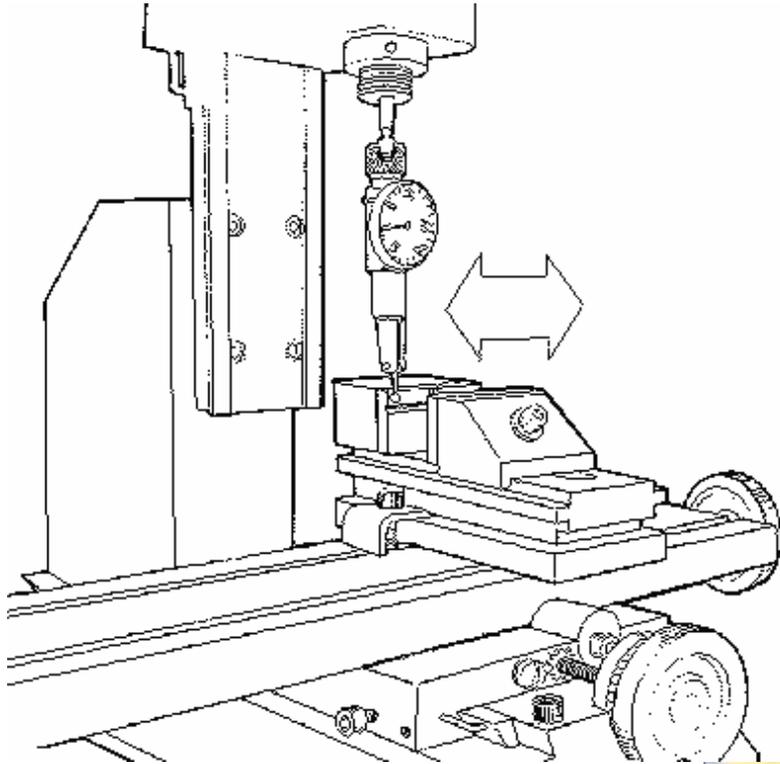
INSPEÇÃO E METROLOGIA

Relógios Apalpadores – Temperatura de 20° C



INSPEÇÃO E METROLOGIA

Relógios Apalpadores – Temperatura de 20° C



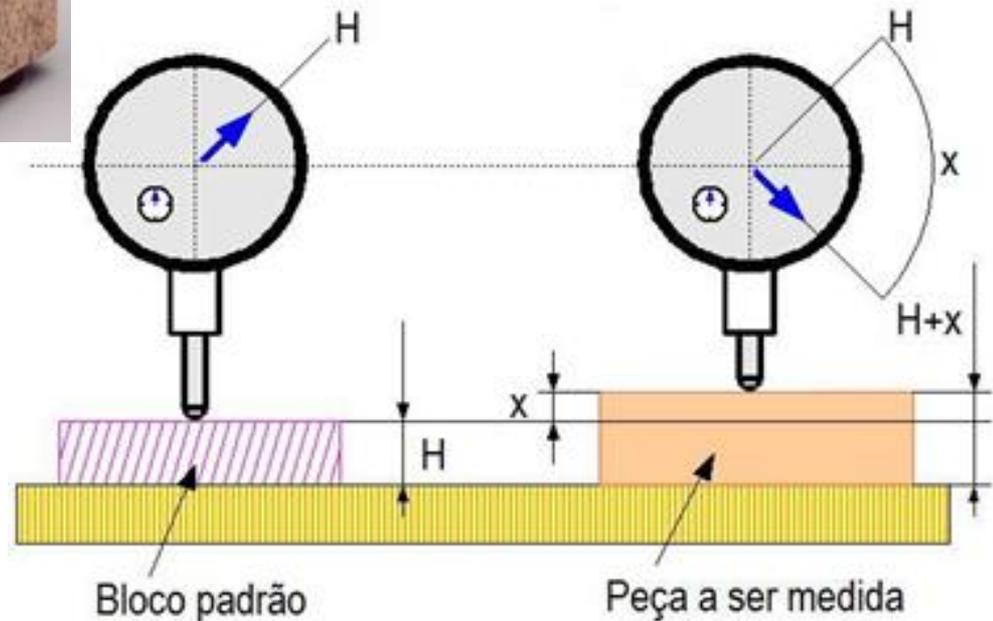
INSPEÇÃO E METROLOGIA

Relógios Comparadores – Temperatura de 20° C



INSPEÇÃO E METROLOGIA

Relógios Comparadores – Temperatura de 20° C



INSPEÇÃO E METROLOGIA

Desempenhos – Temperatura de 20° C



INSPEÇÃO E METROLOGIA

Traçadores de altura – Temperatura de 20° C



INSPEÇÃO E METROLOGIA

Máquinas de Medir 3D– Temperatura de 20° C



INSPEÇÃO E METROLOGIA

Medição de ângulos– Temperatura de 20° C

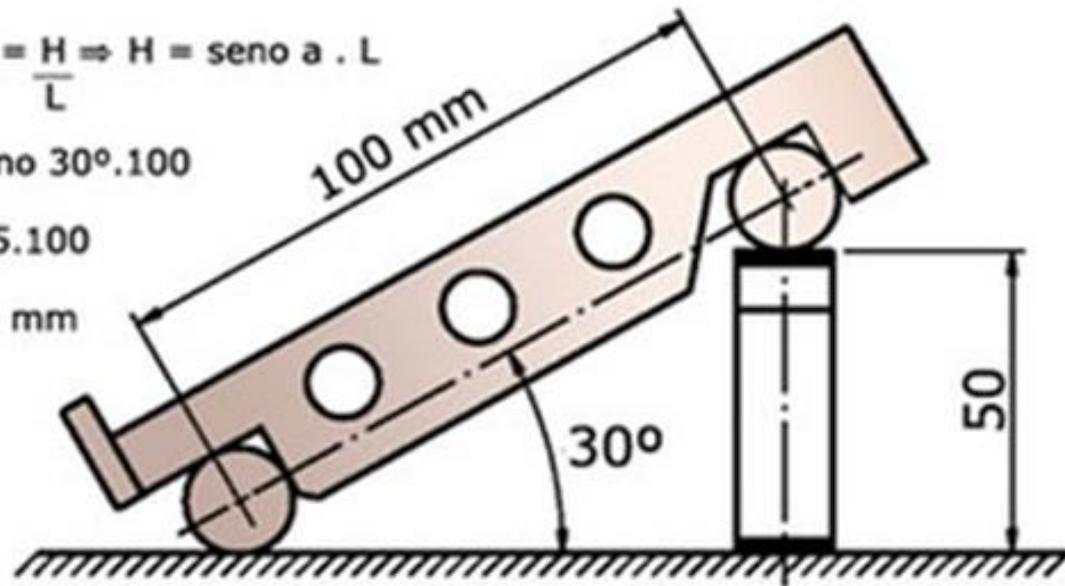


$$\text{seno } a = \frac{H}{L} \Rightarrow H = \text{seno } a \cdot L$$

$$H = \text{seno } 30^\circ \cdot 100$$

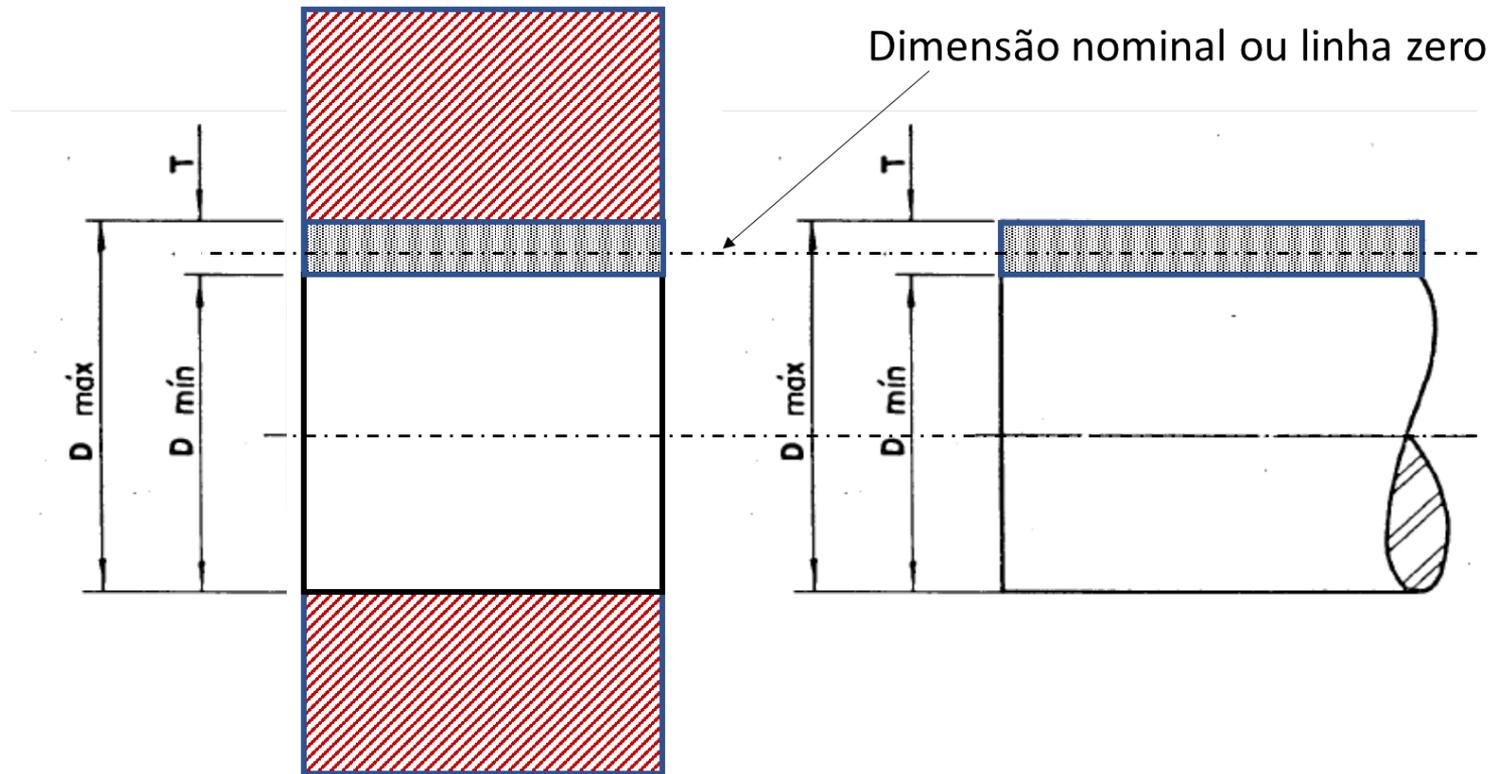
$$H = 0,5 \cdot 100$$

$$H = 50 \text{ mm}$$



INSPEÇÃO E METROLOGIA

Ajustes e Tolerâncias



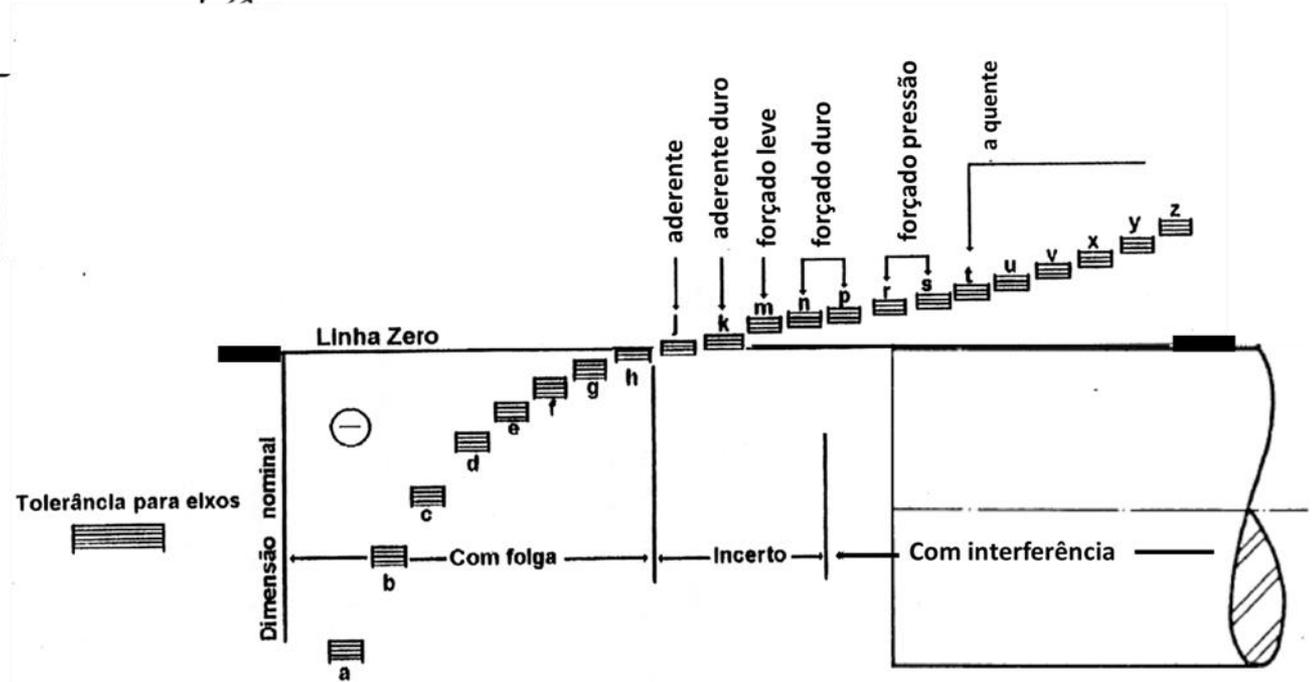
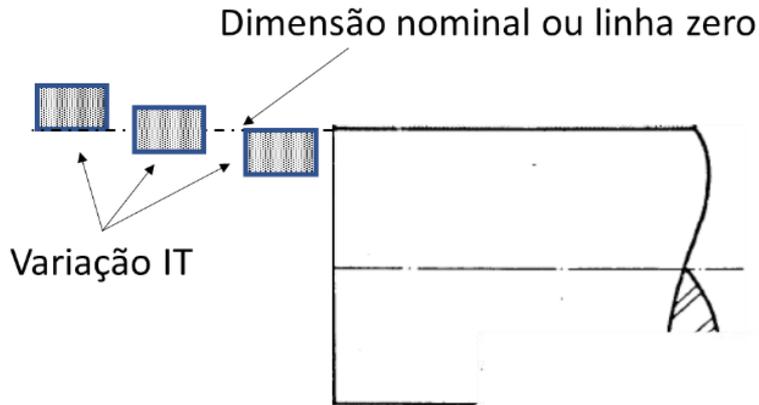
INSPEÇÃO E METROLOGIA

Ajustes e Tolerâncias

Basic size mm		Standard tolerance grades																	
		IT1 ²⁾	IT2 ²⁾	IT3 ²⁾	IT4 ²⁾	IT5 ²⁾	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14 ³⁾	IT15 ³⁾	IT16 ³⁾	IT17 ³⁾	IT18 ³⁾
Above	Up to and including	Tolerances																	
		μm												mm					
—	3 ³⁾	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 ²⁾	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 ²⁾	10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0,8	1,25	2	3,2	5	8	12,5
800	1000 ²⁾	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 ²⁾	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 ²⁾	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 ²⁾	18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6	9,2	15	23
2000	2500 ²⁾	22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1,75	2,8	4,4	7	11	17,5	28
2500	3150 ²⁾	26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2,1	3,3	5,4	8,6	13,5	21	33

INSPEÇÃO E METROLOGIA

Ajustes e Tolerâncias



INSPEÇÃO E METROLOGIA

Ajustes e Tolerâncias

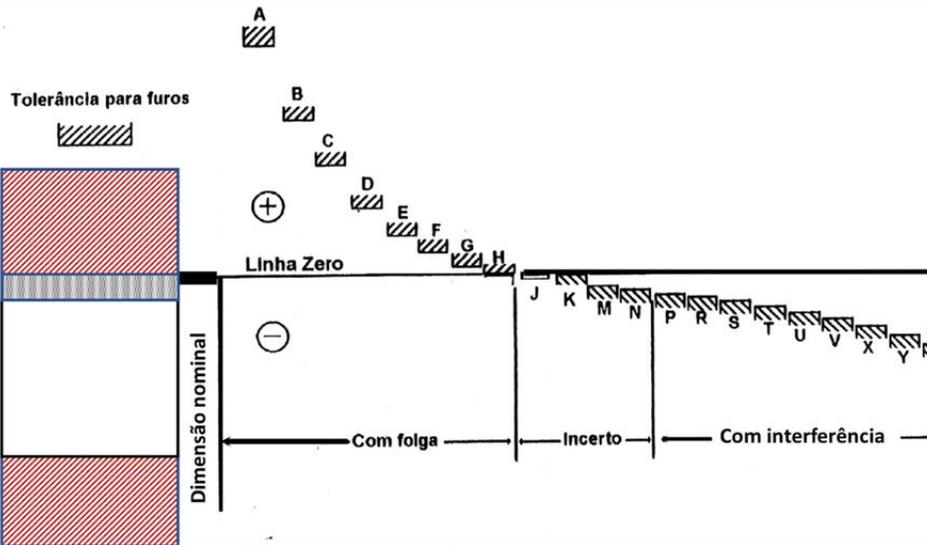
Afastamentos fundamentais para eixos

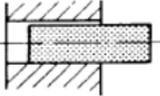
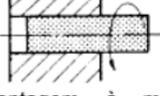
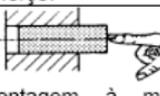
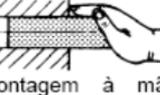
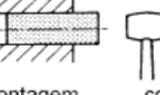
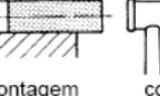
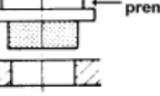
GRUPOS		Afastamento superior - es											Afastamento inferior - ei																			
DIMENSÕES		Todos os graus de Tolerância Padrão - ITn											Todos os graus de Tolerância Padrão - ITn																			
Acima	Ate	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	is	j6	j7	j8	≥k4	≤k3	Todos os graus de Tolerância Padrão - ITn													
														≤k7	≥k8	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc			
0	3	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0		-2	-4	-6	0	0	2	4	6	10	14	0	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	0	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	0	28		34		42	52	67	97
10	14	-290	-150	-85		-50	-32		-16		-6	0		-3	-6		1	0	7	12	18	23	28	0	33		40		50	64	90	130
14	18	-290	-150	-95		-50	-32		-16		-6	0		-3	-6		1	0	7	12	18	23	28	0	33	39	45		60	77	108	150
18	24	-300	-160	-110		-65	-40		-20		-7	0		-4	-8		2	0	8	15	22	28	35	0	41	47	54	63	73	98	136	188
24	30	-300	-160	-110		-65	-40		-20		-7	0		-4	-8		2	0	8	15	22	28	35	41	48	55	64	75	88	118	160	228
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		-80	-50		-25		-9	0		-5	-10		2	0	9	17	26	34	43	54	70	81	97	114	136	180	242	325
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		-100	-60		-30		-10	0		-7	-12		2	0	11	20	32	43	59	75	102	120	146	174	210	274	360	480
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		-120	-72		-36		-12	0		-9	-15		3	0	13	23	37	54	79	104	144	172	210	254	310	400	525	690
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		-145	-85		-43		-14	0		-11	-18		3	0	15	27	43	65	100	134	190	228	280	340	415	535	700	900
160	180	-580	-310	-230		-145	-85		-43		-14	0		-11	-18		3	0	15	27	43	68	108	146	210	252	310	380	465	600	780	1000
180	200	-660	-340	-240		-170	-100		-50		-15	0		-13	-21		4	0	17	31	50	77	122	160	236	284	350	425	520	670	880	1150
200	225	-740	-360	-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		-170	-100		-50		-15	0		-13	-21		4	0	17	31	50	84	140	196	284	340	425	520	640	820	1050	1350
250	280	-920	-480	-300		-190	-110		-56		-17	0		-16	-26		4	0	20	34	56	94	158	218	315	385	475	580	710	920	1200	1550
280	315	-1060	-540	-330		-190	-110		-56		-17	0		-16	-26		4	0	20	34	56	98	170	240	350	425	525	650	790	1000	1300	1700
315	355	-1200	-600	-360		-210	-125		-62		-18	0		-18	-28		4	0	21	37	62	108	190	268	390	475	590	730	900	1150	1500	1900
355	400	-1350	-680	-400		-210	-125		-62		-18	0		-18	-28		4	0	21	37	62	114	208	294	435	530	660	820	1000	1300	1650	2100
400	450	-1500	-760	-440		-230	-135		-68		-20	0		-20	-32		5	0	23	40	68	126	232	330	490	490	740	920	1100	1450	1850	2400
450	500	-1650	-840	-480		-230	-135		-68		-20	0		-20	-32		5	0	23	40	68	132	252	360	540	540	820	1000	1250	1600	2100	2600
500	560					-260	-145		-76		-22	0					0	0	26	44	78	150	280	400	600							
560	630					-260	-145		-76		-22	0					0	0	26	44	78	155	310	450	660							
630	710					-290	-160		-80		-24	0					0	0	30	50	88	175	340	500	740							
710	800					-290	-160		-80		-24	0					0	0	30	50	88	185	380	560	840							
800	900					-320	-170		-86		-26	0					0	0	34	56	100	210	430	620	940							
900	1000					-320	-170		-86		-26	0					0	0	34	56	100	220	470	680	1050							
1000	1120					-360	-195		-98		-28	0					0	0	40	66	120	250	520	780	1150							
1120	1250					-360	-195		-98		-28	0					0	0	40	66	120	260	580	840	1300							
1250	1400					-390	-220		-110		-30	0					0	0	48	78	140	300	640	960	1450							
1400	1600					-390	-220		-110		-30	0					0	0	48	78	140	330	720	1050	1600							
1600	1800					-430	-240		-120		-32	0					0	0	58	92	170	370	820	1200	1850							
1800	2000					-430	-240		-120		-32	0					0	0	58	92	170	400	920	1350	2000							
2000	2240					-490	-260		-130		-34	0					0	0	68	110	195	440	1000	1500	2300							
2240	2500					-490	-260		-130		-34	0					0	0	68	110	195	460	1100	1650	2500							
2500	2800					-520	-290		-145		-38	0					0	0	76	135	240	550	1250	1900	2900							
2800	3150					-520	-290		-145		-38	0					0	0	76	135	240	580	1400	2100	3200							

es = + 1/2 ITn / ei = - 1/2 ITn

INSPEÇÃO E METROLOGIA

Ajustes e Tolerâncias



TIPO DE AJUSTE	EXEMPLO DE AJUSTE	EXTRA PRECISO	MECÂNICA PRECISA	MECÂNICA MÉDIA	Mecânica rústica	EXEMPLO DE APLICAÇÃO
Livre ou folgado	 Montagem à mão, com facilidade.	$H_6 e_7$	$H_7 e_7$ $H_7 e_8$	$H_8 e_9$	$H_{11} a_{11}$	Conjuntos com dilatação ou desalinhamento
Rotativo	 Montagem à mão podendo girar sem esforço.	$H_6 f_6$	$H_7 f_7$	$H_8 f_8$	$H_{10} d_{10}$ $H_{11} d_{11}$	Conjuntos girantes, deslizantes lubrificados
Deslizante	 Montagem à mão com leve pressão.	$H_6 g_5$	$H_7 g_6$	$H_8 g_8$ $H_8 h_8$	$H_{10} h_{10}$ $H_{11} h_{11}$	Conjuntos girantes, deslizantes de maior precisão
Deslizante incerto	 Montagem à mão, porém, necessitando de algum esforço.	$H_6 h_5$	$H_7 h_6$			Conjuntos fixos, deslizantes com certa pressão
Aderente Foçado leve	 Montagem com auxílio de martelo.	$H_6 j_5$	$H_7 j_6$			Conjuntos fixos, com desmontagens
Forçado incerto	 Montagem com auxílio de martelo pesado.	$H_6 m_5$	$H_7 m_6$			Conjuntos fixos, com possíveis desmontagens
Prensado	 Montagem com auxílio de balancim ou por dilatação	$H_6 p_5$	$H_7 p_6$			Conjuntos fixos, sem desmontagens

INSPEÇÃO E METROLOGIA

Ajustes e Tolerâncias

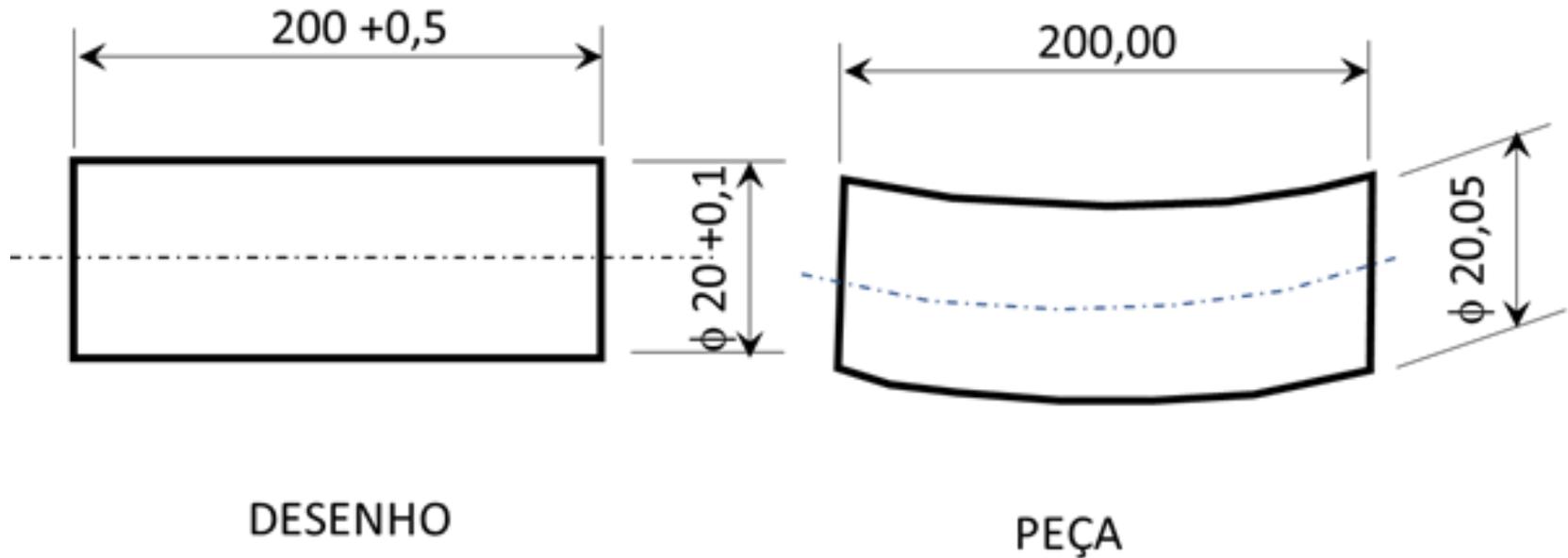
Gráfico demonstrativo dos desvios e posições das tolerâncias para diâmetros de 18 a 30 mm valores em μm

Grupos de dimensões mm	FURO						EIXO						
	H8	h9		f8	e9	d10	H11	h11		c11	b11	a11	
de 1 a 3	+14 0	0 -14	0 -25	-6 -20	-14 -39	-20 -60	+60 0	0 -60	-20 -80	-60 -120	-140 -200	-270 -330	
de 3 a 6	+18 0	0 -18	0 -30	-10 -28	-20 -50	-30 -78	+75 0	0 -75	-30 -105	-70 -145	-140 -215	-270 -345	
de 6 a 10	+22 0	0 -22	0 -36	-13 -35	-25 -61	-40 -98	+90 0	0 -90	-40 -130	-80 -170	-150 -240	-280 -370	
de 10 a 18	+27 0	0 -27	0 -43	-16 -43	-32 -75	-50 -120	+110 0	0 -110	-50 -160	-95 -205	-150 -260	-290 -400	
de 18 a 30	+33 0	0 -33	0 -52	-20 -53	-40 -92	-65 -149	+130 0	0 -130	-65 -195	-110 -240	-160 -290	-300 -430	
de 30 a 40	+39 0	0 -39	0 -62	-25 -64	-50 -112	-80 -180	+160 0	0 -160	-80 -240	-120 -280	-170 -330	-310 -470	
de 40 a 50													
de 50 a 65	+46 0	0 -46	0 -74	-30 -76	-60 -134	-100 -220	+190 0	0 -190	-100 -290	-140 -330	-190 -380	-340 -530	
de 65 a 80													
de 80 a 100	+54 0	0 -54	0 -87	-36 -90	-72 -159	-120 -260	+220 0	0 -220	-120 -340	-170 -400	-220 -460	-380 -600	
de 100 a 120													
de 120 a 140	+63 0	0 -63	0 -100	-43 -106	-85 -185	-145 -305	+250 0	0 -250	-145 -395	-200 -450	-260 -510	-460 -770	
de 140 a 160													
de 160 a 180													
de 180 a 200	+72 0	0 -72	0 -115	-50 -122	-100 -215	-170 -355	+290 0	0 -290	-170 -460	-240 -530	-340 -630	-660 -950	
de 200 a 225													
de 225 a 250													
de 250 a 280	+81 0	0 -81	0 -130	-56 -137	-110 -240	-190 -400	+320 0	0 -320	-190 -510	-300 -620	-480 -800	-820 -1240	
de 280 a 315													
de 315 a 355	+89 0	0 -89	0 -140	-62 -151	-125 -265	-210 -440	+360 0	0 -360	-210 -570	-360 -760	-600 -1040	-1200 -1710	
de 355 a 400													
de 400 a 450	+97 0	0 -97	0 -155	-68 -165	-135 -290	-230 -480	+400 0	0 -400	-230 -630	-440 -880	-760 -1240	-1500 -2050	
de 450 a 500													
Ajuste		COM JOGO						COM JOGO					

INSPEÇÃO E METROLOGIA

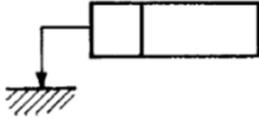
Tolerâncias de Forma e Posição

Somente tolerâncias dimensionais não garantem as especificações do desenho (projeto)



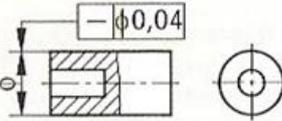
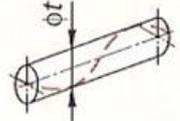
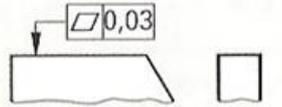
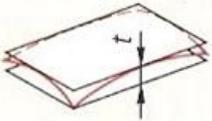
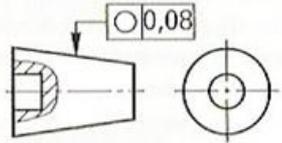
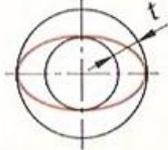
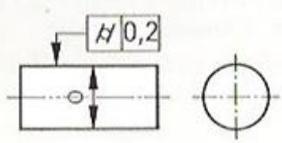
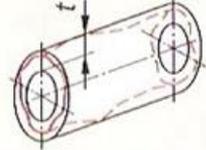
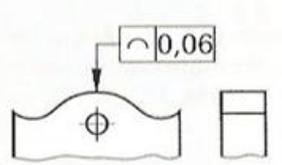
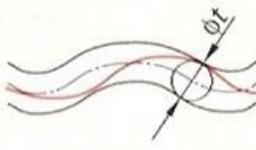
INSPEÇÃO E METROLOGIA

Tolerâncias de Forma e Posição

Característica tolerada			Símbolo
Para elementos isolados 	Forma	Retitude	—
		Planeza	
		Circularidade	
		Cilindricidade	
		Perfil de linha qualquer	
		Perfil de superfície qualquer	
Para elementos isolados ou associados	Orientação	Paralelismo	
		Perpendicularidade	
		Inclinação	
	Posição	Posição	
		Concentricidade	
		Coaxialidade	
		Simetria	
	Batimento	Circular	
		Total	

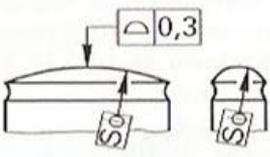
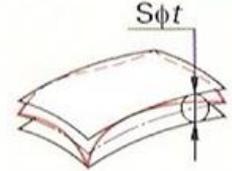
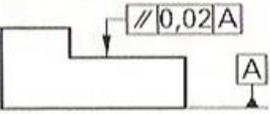
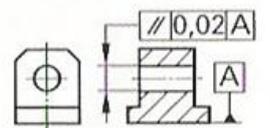
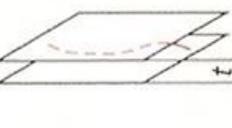
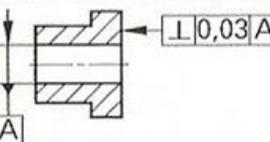
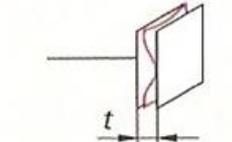
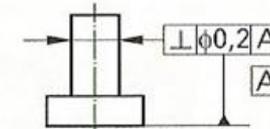
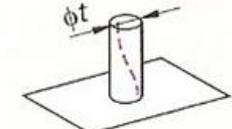
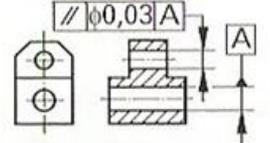
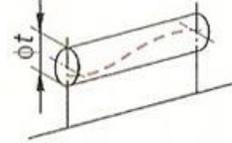
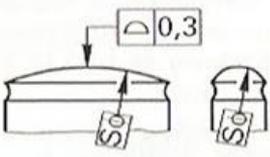
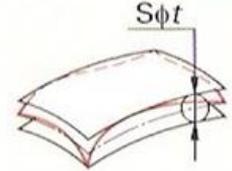
INSPEÇÃO E METROLOGIA

Tolerâncias de Forma e Posição

Tipo de tolerância	Símbolos e característica com tolerância		Indicação no desenho	Explicação	Zona de tolerância
Tolerância de forma	—	Linealidade		O eixo com sua tolerância deve caber dentro de um cilindro com diâmetro $t = 0,04$ mm.	
	▭	Planidade		A superfície com sua tolerância deve caber entre dois planos paralelos com distância $t = 0,03$ mm entre eles.	
	○	Circularidade		Em todo plano de corte perpendicular ao eixo, a linha circunferencial com sua tolerância deve situar-se entre dois círculos concêntricos com distância de $t = 0,08$ mm entre eles.	
	⊘	Cilindricidade		O corpo do cilindro com sua tolerância deve situar-se entre dois cilindros coaxiais com distância de $t = 0,2$ mm entre eles.	
	⌒	Forma linear		O perfil com sua tolerância deve situar-se entre duas linhas envolventes, cujo afastamento é limitado por círculos com diâmetro $t = 0,06$ mm. Os centros destes círculos situam-se na linha geometricamente ideal.	

INSPEÇÃO E METROLOGIA

Tolerâncias de Forma e Posição

Tolerância de posição	Tolerância de direção	Forma de superfície		<p>A superfície com sua tolerância deve situar-se entre duas superfícies envolventes, cujo afastamento é limitado por esferas com diâmetro $t = 0,3$ mm. Os centros das esferas situam-se na superfície geometricamente ideal.</p>		
				<p>A superfície com sua tolerância deve situar-se entre dois planos paralelos ao plano de referência A com distância de $t = 0,02$ mm entre eles.</p>		
				<p>O eixo com sua tolerância deve situar-se entre dois planos paralelos ao plano de referência A com distância de $t = 0,02$ mm entre eles.</p>		
		Perpendicularidade	Forma de superfície		<p>A superfície com sua tolerância deve situar-se entre dois planos perpendiculares ao eixo de referência A com distância de $t = 0,03$ mm entre eles.</p>	
					<p>O eixo com sua tolerância deve situar-se dentro de um cilindro com diâmetro $t = 0,2$ mm, que é perpendicular à superfície de referência A.</p>	
			Paralelismo		<p>O eixo com sua tolerância deve situar-se dentro de um cilindro com diâmetro $t = 0,03$ mm, que é paralelo ao eixo de referência A.</p>	
					<p>A superfície com sua tolerância deve situar-se entre duas superfícies envolventes, cujo afastamento é limitado por esferas com diâmetro $t = 0,3$ mm. Os centros das esferas situam-se na superfície geometricamente ideal.</p>	

INSPEÇÃO E METROLOGIA

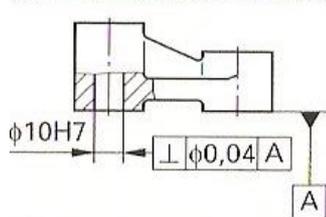
Tolerâncias de Forma e Posição

Tolerância de forma e posição

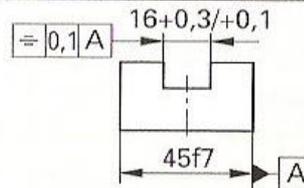
Cf. DIN ISO 1101 (1985-03)

Referência	Elemento tolerado
<p>• Identificação</p> <p>Elemento de referência</p> <p>moldura de referência</p> <p>letra de referência</p> <p>linha de referência</p> <p>triângulo de referência</p>	<p>• Identificação</p> <p>Símbolo do tipo de tolerância</p> <p>Elemento com tolerância</p> <p>moldura da tolerância</p> <p>letra de referência</p> <p>valor da tolerância</p> <p>linha de referência com seta de referência</p>
<p>• A referência é</p> <p>eixo</p> <p>plano central</p> <p>linha do corpo</p> <p>superfície</p>	<p>• Tolerância vale para</p> <p>eixo central</p> <p>plano central</p> <p>linha do corpo</p> <p>superfície</p>

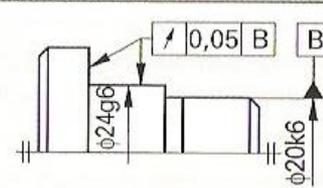
Exemplos



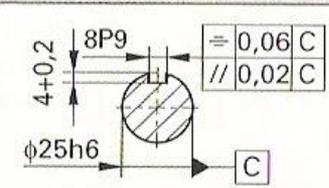
O eixo da perfuração deve ser perpendicular (valor de tolerância 0,04 mm) à superfície de apoio.



O plano central do rasgo deve ser simétrico em relação ao plano central da superfície exterior (valor de tolerância 0,1 mm).



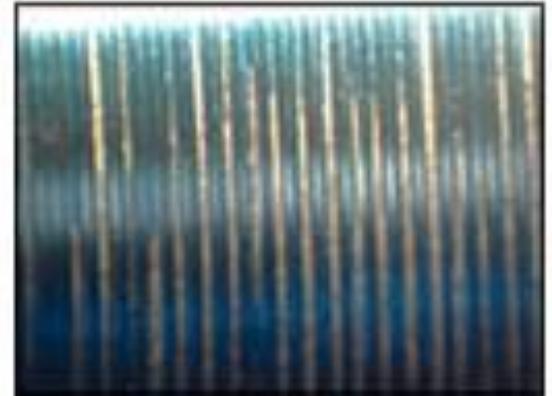
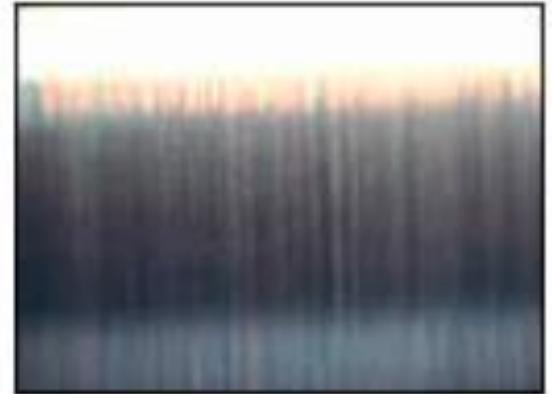
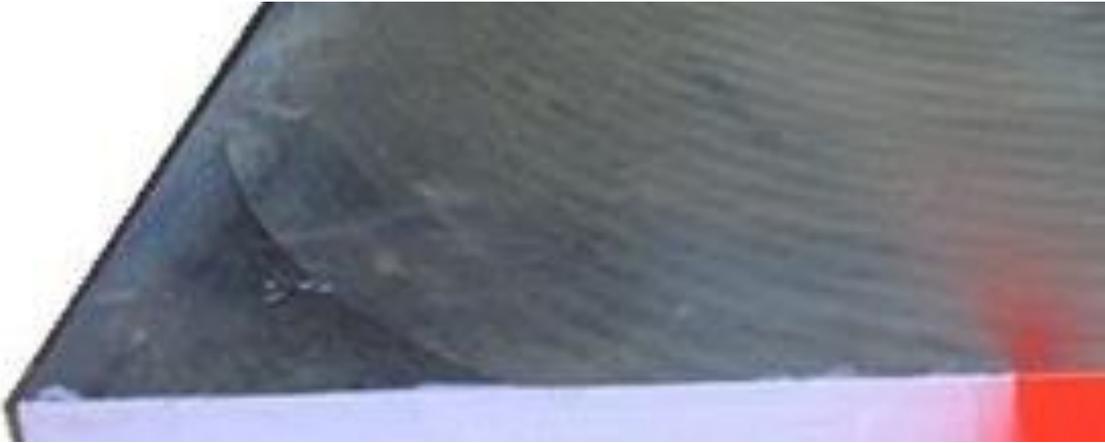
Em relação ao eixo $\phi 20k6$ a superfície cilíndrica deve correr em círculo e a superfície chata, transversal (valor de tolerância 0,05 mm).



O rasgo deve ser simétrico (valor de tolerância 0,06 mm) e paralelo (valor de tolerância 0,02 mm) ao eixo $\phi 25h6$.

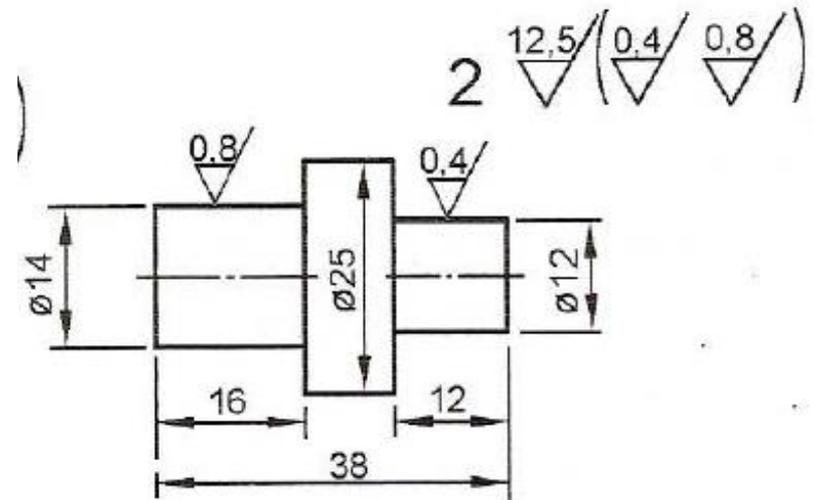
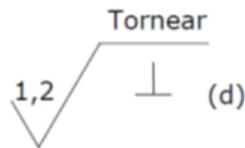
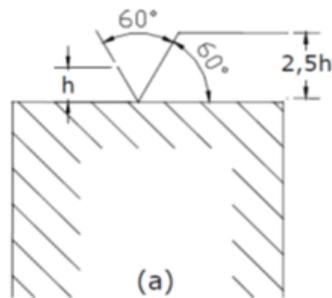
INSPEÇÃO E METROLOGIA

ACABAMENTO SUPERFICIAL – RUGOSIDADE



INSPEÇÃO E METROLOGIA

ACABAMENTO SUPERFICIAL – RUGOSIDADE



SÍMBOLO	SIGNIFICADO
~	Indica que a superfície deve permanecer bruta, sem acabamento, e as rebarbas devem ser eliminadas.
▽	Indica que a superfície deve ser desbastada. As estrias produzidas pela ferramenta podem ser percebidas pelo tato ou visão.
▽▽	Indica que a superfície deve ser alisada, apresentando dessa forma marcas pouco perceptíveis à visão.
▽▽▽	Indica que a superfície deve ser polida, e assim ficar lisa, brilhante, sem marcas visíveis.

INSPEÇÃO E METROLOGIA

ACABAMENTO SUPERFICIAL – RUGOSIDADE

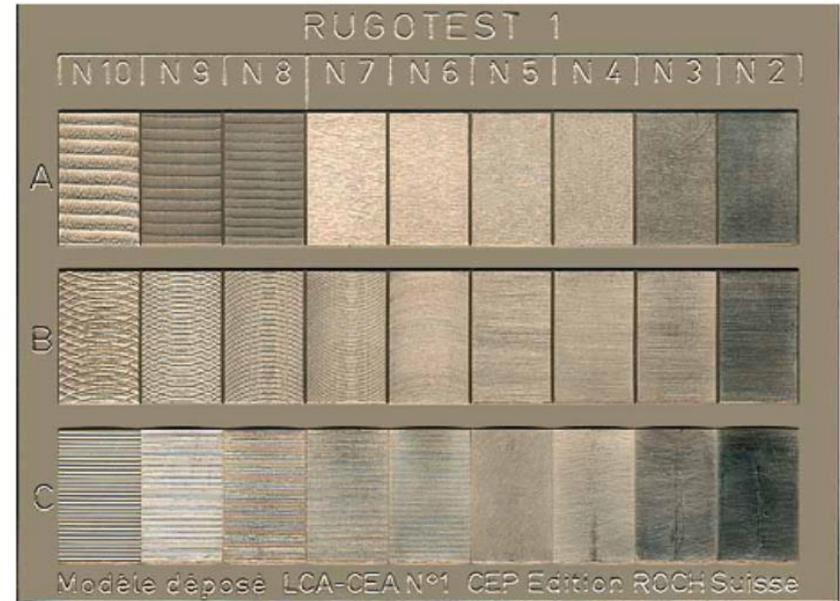
RUGOSIDADE SUPERFICIAL			(Refere-se JIS B 0601-1994)
Tipo	Código	Determinação Tipo	Exemplo de Determinação (Figura)
Rugosidade Aritmética Principal	Ra	<p>Ra significa o valor obtido através da seguinte fórmula expressado em micrômetro (μm). Quando tomamos uma amostra de somente um comprimento de referência da curva de rugosidade na direção da linha principal. Tomamos o eixo-X na direção da linha principal e o eixo-Y na direção de magnificação longitudinal desta parte da amostra e a curva de rugosidade é expressa por:</p> $Ra = \frac{1}{l} \int_0^l f(x) dx$	
Altura Máxima	Rz	<p>Rz será somente o comprimento de referência é tomado da curva de rugosidade na direção da linha principal. A distância entre o pico mais alto da linha e o vale mais profundo da linha. Nesta porção da amostra é medida a magnificação longitudinal na direção da curva de rugosidade e o valor obtido é expressado em micrômetro (μm). (Nota) Quando encontrar o Rz, uma relação sem um pico excepcional ou um baixo valor, os quais podem ser considerados como uma falha, é selecionado como o comprimento da amostra.</p> $Rz = Rp + Rv$	
Rugosidade de Dez-Pontos Principais	RzJIS	<p>RzJIS será somente o comprimento de referência tomado da curva de rugosidade na direção de sua linha principal. As médias somadas dos cinco valores absolutos e picos mais altos do perfil (Yp) e os cinco valores mais profundos do perfil (Yv). Medidos na direção da magnificação vertical da linha principal desta porção da amostra e esta soma é expressa em micrômetro (μm).</p> $Rz_{JIS} = \frac{(Yp1 + Yp2 + Yp3 + Yp4 + Yp5) + (Yv1 + Yv2 + Yv3 + Yv4 + Yv5)}{5}$	<p>$Yp1, Yp2, Yp3, Yp4, Yp5$: altitudes dos cinco picos mais altos do perfil da porção tomada como amostra correspondente com comprimento de referência.</p> <p>$Yv1, Yv2, Yv3, Yv4, Yv5$: altitudes dos cinco vales mais profundos do perfil da porção tomada como amostra correspondente com comprimento de referência.</p>

INSPEÇÃO E METROLOGIA

ACABAMENTO SUPERFICIAL – RUGOSIDADE

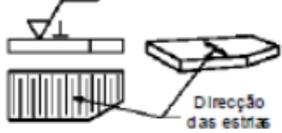
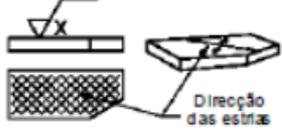
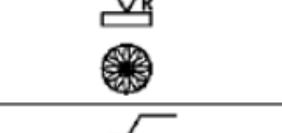
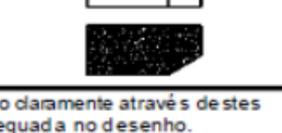


Ra 12,5 6,3 3,2 1,6 0,8 0,4 0,2 0,1 0,05 μm



INSPEÇÃO E METROLOGIA

ACABAMENTO SUPERFICIAL – RUGOSIDADE

Símbolo Gráfico	Interpretação e exemplo	
=	Paralelas ao plano de projecção da vista na qual o símbolo é utilizado	
⊥	Perpendiculares ao plano de projecção da vista na qual o símbolo é utilizado	
X	Cruzadas em duas direcções oblíquas relativamente ao plano de projecção da vista na qual o símbolo é utilizado	
M	Multidireccionais	
C	Aproximadamente circulares relativamente ao centro da superfície à qual o símbolo se aplica	
R	Aproximadamente radiais relativamente ao centro da superfície à qual o símbolo se aplica	
P	Estrias particulares, não-direccionais, ou protuberantes	
Se for necessário especificar um padrão de superfície que não é definido claramente através de estes símbolos, isso deve ser conseguido pela adição de uma nota adequada no desenho.		