



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA**

Capítulo 7

Tolerâncias e Ajustes

Professor: Anderson Luís Garcia Correia

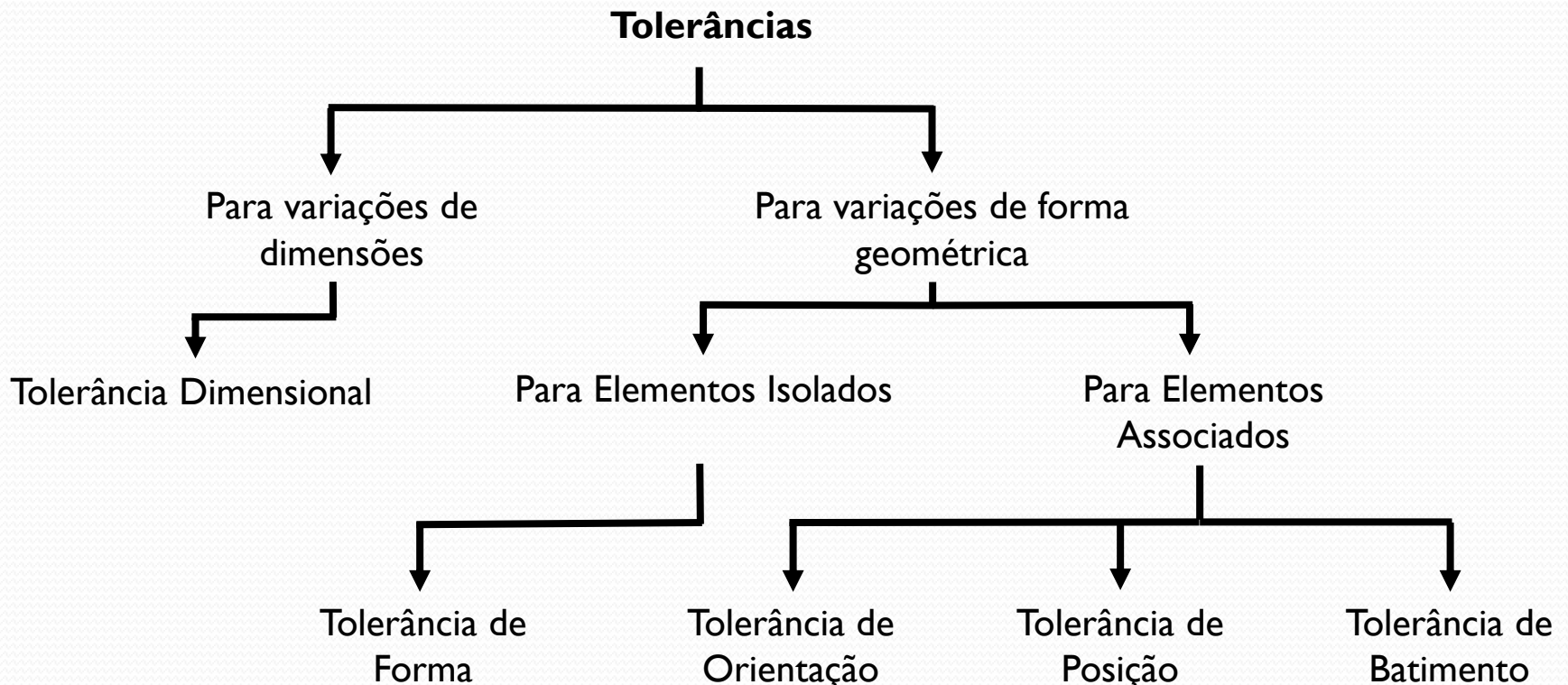
Unidade Curricular de Desenho Técnico I

27 de outubro de 2017

Tolerâncias

Para que os defeitos que ocorrem durante a fabricação de cada peça não prejudiquem a montagem e o seu funcionamento, em relação ao conjunto de peças que compõem as máquinas e equipamentos, são utilizadas tolerâncias (limites admissíveis de erro).

As tolerâncias são aplicadas tanto no controle das variações de forma geométrica como também nas variações de dimensões.



TOLERÂNCIAS DIMENSIONAIS

(NB – 86 da ABNT = ISO R-286)

Tolerância dimensional é a variação permitida em uma determinada dimensão da peça.

A cota indica que, durante o processo de fabricação, a dimensão poderá variar entre um valor máximo de 30,009 até um valor mínimo de 29,996.

Onde:

30 é a **Dimensão Nominal**.

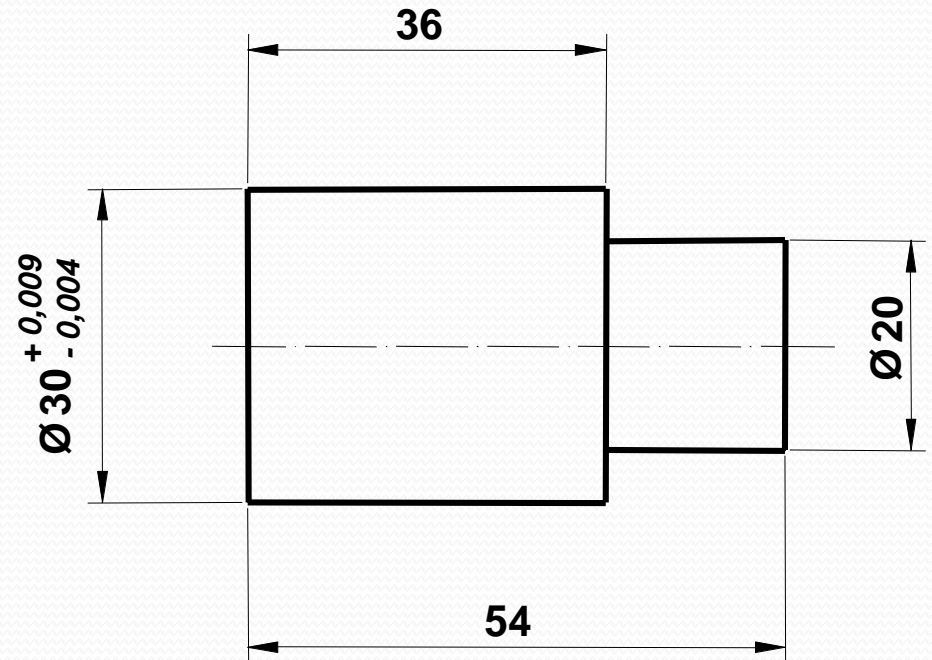
30,009 é a **Dimensão Máxima**.

29,996 é a **Dimensão Mínima**.

+ 0,009 é o **Afastamento Superior**.

- 0,004 é o **Afastamento Inferior**.

A Tolerância é 0,013 (Diferença entre os afastamentos máximo e mínimo).



Sistema Internacional de Tolerâncias

O sistema padronizado pelo ISO é constituído por uma série de princípios, regras e tabelas que permitem a escolha racional das tolerâncias adequadas para cada caso.

O sistema ISO considera todas as dimensões compreendidas entre 1 e 500 mm, subdivididas em grupos para efeito de cálculo da unidade de tolerância (i).

GRUPO DE DIMENSÕES			
0 até 1mm	> 1	> 50	≤ 80
> 1	≤ 3	> 80	≤ 120
> 3	≤ 6	> 120	≤ 180
> 6	≤ 10	> 180	≤ 250
> 10	≤ 18	> 250	≤ 315
> 18	≤ 30	> 315	≤ 400
> 30	≤ 50	> 400	≤ 500

$$i = 0,45 \times \sqrt[3]{MG} + 0.001 \times MG$$

A unidade de tolerância é expressa em μ .

Onde: MG é a variação geométrica (**Média Geométrica**) dos dois valores extremos de cada grupo de dimensões.

Exemplos de Cálculo da Unidade de Tolerância

Calcular a unidade de tolerância para uma dimensão de 60 mm

$$MG = \sqrt{50 \times 80} = \sqrt{4000} = 63,24$$

Média Geométrica

$$i = 0,45 \times \sqrt[3]{63,24} + (63,24 \times 0,001) = 1,856 \mu$$

Calcular a unidade de tolerância para uma dimensão de 30 mm

$$MG = \sqrt{18 \times 30} = \sqrt{540} = 23,24$$

Média Geométrica

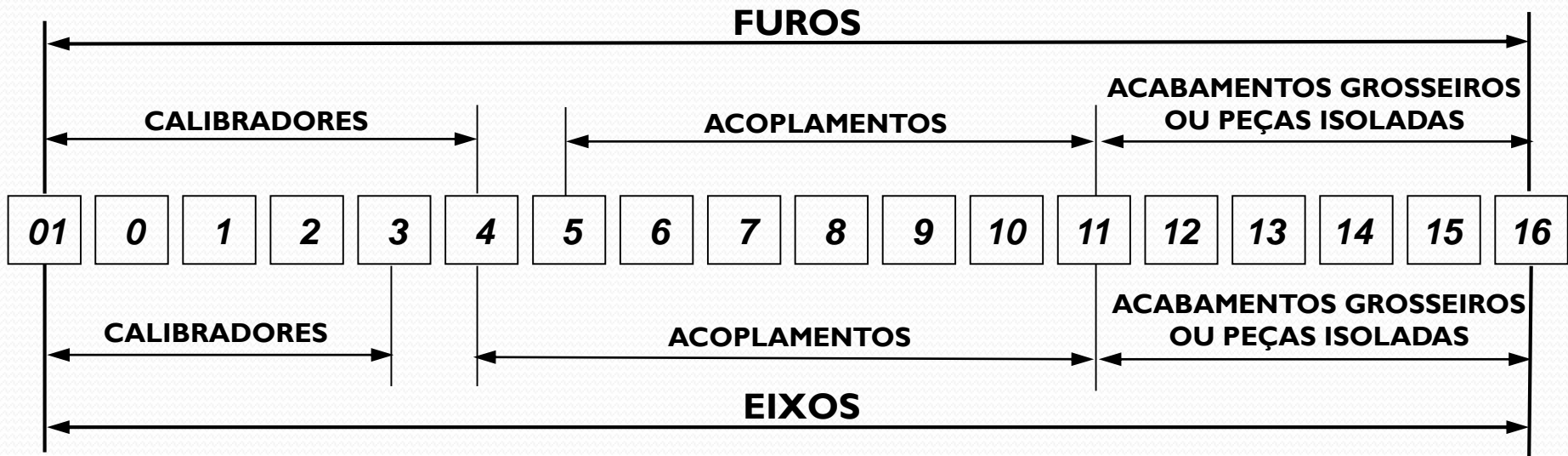
$$i = 0,45 \times \sqrt[3]{23,24} + (23,24 \times 0,001) = 1,307 \mu$$

Qualidade de Trabalho

Fabricação das peças de um paquímetro ou de qualquer outro instrumento de medição deve conter erros menores que as peças de um motor de automóvel, que por sua vez deve conter erros menores que as peças de uma betoneira.

Erros menores implica em tolerâncias menores e melhor acabamento superficial.

O sistema ISO estabelece 18 qualidades de trabalho (**graus de tolerância**) designadas IT 01, IT 0, IT 1, até IT 16 (**I de ISO e T de Tolerância**) para atender as diversas finalidades de construção de peças.



Quanto menor é o número da qualidade, mais preciso é o acabamento.

Tolerâncias Fundamentais

Os valores das tolerâncias fundamentais, a partir da qualidade IT 5, são calculadas em função da unidade de tolerância “i”, conforme a tabela abaixo:

Qualidade (IT)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
TOLERÂNCIA	7i	10i	16i	25i	40i	64i	100i	160i	250i	400i	640i	1000i

EXEMPLO: $\text{Ø } 30 \begin{matrix} + 0,009 \\ - 0,004 \end{matrix}$ Contém uma tolerância de: 0,013 mm \Rightarrow 13 μ

A unidade de tolerância “i” Para a dimensão de 30 mm \Rightarrow $i = 1,307 \mu$

Para a qualidade IT 6 a tolerância fundamental é 10 i \Rightarrow $10 \times 1,307 = 13 \mu$

Conclusão: \Rightarrow A partir da qualidade de trabalho pretendida pode-se calcular a tolerância adequada.

Os valores de IT 01, IT 0 e IT 1 são fixados segundo os valores crescentes de uma lei linear, para levar em conta os erros proporcionais às dimensões, que são predominantes nas medições de alta precisão.

IT 01	IT 0	IT 1
$0,3 + 0,008D$	$0,5 + 0,012D$	$0,8 + 0,020D$

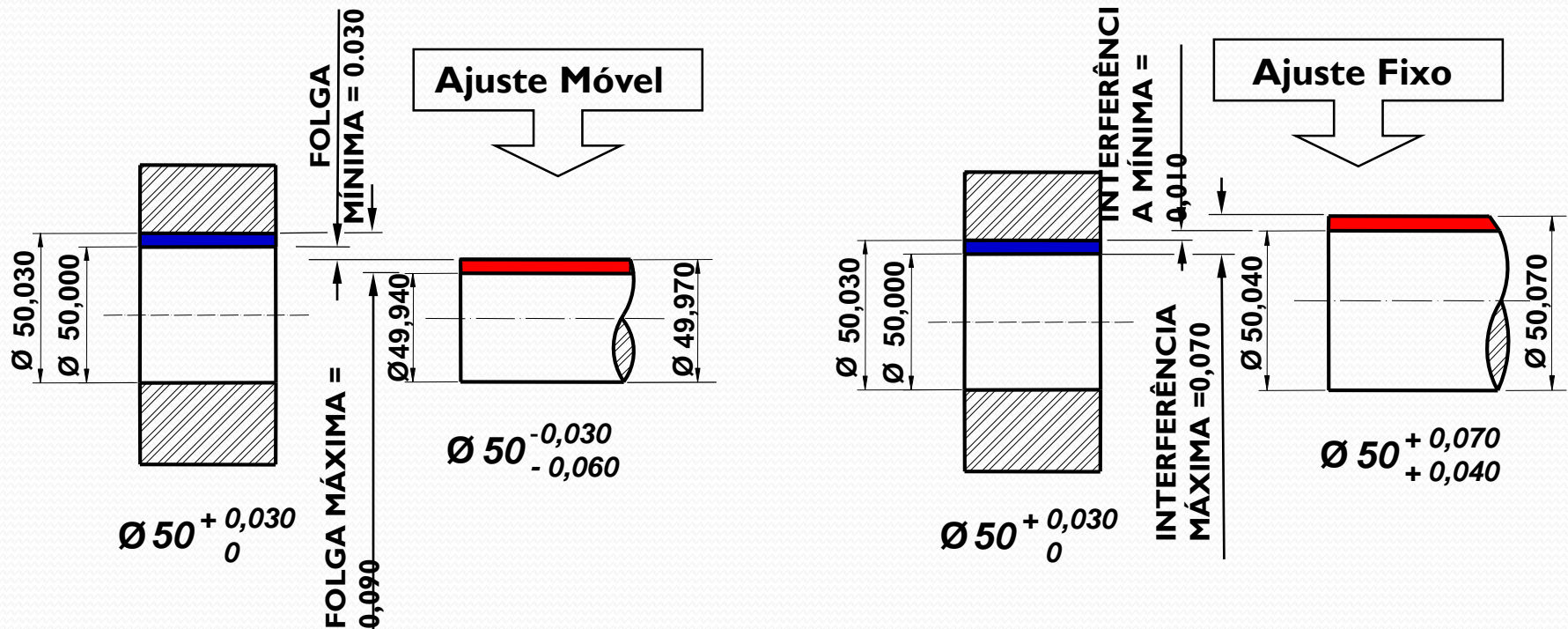
Os valores de IT 2, IT 3 e IT 4 são fixados segundo progressão geométrica dos valores correspondentes de IT 1 e IT 5.

Ajustes

É o encaixe obtido entre duas peças de formato inverso (MACHO e FÊMEA), sem que se tenha verificado durante o processo construtivo, o comportamento de uma em relação à outra.

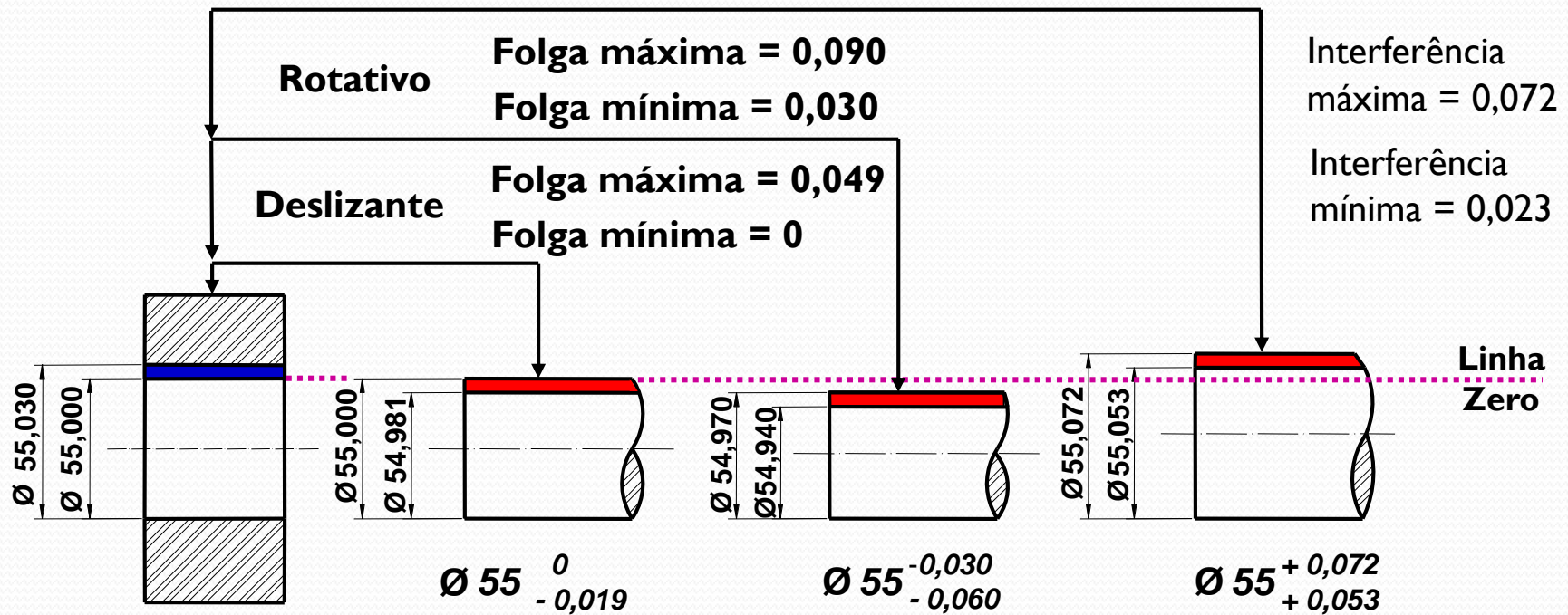
Na produção em série as peças não são todas absolutamente iguais, mas dentro de limites estabelecidos pelas tolerâncias os ajustes sempre terão o mesmo resultado.

Na construção de vários conjuntos, considerando uma peça em relação à outra, sempre ocorrerá o mesmo tipo de ajuste.



Pode-se obter diferentes tipos de ajustes variando somente a posição do campo da tolerância do eixo – **VARIAÇÃO EM RELAÇÃO À LINHA ZERO.**

A pressão com esforço

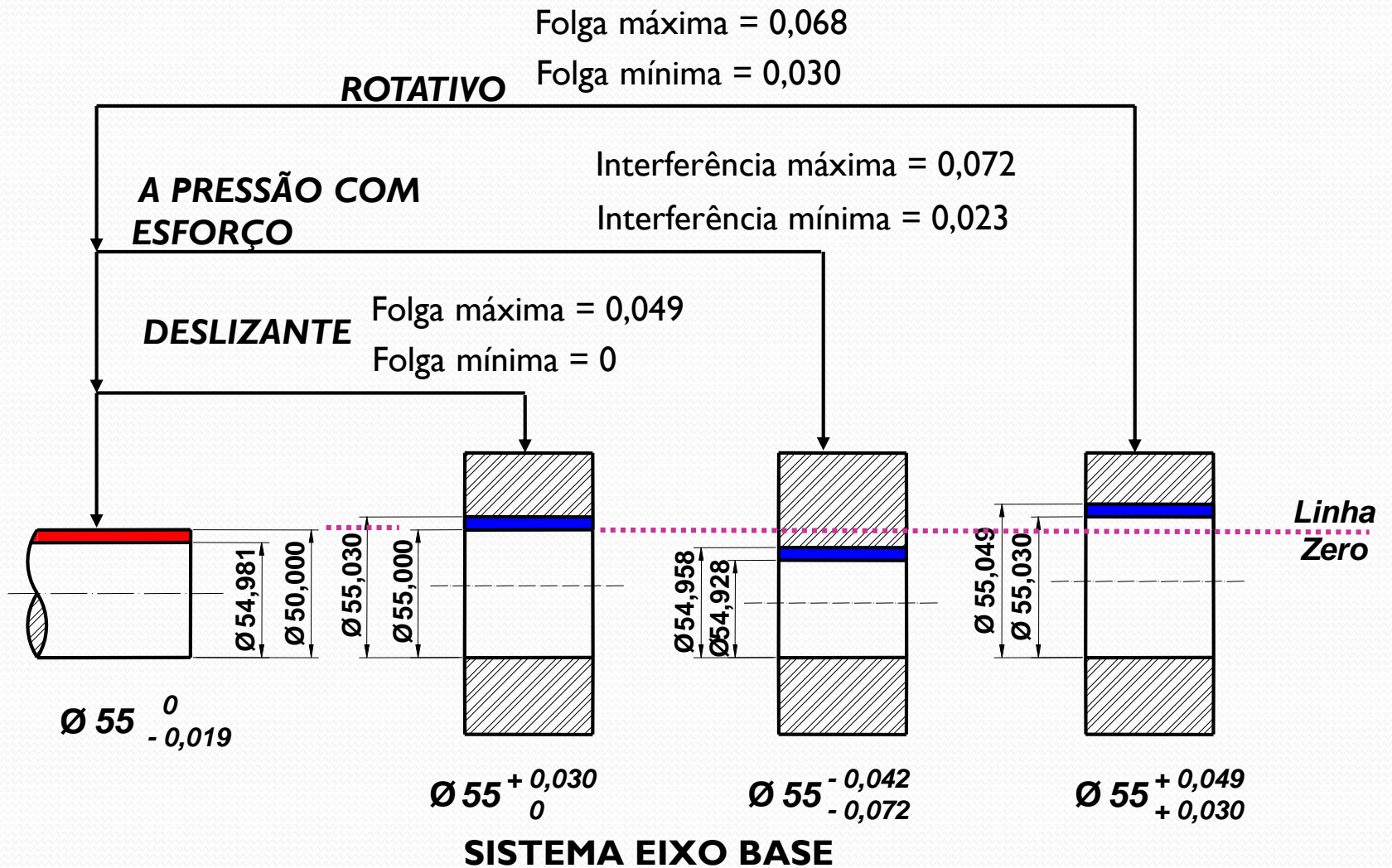


$$\text{Ø } 55 \begin{smallmatrix} +0,030 \\ 0 \end{smallmatrix}$$

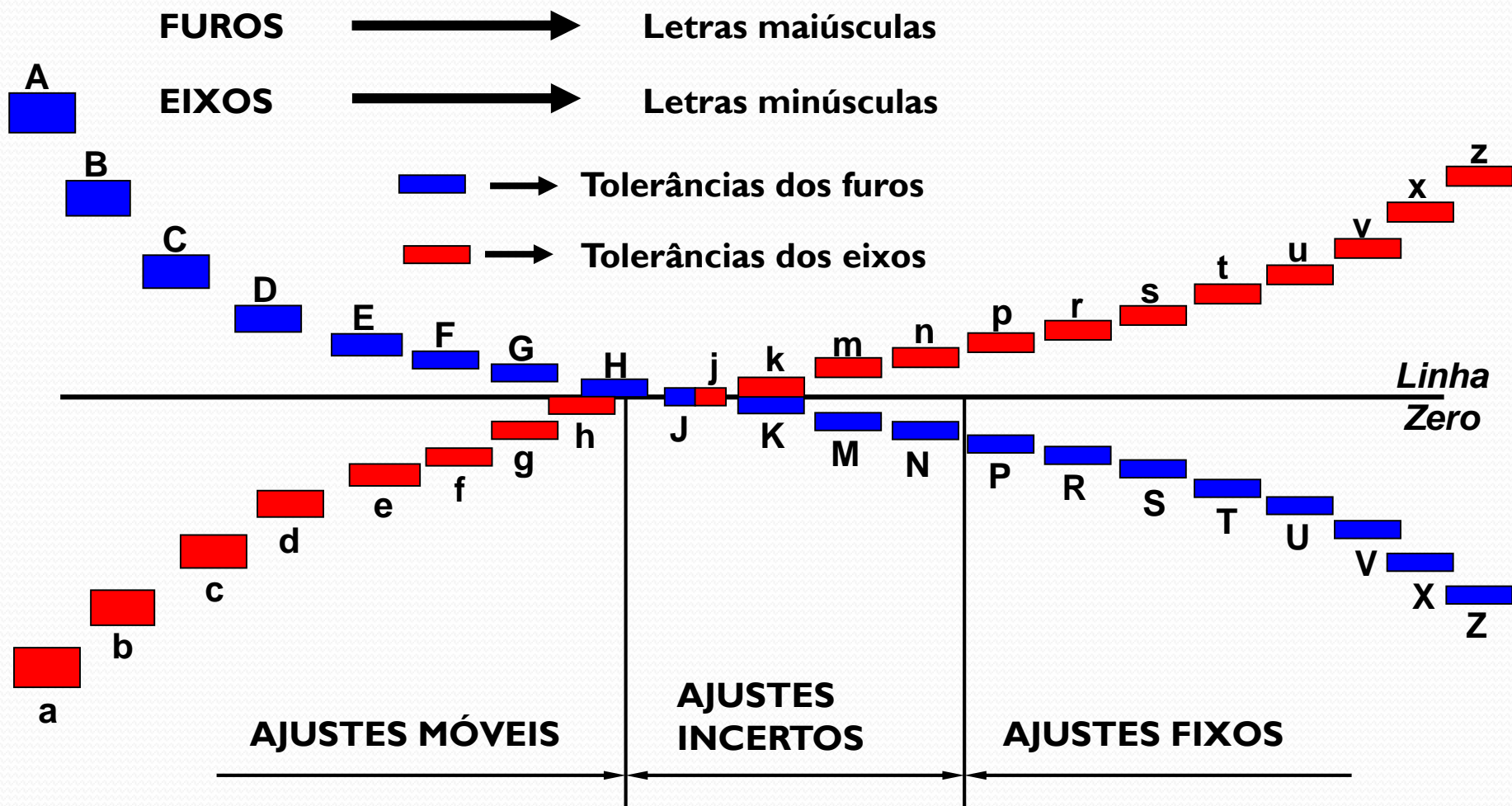
SISTEMA FURO BASE

- Folga máxima** = Diferença entre a dimensão máxima do furo e a dimensão mínima do eixo.
- Folga mínima** = Diferença entre a dimensão mínima do furo e a dimensão máxima do eixo.
- Interf. Máxima** = Diferença entre a dimensão máxima do eixo e a dimensão mínima do furo.
- Interf. Mínima** = Diferença entre a dimensão mínima do eixo e a dimensão máxima do furo.

Também se pode obter diferentes tipos de ajustes variando somente a posição do campo da tolerância do furo – **VARIAÇÃO EM RELAÇÃO À LINHA ZERO.**



A posição dos campos de tolerância em relação à linha zero é designada por letras.



Para indicar o campo da tolerância, deve-se acrescentar à letra o número indicativo da qualidade: H 7, n 6, F8, s6 etc.

Na indicação simultânea do furo e do eixo, a simbologia indicativa do furo deve ficar em primeiro lugar.



H 7/ h 6 ou
H 7 – h 6

Os valores dos afastamentos superior e inferior para os eixos (em μ) é obtido através de fórmulas específicas dadas em função da dimensão nominal (em mm).

Exemplos:

Onde:

a_s



Afastamento superior

a_i



Afastamento inferior

AFASTAMENTO PARA EIXOS	
Posição da tolerância	Fórmulas para cálculo
f	$a_s = -5,5 D^{0,41}$
g	$a_s = -2,5 D^{0,34}$
h	$a_s = 0$
m	$a_i = +(IT7 - IT6)$
n	$a_i = +5D^{0,34}$
p	$a_i = +IT7 + 0 a 5$
r	$a_i =$ Média geométrica entre os valores de a_i previstos para p e s
s	$a_i =$ para $D \leq 50 = (IT8 + 1 a 4)$ = para $D > 50 = (IT7 + 0,4D)$

Afastamento superior (a_s) – tolerância = afastamento inferior (a_i)

Afastamento inferior (a_i) + tolerância = afastamento superior (a_s)

Os afastamentos dos FUIROS são exatamente simétricos aos dos EIXOS da mesma posição e qualidade.

a_i (afastamento inferior do furo) é igual a a_s (afastamento superior do eixo da mesma letra e qualidade) com o sinal trocado.

Exemplo de aplicação: Determinar os afastamentos do eixo n 6 e do furo N 6 para uma dimensão de 40 mm.

Para a posição n, temos: $a_i = +5D^{0,34}$ $a_i = +5 \times 40^{0,34}$ $a_i = 17,5 \cong 17 \mu$

Cálculo da unidade de tolerância



$$MG = \sqrt{30 \times 50} = \sqrt{1500} \cong 38,73$$

$$i = 0,45 \sqrt[3]{38,73} + (38,73 \times 0,001) \cong 1,6 \mu$$

Temos que: $IT 6 = 10i$ \longrightarrow Tolerância fundamental = 16 μ

$$a_s = +17 + 16 = 33 \mu$$

Que resulta para o eixo n 6: $40 \begin{matrix} +0,033 \\ +0,017 \end{matrix}$ e para o furo N 6: $40 \begin{matrix} -0,017 \\ -0,033 \end{matrix}$

Para facilitar a utilização, a ISO organizou os campos de tolerância em tabelas, relacionando as posições e qualidades de furos e eixos.

A norma NB - 86 apresenta diversas tabelas tanto para o sistema FURO BASE, como para o sistema EIXO BASE.

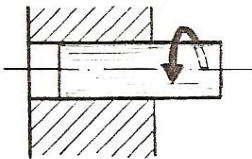
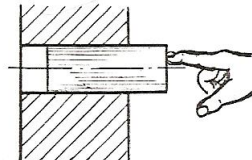
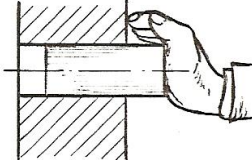
EXEMPLO: TABELA PARA FURO BASE - H 7
(Tolerâncias em micron)

Dimensão nominal (mm)		FURO H 7 (μ)	EIXOS (μ)								
Acima de	até		f 7	g 6	h 6	j 6	k 6	m 6	n 6	r 6	s 6
-	3	+10 0	-6 -16	-2 -8	0 -6	+4 -2	+6 0	+9 +3	+10 +4	+16 +10	+20 +14
3	6	+12 0	-10 -22	-4 -12	0 -8	+6 -2	+9 +1	+12 +4	+16 +8	+23 +15	+27 +29
6	10	+15 0	-13 -28	-5 -14	0 -9	+7 -2	+10 +1	+15 +6	+19 +10	+28 +19	+32 +23
10	18	+18 0	-16 -34	-6 -17	0 -11	+8 -3	+12 +1	+18 +7	+23 +12	+34 +23	+39 +28
18	30	+21 0	-20 -41	-7 -20	0 -13	+9 -4	+15 +2	+21 +8	+28 +15	+41 +28	+48 +35
30	50	+25 0	-25 -50	-9 -25	0 -16	+11 -5	+18 +2	+25 +9	+33 +17	+50 +34	+59 +43

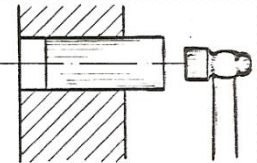
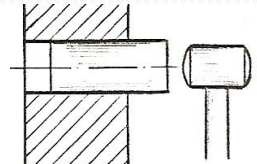
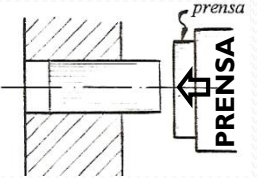
EXEMPLO: TABELA PARA FURO BASE - H 7
(Tolerâncias em micron)

Dimensão nominal (mm)		FURO H 7 (μ)	EIXOS (μ)								
Acima de	até		f 7	g 6	h 6	j 6	k 6	m 6	n 6	r 6	s 6
50	65	+30 0	-30 -60	-10 -29	0 -19	+12 -7	+21 +2	+30 +11	+39 +20	+60 +41	+72 +53
65	80									+62 +43	+78 +59
80	100	+35 0	-36 -71	-12 -34	0 -22	+13 -9	+25 +3	+35 +13	+45 +23	+73 +51	+93 +71
100	120									+76 +54	+101 +79
120	140	+40 0	-43 -83	-14 -39	0 -25	+14 -11	+28 +3	+40 +15	+52 +27	+88 +63	+117 +92
140	160									+90 +65	+125 +100
160	180									+93 +68	+133 +108

**Tabela prática para aplicação de ajustes
Sistema ISO - furo base**

	Tipo	Exemplo	Ajuste	Aplicação
PEÇAS MÓVEIS Uma em relação à outra	Rotativo		H 7/f 7	Peças que giram ou deslizam com boa lubrificação. Ex.: eixos, mancais etc.
	Deslizante		H 7/g 6	Peças que giram ou deslizam com grande precisão. Ex.: anéis de rolamento, corredeiras etc.
	Deslizante Justo		H 7/h 6	Encaixes fixos de precisão, órgãos lubrificados deslocáveis à mão. Ex.: punções, guias etc.

**Tabela prática para aplicação de ajustes
Sistema ISO - furo base**

	Tipo	Exemplo	Ajuste	Aplicação
PEÇAS FIXAS Uma em relação à outra	Aderente Forçado Leve		H 7/j 6	Órgão que necessitam de freqüentes desmontagens. Ex.: polias, engrenagens, rolamentos etc.
	FORÇADO DURO		H 7/n 6	Órgãos passíveis de montagem e desmontagens sem deterioração das peças
	À pressão Com Esforço		H 7/s 6	Pecas impossíveis de serem desmontadas sem deterioração. Ex.: buchas à pressão etc.