

EPRI14 – Metrologia

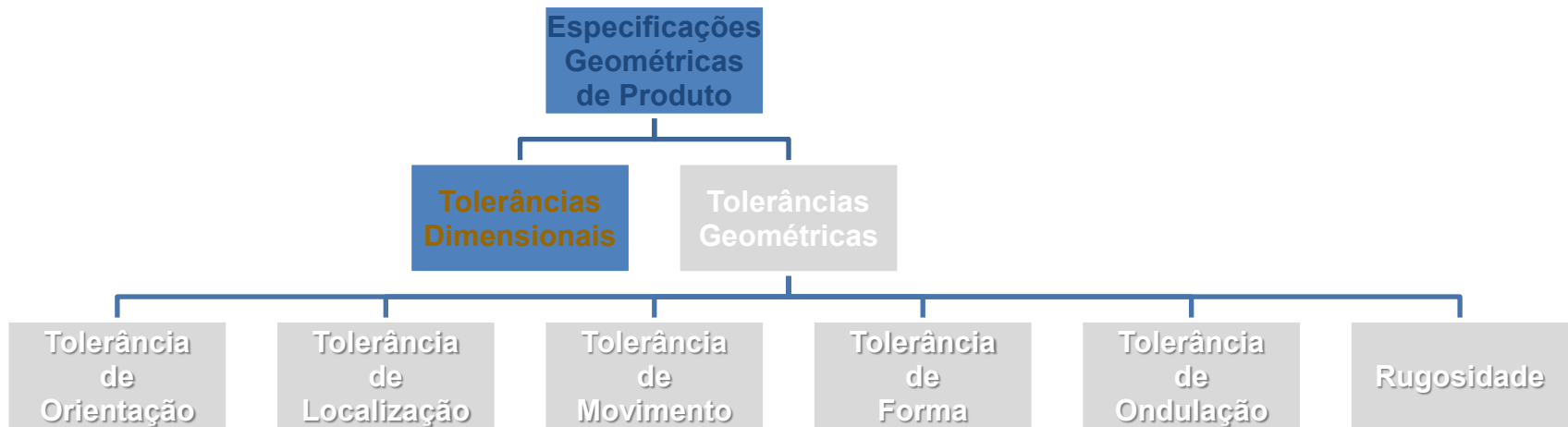
09

Tolerâncias / Ajustes / Controle Geométrico





Tipos de especificações geométricas





Tipos de especificações geométricas

◆ Especificações Geométricas de Produto (EGP)

As **Especificações Geométricas de Produto** representam o conjunto de requisitos técnicos que definem não apenas o tamanho (dimensão) da peça, mas também sua **forma, orientação, posição e acabamento superficial**.

Na prática industrial, não basta apenas indicar uma dimensão nominal no desenho técnico.

É necessário estabelecer limites aceitáveis de variação para garantir:

- Intercambiabilidade;
- Funcionamento adequado do conjunto mecânico;
- Montagem correta;
- Qualidade e confiabilidade do produto.

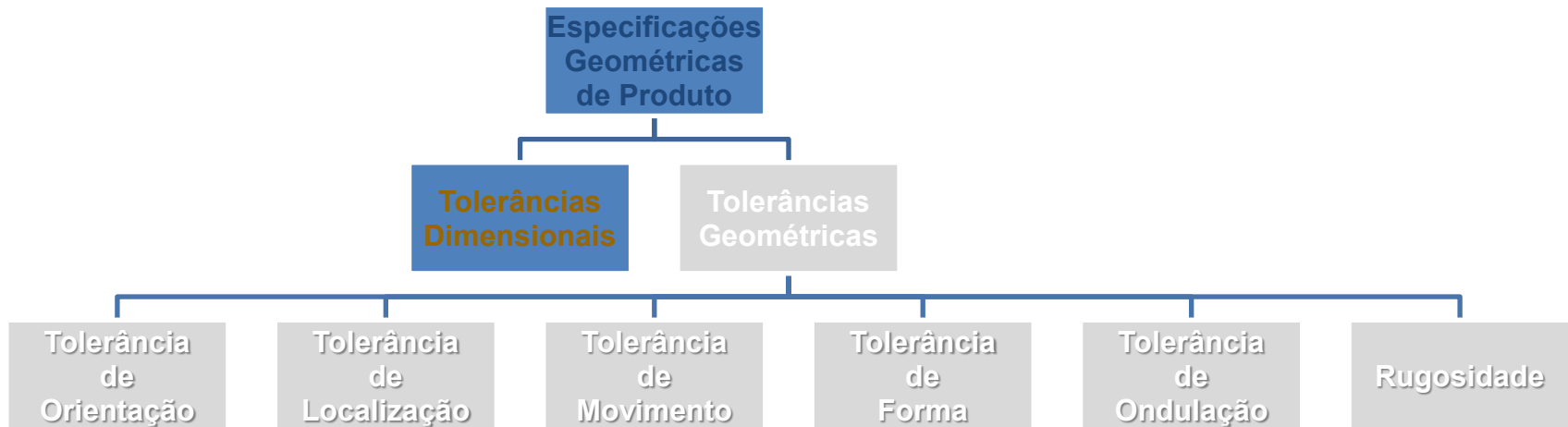
As especificações geométricas englobam dois grandes grupos:

1.Tolerâncias Dimensionais

2.Tolerâncias Geométricas



Tipos de especificações geométricas





Tipos de especificações geométricas

◆ Tolerâncias Dimensionais

As **tolerâncias dimensionais** definem a variação permissível de uma dimensão nominal. Nenhum processo de fabricação produz peças com medidas absolutamente exatas.

Portanto, admite-se uma variação entre um valor máximo e um valor mínimo.

📌 Definição:

Tolerância (T) = Dimensão máxima – Dimensão mínima

Elas garantem que, mesmo com pequenas variações de fabricação, a peça continue funcional.

Exemplo:

Um eixo com dimensão 40 mm pode ter:

Dimensão máxima = 40,025 mm

Dimensão mínima = 40,000 mm

Tolerância = 0,025 mm

As tolerâncias dimensionais são fundamentais para:

Ajustes com folga;

Ajustes com interferência;

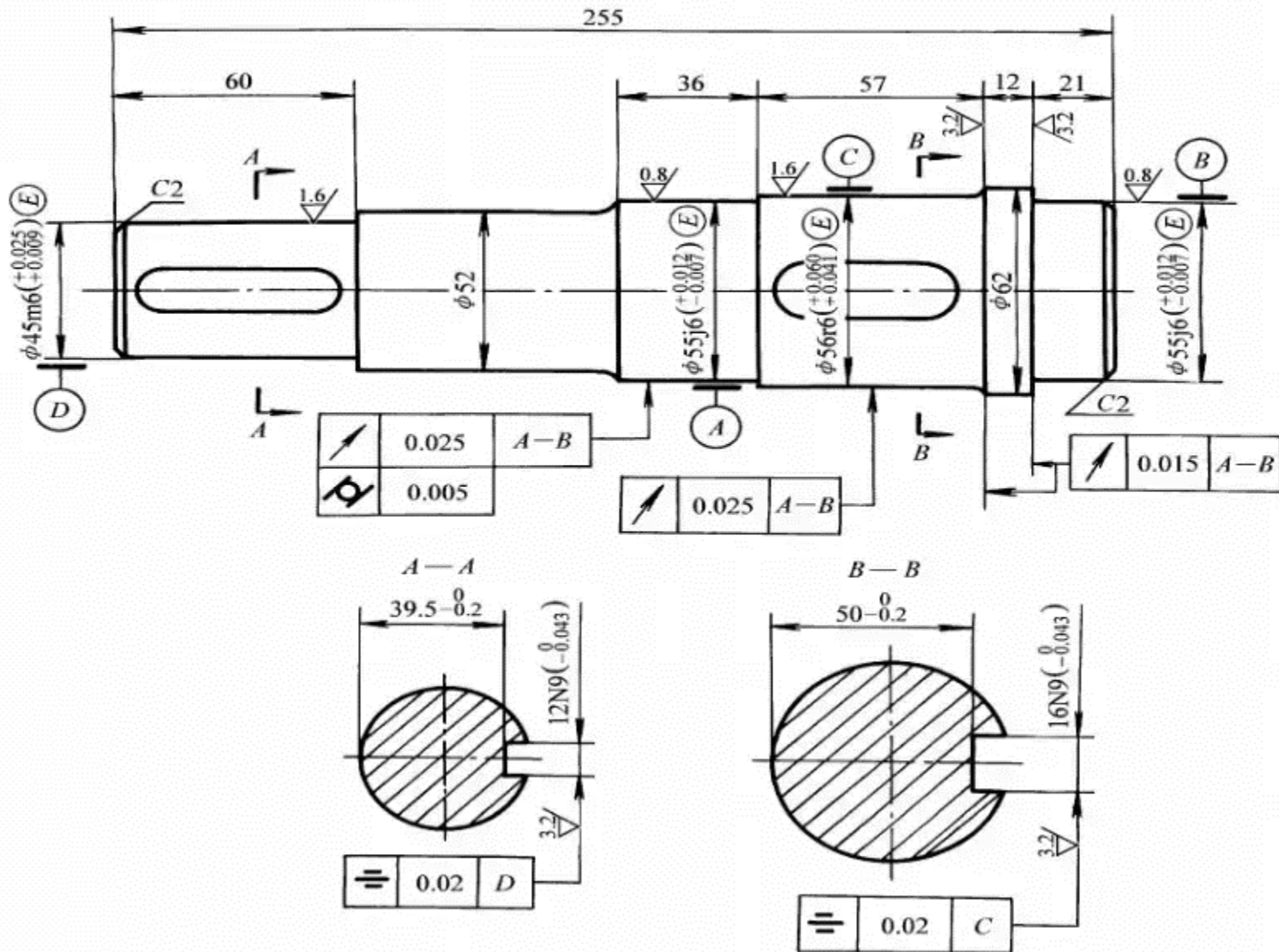
Ajustes incertos;

Sistemas furo-base e eixo-base (ABNT/ISO).



Interpretação de desenho com tolerâncias geométricas

Eixo mecânico escalonado com rasgos longitudinais (tipo chaveta).



Metrologia

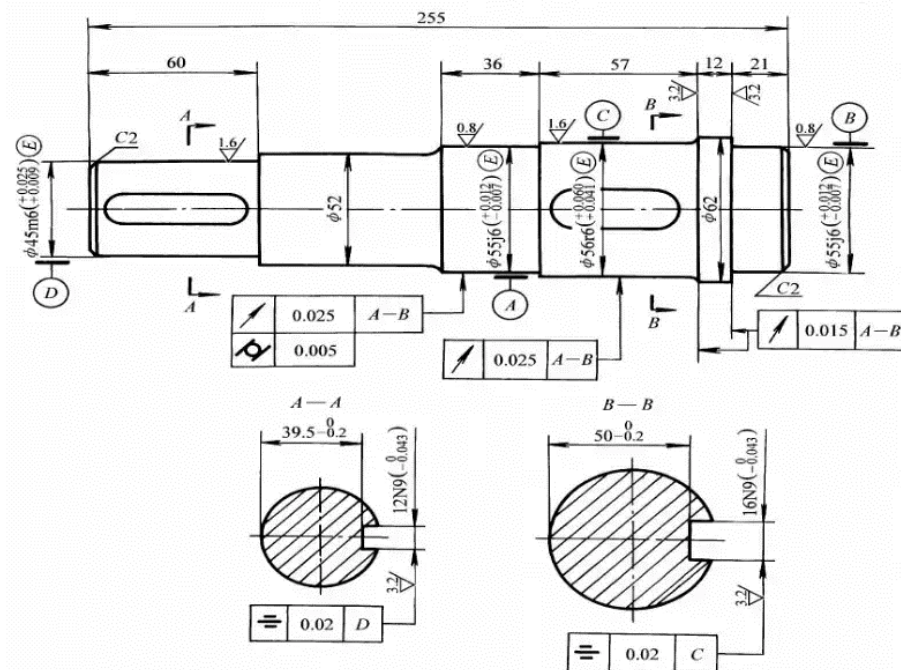
O slide apresenta um **desenho técnico de um eixo escalonado** com:

- Dimensões nominais e tolerâncias dimensionais;
- Referências (**Datums***) A, B, C e D;
- Indicações de rugosidade superficial;
- Tolerâncias geométricas (forma, orientação e posição).

Na parte inferior, os cortes **A-A** e **B-B** mostram o controle de:

- Circularidade;
- Batimento;
- Paralelismo ou posição em relação aos datums.

O exemplo demonstra que **não basta controlar apenas o diâmetro**, sendo necessário também controlar a geometria para garantir o funcionamento do conjunto mecânico.



***Datums** são referências geométricas usadas como base para medir e controlar uma peça no desenho técnico.

Eles podem ser:

- Um **plano**
- Um **eixo**
- Um **ponto**

Servem para indicar **em relação a quê** uma tolerância geométrica deve ser aplicada (paralelismo, perpendicularidade, posição, etc.).

Em resumo:

São as “referências oficiais” da peça para garantir montagem e funcionamento corretos.



Interpretação de desenho com tolerâncias geométricas

Eixo mecânico escalonado com rasgos longitudinais (tipo chaveta).

◆ Características observadas no desenho:

- Corpo cilíndrico com **diâmetros diferentes (degraus)**
- **Rasgos longitudinais** nas extremidades (provavelmente para chaveta ou arraste)
- Controle dimensional ISO (ex.: $\varnothing 55\ j6$, $\varnothing 56\ f6$)
- Tolerâncias geométricas com referência a datums (A, B, C, D)
- Indicação de rugosidade superficial
- Chanfros (C2)
- Seções A–A e B–B mostrando o perfil do rasgo

🔑 Aplicação provável:

Esse tipo de eixo é usado para:

- Transmitir torque
- Acoplar engrenagens, polias ou acoplamentos
- Montagem com chavetas
- Sistemas rotativos (máquinas, redutores, motores)



Interpretação de desenho com tolerâncias geométricas

Eixo mecânico escalonado com rasgos longitudinais (tipo chaveta).

Esse desenho (à direita) é um **quadro de tolerância geométrica** (*feature control frame*).

Ele indica duas exigências:

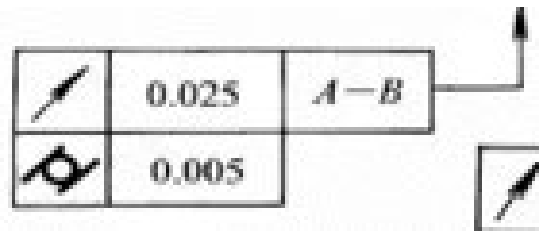
◆ Linha superior

Símbolo de **batimento** (*circular runout*)

Valor: **0,025 mm**

Referência: **A—B**

→ Significa que a superfície controlada pode variar no máximo 0,025 mm quando a peça gira, tomando como referência os *datums* A e B.



◆ Linha inferior

Símbolo de **circularidade** (ou **concentricidade**, dependendo da norma aplicada)

Valor: **0,005 mm**

→ Indica um controle mais rigoroso da forma da seção circular, limitando a variação a 0,005 mm.

📌 Resumindo:

O elemento deve ter **boa concentricidade/forma (0,005 mm)** e **baixo batimento em relação aos referenciais A e B (0,025 mm)**.



Conceito

- A **prática** tem demonstrado que as medidas das **peças podem variar**, dentro de certos limites, **para mais ou para menos**, sem que isso prejudique a **qualidade** do produto.

TOLERÂNCIA:

- Variação permissível da dimensão da peça, dada pela diferença entre dimensões máxima e mínima

OUTROS CONCEITOS:

- **Dimensão nominal (D)**: indicadas nos desenhos técnicos;
- **Afastamento superior (As/ as)**: é o maior valor definido pela tolerância;
- **Afastamento inferior (Ai/ ai)**: é o menor valor definido pela tolerância;



Conceito

◆ Por que usamos **As** / **as** e **Ai** / **ai**?

Porque o sistema ISO diferencia:

FURO → letras maiúsculas

EIXO → letras minúsculas

Assim:

As = Afastamento superior do **Furo**

Ai = Afastamento inferior do **Furo**

as = Afastamento superior do **Eixo**

ai = Afastamento inferior do **Eixo**

📌 A letra indica se estamos falando de furo (maiúscula) ou eixo (minúscula).

Mas o que é o sistema ISO?



◆ O que é ISO?

ISO significa ***International Organization for Standardization*** (Organização Internacional de Normalização).

É uma entidade internacional que cria **normas técnicas** para padronizar produtos, processos e sistemas no mundo todo.

📌 No contexto da Metrologia

A ISO define normas para:

- Tolerâncias dimensionais;
- Ajustes entre furos e eixos;
- Tolerâncias geométricas; e
- Rugosidade superficial.

Exemplo: **Sistema ISO de tolerâncias e ajustes (ISO 286).**

🎯 Por que isso é importante?

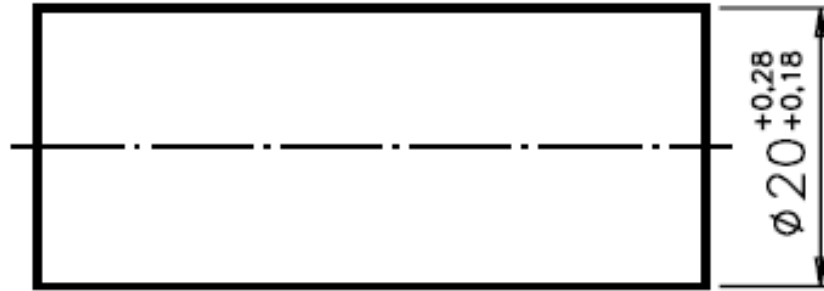
Porque garante que:

- Peças fabricadas em países diferentes sejam intercambiáveis
- Haja padrão internacional de qualidade
- Desenhos técnicos sejam interpretados da mesma forma no mundo inteiro



Conceito

- Exemplo de afastamento dado pelo seguinte desenho técnico para um **eixo**:



ESC 1:1

Afastamento Superior (**as**) = $+0,28$

Afastamento inferior (**ai**) = $+0,18$



Conceito

OUTROS CONCEITOS:

- **Campo de tolerância (IT):** valor entre o afastamento superior e o inferior.
- **Dimensão efetiva:** valor obtido medindo a peça;
- **Dimensão máxima (D_{max} ou d_{max}):** é o valor máximo admissível para a dimensão nominal D (indicadas nos desenhos técnicos). É a soma do valor nominal com o afastamento superior. Sendo **D_{max}** para **furos** e **d_{max}** para **eixos**.
- **Dimensão mínima (D_{min} ou d_{min}):** valor mínimo admissível para a dimensão nominal D (indicadas nos desenhos técnicos). É a soma do valor nominal com o afastamento inferior. Sendo **D_{min}** para **furos** e **d_{min}** para **eixos**.
- **Tolerância (T):** é a variação entre a **Dimensão máxima (D_{max} ou d_{max})** e a **Dimensão mínima (D_{min} ou d_{min})**.



Sistemas de ajustes para furos e eixos

- O **ajuste com folga** acontece quando o eixo desliza ou gira livremente dentro do furo.
Condição de existência: afastamento superior do eixo (a_s) $\leq$ Afastamento inferior do furo (A_i): ajuste com folga;
- O **ajuste com interferência** acontece quando o eixo se encaixa no furo com certo esforço, de modo a ficar fixo.
Condição de existência: Afastamento superior do furo (A_s) $\leq$ afastamento inferior do eixo (a_i): ajuste com interferência.
- O **ajuste incerto** é uma situação intermediária em que o eixo pode se encaixar no furo com folga ou com interferência, dependendo de suas dimensões efetivas.
Condição de existência:
 - i) O afastamento superior do eixo (a_s) $>$ o afastamento inferior do furo (A_i);
 - ii) O afastamento superior do furo (A_s) $>$ o afastamento inferior do eixo (a_i).



Sistemas de ajustes para furos e eixos

- O **ajuste com folga** acontece quando o eixo desliza ou gira livremente dentro do furo.

Condição de existência: O afastamento Superior do eixo < afastamento inferior do furo.

 **Exemplo:**

Furo:

40,00 a 40,02 mm

Eixo:

39,96 a 39,98 mm

 **Análise:**

- Maior eixo = 39,98
- Menor furo = 40,00

 $39,98 < 40,00$

✓ Sempre haverá folga.

Folga:

- **Folga mínima:** $40,00 - 39,98 = 0,02 \text{ mm}$
- **Folga máxima:** $40,02 - 39,96 = 0,06 \text{ mm}$



Sistemas de ajustes para furos e eixos

- O **ajuste com interferência** acontece quando o eixo se encaixa no furo com certo esforço, de modo a ficar fixo.

Condição de existência: O afastamento Superior do furo < afastamento inferior do eixo.

 **Exemplo:**

Furo:

40,00 a 40,02 mm

Eixo:

40,03 a 40,05 mm

 **Análise:**

- Maior furo = 40,02
- Menor eixo = 40,03

 $40,02 < 40,03$

✓ Sempre haverá interferência.

Interferência:

- **Interferência mínima:** $40,03 - 40,02 = 0,01 \text{ mm}$
- **Interferência máxima:** $40,05 - 40,00 = 0,05 \text{ mm}$



Sistemas de ajustes para furos e eixos

- O **ajuste incerto** é uma situação intermediária em que o eixo pode se encaixar no furo com folga ou com interferência, dependendo de suas dimensões efetivas.

Condição de existência:

- i) O afastamento superior do eixo $>$ o afastamento inferior do furo: interferência;
- ii) O afastamento superior do furo $>$ o afastamento inferior do eixo: folga.

Ou

- i) Se diâmetro máximo do eixo $>$ diâmetro mínimo do furo $\rightarrow$ pode haver interferência;
- ii) Se diâmetro mínimo do eixo $<$ diâmetro máximo do furo $\rightarrow$ pode haver folga.

Exemplo:

Furo:

40,00 a 40,04 mm

Eixo:

39,98 a 40,02 mm

Análise:

- Pode acontecer folga OU interferência.

Situação (i):

$40,02 - 40,00 = 0,02$ mm de interferência

Situação (ii):

$40,04 - 39,98 = 0,06$ mm de folga

✓ Depende das dimensões reais fabricadas.



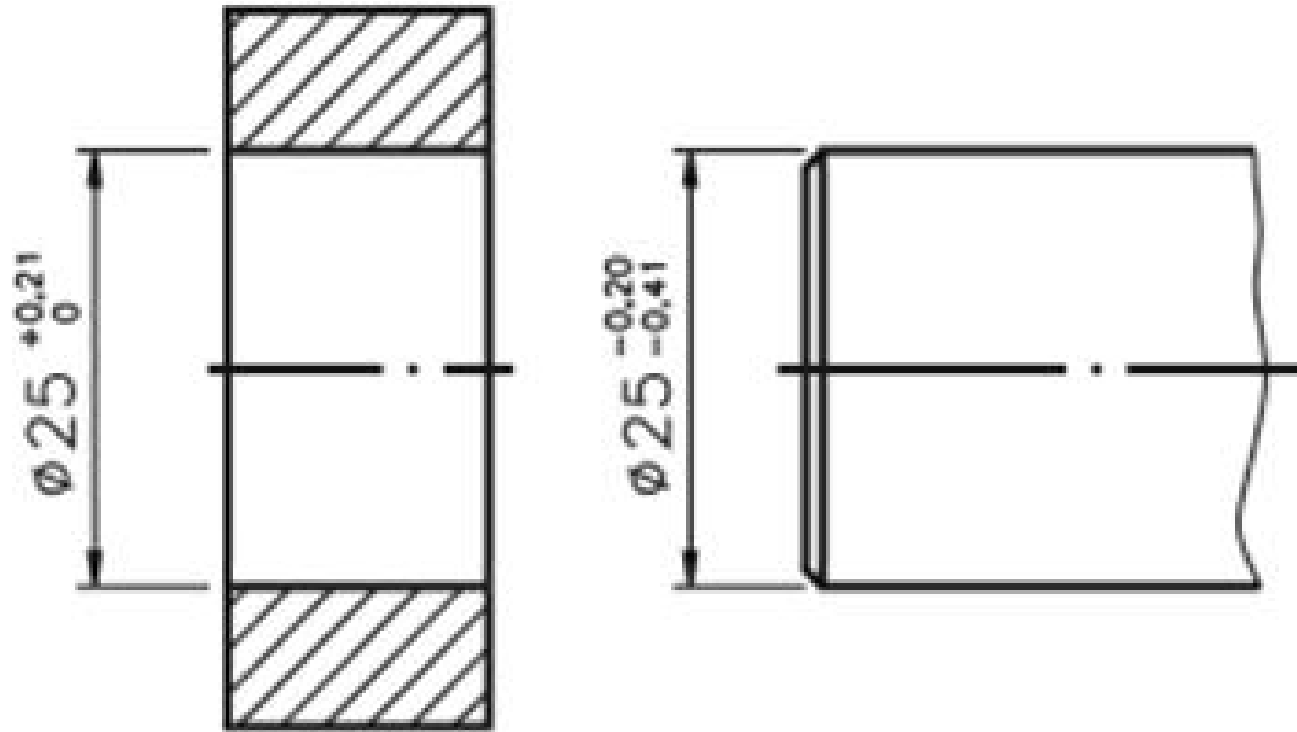
Sistemas de ajustes para furos e eixos

Tipo	O que acontece?
Folga	Sempre sobra espaço
Interferência	Sempre aperta
Incerto	Pode sobrar ou apertar



Sistemas de ajustes para furos e eixos

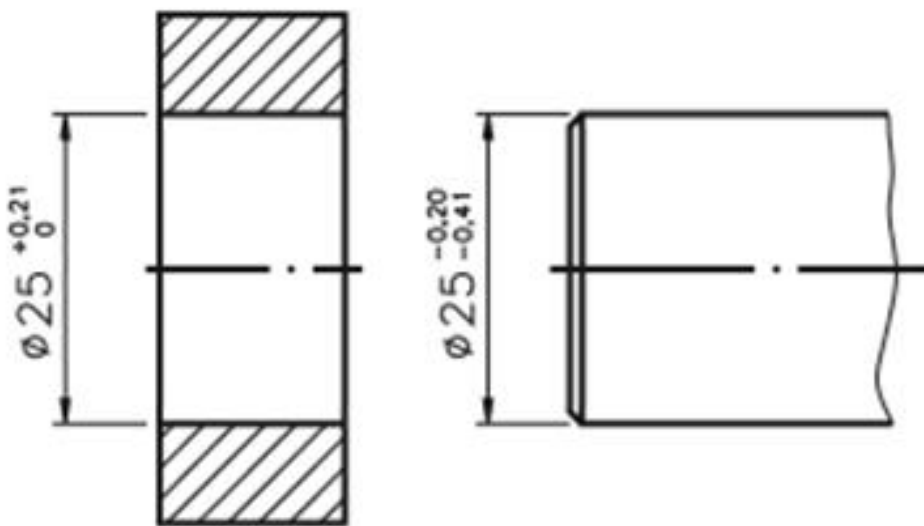
Exemplo 1





Sistemas de ajustes para furos e eixos

Exemplo 1



◆ O que acontece nesse exemplo?

Temos:

Furo:

$\varnothing 25^{+0,21}_0$

→ Varia de **25,00 a 25,21 mm**

Eixo:

$\varnothing 25^{-0,20}_{-0,41}$

→ Varia de **24,59 a 24,80 mm**



Comparando:

- Maior eixo = 24,80 mm
- Menor furo = 25,00 mm



O eixo sempre será menor que o furo.



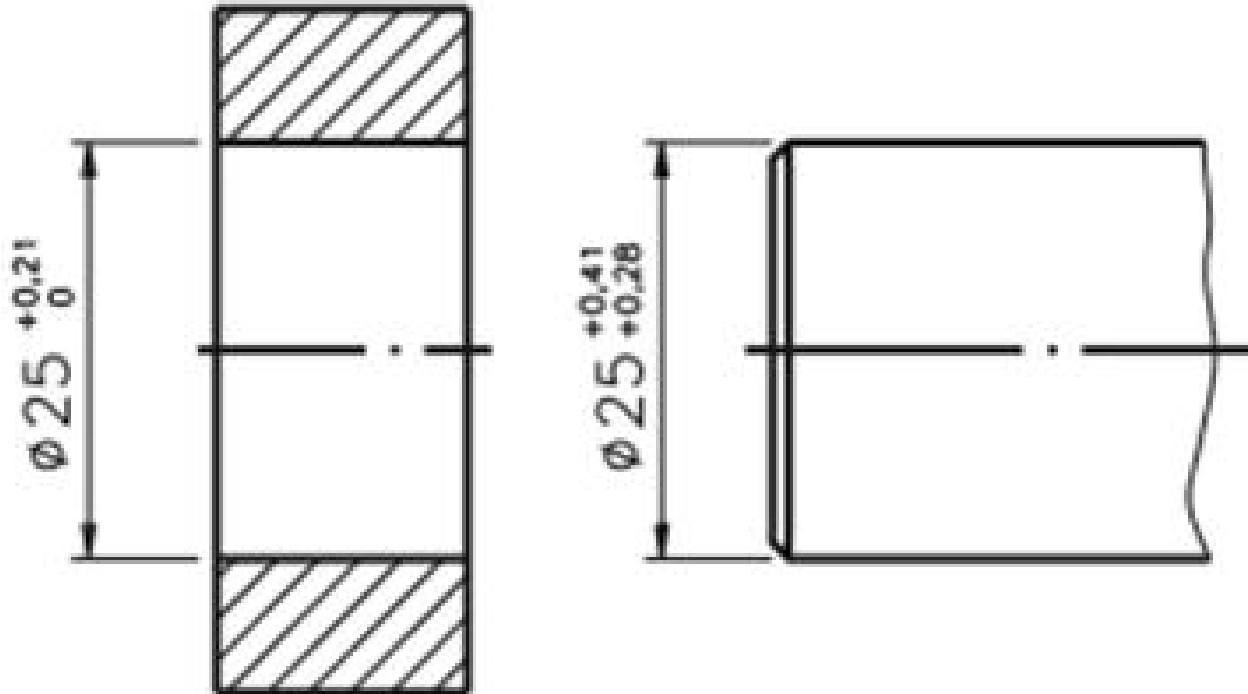
Conclusão

- ✓ Sempre haverá **folga**.
- ✓ É um **ajuste com folga**.
- ✓ O eixo entra facilmente no furo.



Sistemas de ajustes para furos e eixos

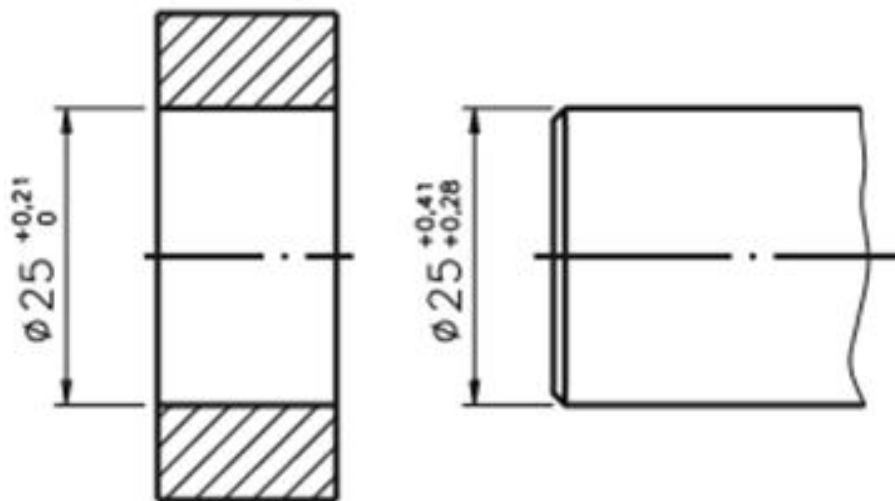
Exemplo 2





Sistemas de ajustes para furos e eixos

Exemplo 2



Temos:

◆ Furo

$\varnothing 25 +0,21 / 0$

→ Varia de **25,00 a 25,21 mm**

◆ Eixo

$\varnothing 25 +0,26 / +0,41$

→ Varia de **25,26 a 25,41 mm**



Comparação

- **Maior furo:** 25,21 mm

- **Menor eixo:** 25,26 mm



$25,26 > 25,21$

Mesmo na menor condição do eixo e maior do furo, o eixo ainda é maior.



Conclusão

- ✓ Sempre haverá **interferência**

- ✓ É um **ajuste com interferência**

- ✓ A montagem exige pressão ou dilatação térmica

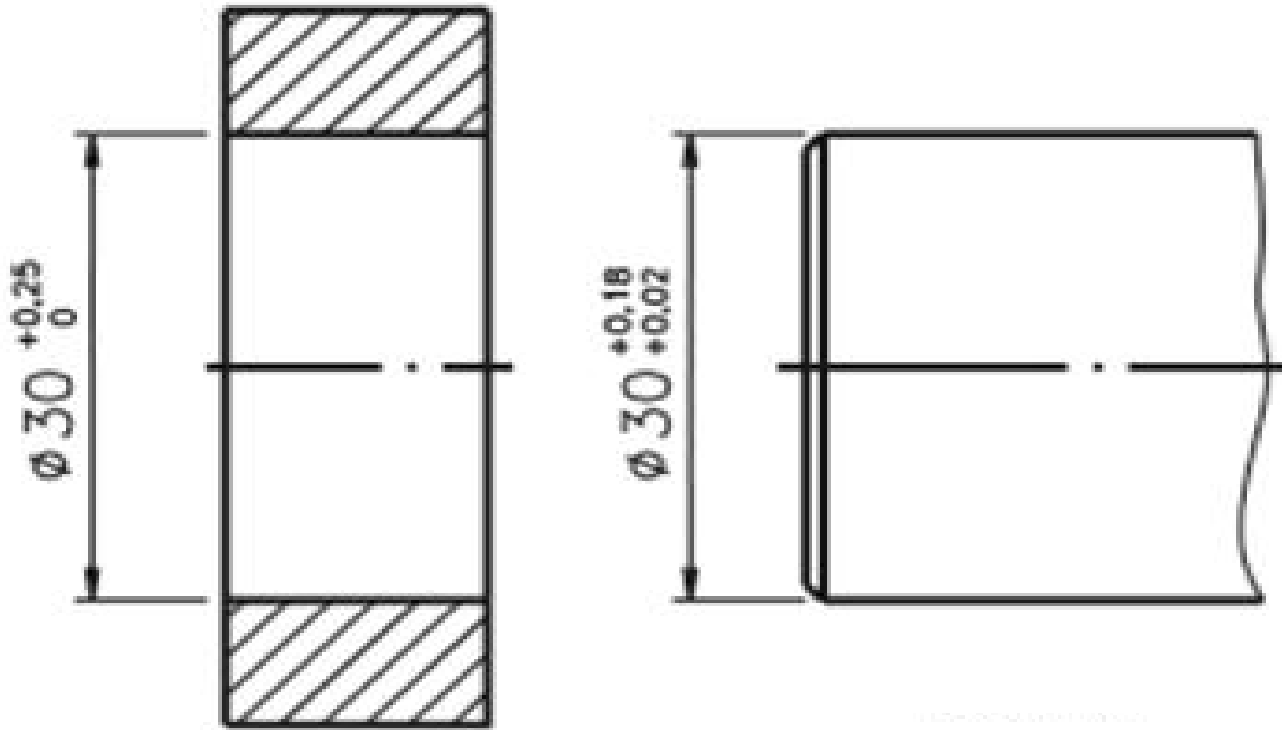
Resumo bem direto:

O eixo nunca será menor que o furo. Portanto, o encaixe será sempre apertado.



Sistemas de ajustes para furos e eixos

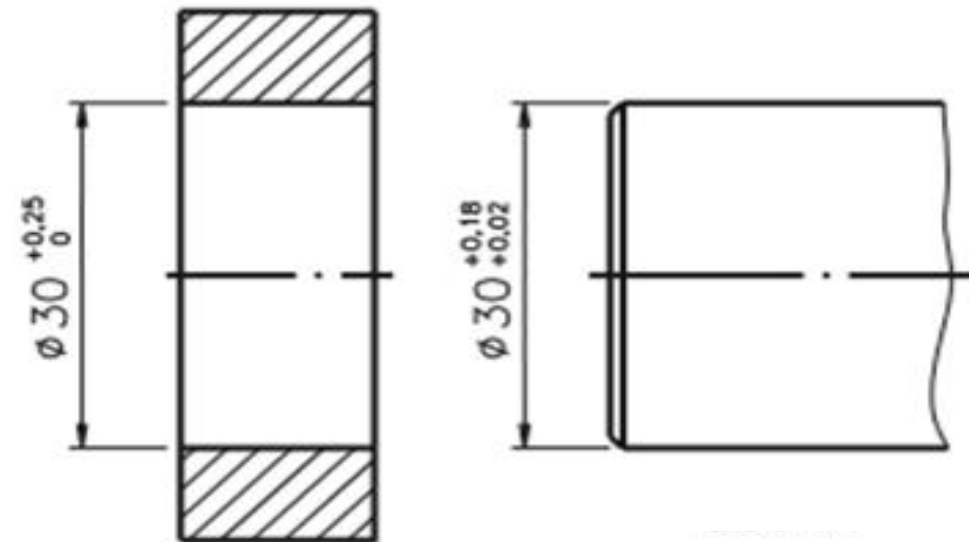
Exemplo 3





Sistemas de ajustes para furos e eixos

Exemplo 3



◆ Dados do exemplo

Furo:

$\varnothing 30 +0,25 / 0$

→ Varia de **30,00 a 30,25 mm**

Eixo:

$\varnothing 30 +0,02 / +0,18$

→ Varia de **30,02 a 30,18 mm**



Comparando

- Pode ocorrer **folga**

Ex: $30,25 - 30,02 = \mathbf{0,23 \text{ mm}}$

- Pode ocorrer **interferência**

Ex: $30,02 - 30,00 = \mathbf{0,02 \text{ mm}}$



Conclusão

- ✓ É um **ajuste incerto (ou de transição)**
- ✓ Pode haver folga ou interferência
- ✓ Depende das dimensões reais fabricadas

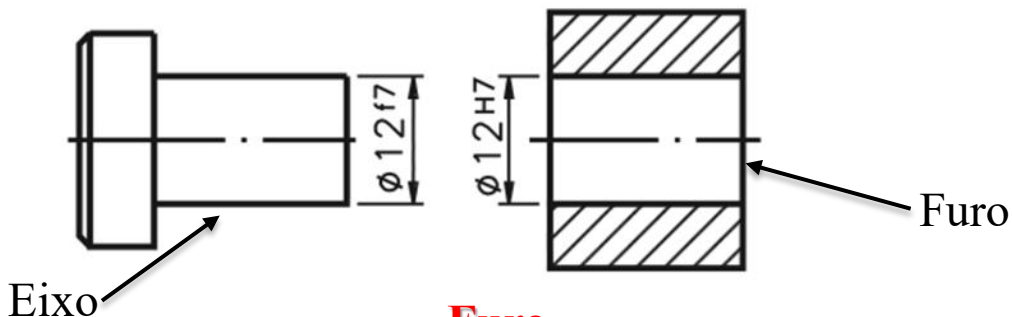
Resumo direto:

As zonas de tolerância se sobrepõem, então o encaixe pode ser solto ou apertado.



De acordo com a teoria de ajustes e tolerância respondam as seguintes perguntas:

a) Analise o desenho abaixo, consulte a tabela apropriada e defina os afastamentos do furo e do eixo para este projeto.



Eixo

Furo

AJUSTES RECOMENDADOS - SISTEMA FURO-BASE H7(*)
Tolerância em milésimos de milímetros (μm)

Dimensão nominal mm		Furo af. inf. af. sup.	EIXOS								
			afastamento superior								
			afastamento inferior								
acima de	até	H 7	f 7	g 6	h 6	j 6	k 6	m 6	n 6	p 6	r 6
0	1	0	-6	-2	0	+4	+6	-	+10	+12	+16
1	3	+10	-16	-8	-6	-2	0	-	+4	+6	+10
3	6	0	-10	-4	0	+6	+9	+12	+16	+20	+23
		+12	-22	-12	-8	-2	+1	+4	+8	+12	+15
6	10	0	-13	-5	0	+7	+10	+15	+19	+24	+28
		+15	-28	-14	-9	-2	+1	+6	+10	+15	+19
10	14	0	-16	-6	0	+8	+12	+18	+23	+29	+34
14	18	+18	-34	-17	-11	-3	+1	+7	+12	+18	+23

Diâmetro Nominal = 12,000 mm

afastamento inferior (ai) = -34 μm = - 0,034 mm

afastamento superior (as) = - 16 μm = - 0,016 mm

AJUSTES RECOMENDADOS - SISTEMA EIXO-BASE h6(*)
Tolerância em milésimos de milímetros (μm)

Dimensão nominal mm		Eixo af. sup. af. inf.	FUROS								
			afastamento inferior								
			afastamento superior								
acima de	até	h 6	F 6	G 7	H 7	J 7	K 7	M 7	N 7	P 7	R 7
0	1	0	+6	+2	0	-6	-10	-	-	-16	-20
1	3	-6	-12	+12	+10	+4	0	-	-	-6	-10
3	6	0	+10	+4	0	-6	-9	-12	-16	-20	-23
		-8	+18	+16	+12	+6	+3	0	-4	-8	-11
6	10	0	+13	+5	0	-7	-10	-15	-19	-24	-28
		-9	+22	+20	+15	+8	+5	0	-4	-9	-13
10	14	0	+16	+6	0	-8	-12	-18	-23	-29	-34
14	18	-11	+27	+24	+18	+10	+6	0	-5	-11	-16

Diâmetro Nominal = 12,000 mm

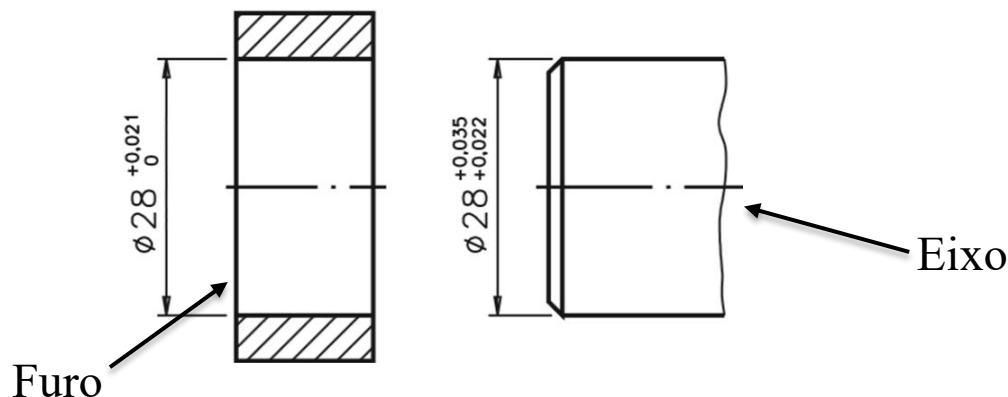
Afastamento inferior (Ai) = 0 μm = 0,000 mm

Afastamento superior (As) = 18 μm = 0,018 mm



De acordo com a teoria de ajustes e tolerância respondam as seguintes perguntas:

b) Analise o desenho técnico cotado, observe os afastamentos e verifique o tipo de ajuste para o projeto em questão.



Furo

Afastamento inferior (A_i) = 0,000 mm

Afastamento superior (A_s) = 0,021 mm

Eixo

afastamento inferior (a_i) = 0,022 mm

afastamento superior (a_s) = 0,035 mm

Condições:

- 1) afastamento superior do eixo (a_s) $\leq$ Afastamento inferior do furo (A_i): ajuste com folga;
- 2) Afastamento superior do furo (A_s) $\leq$ afastamento inferior do eixo (a_i): ajuste com interferência.

Folga: $a_s \leq A_i \rightarrow 0,035 \leq 0,000$ mm (F)

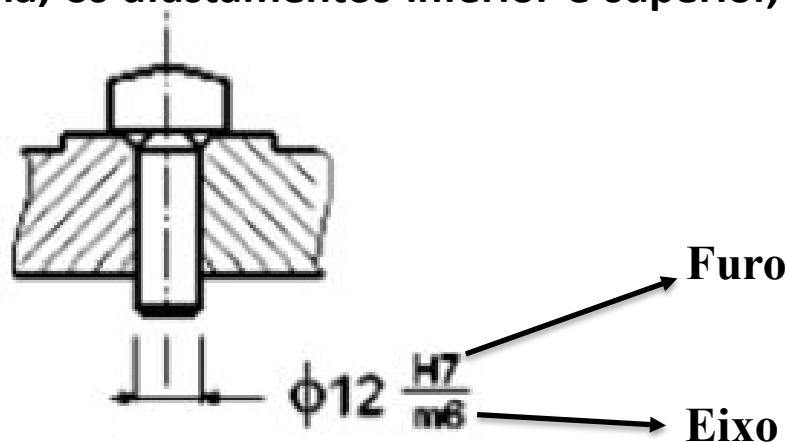
Interferência: $A_s \leq a_i \rightarrow 0,021$ mm $\leq 0,022$ (V)

Portanto o afastamento é com interferência.



De acordo com a teoria de ajustes e tolerância respondam as seguintes perguntas:

c) Analise o desenho abaixo e defina a dimensão nominal, o campo de tolerância, a dimensão máxima, os afastamentos inferior e superior, tanto para o furo quanto para o eixo:



O sistema é o furo base em função do H7.

Baseado na tabela tem-se (arquivo “Tabela de eixo base h6 e furo base H7.pdf”):

AJUSTES RECOMENDADOS - SISTEMA EIXO-BASE h6(*)
Tolerância em milésimos de milímetros (μm)

Dimensão nominal mm		Eixo af. sup. af. inf.	FUROS									
acima de	até		afastamento inferior	afastamento superior								
			h 6	F 6	G 7	H 7	J 7	K 7	M 7	N 7	P 7	R 7
0	1	0	0	+ 6	+ 2	0	- 6	- 10	-	-	- 16	- 20
1	3	- 6	- 6	- 12	+ 12	+ 10	+ 4	0	-	-	- 6	- 10
3	6	0	0	+ 10	+ 4	0	- 6	- 9	- 12	- 16	- 20	- 23
		- 8	- 8	+ 18	+ 16	+ 12	+ 6	+ 3	0	- 4	- 8	- 11
6	10	0	0	+ 13	+ 5	0	- 7	- 10	- 15	- 19	- 24	- 28
		- 9	- 9	+ 22	+ 20	+ 15	+ 8	+ 5	0	- 4	- 9	- 13
10	14	0	0	+ 16	+ 6	0	- 8	- 12	- 18	- 23	- 29	- 34
14	18	- 11	- 11	+ 27	+ 24	+ 18	+ 10	+ 6	0	- 5	- 11	- 16

Furo:

Afastamento Superior = 0,018 mm

Afastamento Inferior = 0,000 mm

Dimensão nominal = 12,000 mm

Dimensão máxima = 12,000 + 0,018 = 12,018 mm

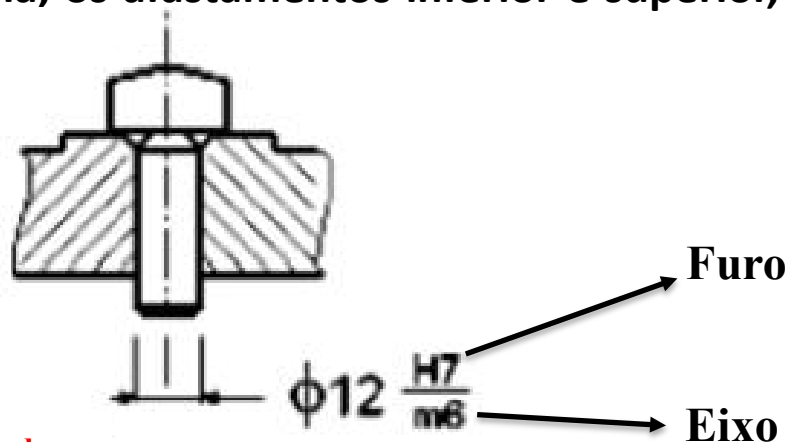
Dimensão mínima = 12,000 + 0,000 = 12,000 mm

Campo de tolerância = 0,018 - 0,000 = 0,018 mm



De acordo com a teoria de ajustes e tolerância respondam as seguintes perguntas:

c) Analise o desenho abaixo e defina a dimensão nominal, o campo de tolerância, a dimensão máxima, os afastamentos inferior e superior, tanto para o furo quanto para o eixo:



O sistema é o eixo base em função do m6.
Baseado na tabela tem-se (arquivo “Tabela de eixo base h6 e furo base H7.pdf”):

AJUSTES RECOMENDADOS - SISTEMA FURO-BASE H7(*)
Tolerância em milésimos de milímetros (μm)

Dimensão nominal mm	Furo ^{af. sup.} 	EIXOS									
		afastamento superior					afastamento inferior				
acima de	até	H 7	f 7	g 6	h 6	j 6	k 6	m 6	n 6	p 6	r 6
0	1	0	- 6	- 2	0	+ 4	+ 6	+ 10	+ 12	+ 16	
1	3	+ 10	- 16	- 8	- 6	- 2	0	-	+ 4	+ 6	+ 10
3	6	0	- 10	- 4	0	+ 6	+ 9	+ 12	+ 16	+ 20	+ 23
		+ 12	- 22	- 12	- 8	- 2	+ 1	+ 4	+ 8	+ 12	+ 15
6	10	0	- 13	- 5	0	+ 7	+ 10	+ 15	+ 19	+ 24	+ 28
		+ 15	- 28	- 14	- 9	- 2	+ 1	+ 6	+ 10	+ 15	+ 19
10	14	0	- 16	- 6	0	+ 8	+ 12	+ 18	+ 23	+ 29	+ 34
14	18	+ 18	- 34	- 17	- 11	- 3	+ 1	+ 7	+ 12	+ 18	+ 23

Eixo:

Dimensão nominal = 12,000 mm

Afastamento Superior = 0,018 mm

Afastamento Inferior = 0,007 mm

Dimensão máxima = 12,000 + 0,018 = 12,018 mm

Dimensão mínima = 12,000 + 0,007 = 12,007 mm

Campo de tolerância = 0,018 - 0,007 = 0,011 mm



De acordo com a teoria de ajustes e tolerância respondam as seguintes perguntas:

d) Num acoplamento, o eixo tem dimensão $\varnothing 85$ mm (+25 μ m, +3 μ m) e o furo $\varnothing 85$ mm (+0 μ m, +35 μ m). Dizer o tipo de ajuste deste acoplamento.

Eixo:

Dimensão Nominal = 85,000

Afastamento Superior (as) = 0,025 mm

Afastamento Inferior (ai) = 0,003 mm

Furo:

Dimensão nominal = 85,000

Afastamento Superior (As) = 0,035 mm

Afastamento Inferior (Ai) = 0,000 mm

Condição de existência:

- 1) Afastamento Superior do eixo (as) $\leq$ Afastamento Inferior do furo (Ai) : ajuste com folga;
- 2) Afastamento Superior do furo (As) $\leq$ Afastamento Inferior do eixo (ai) : ajuste com interferência.

1) Folga: as = 0,025 $\leq$ Ai = 0,000 (F)

2) Interferência: As = 0,035 $\leq$ ai = 0,003 (F)

PORTANTO, O AJUSTE É INCERTO



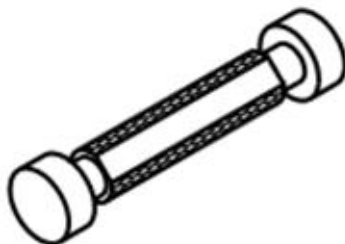
Sistema de tolerância e ajustes ABNT / ISO NBR6158

		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																			

- **IT01 a IT3 para eixos e IT01 a IT4 para furos:** São utilizadas para fabricações mais precisas e que precisam de menores tolerâncias.

Exemplos: Calibradores para furo e calibradores para eixos

Calibrador para furo



Calibrador para eixos





Sistema de tolerância e ajustes ABNT / ISO NBR6158

		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 que significa IT?

IT significa *International Tolerance* (Tolerância Internacional).

É o grau de qualidade da tolerância definido pela norma ISO.

Quanto menor o número (IT1, IT2...), maior a precisão.

Quanto maior o número (IT12, IT16...), maior a tolerância.

◆ Como se designa esse sistema?

É o Sistema ISO de Tolerâncias e Ajustes,

normatizado pela ABNT NBR 6158 (baseada na ISO 286).

📌 Resumo:

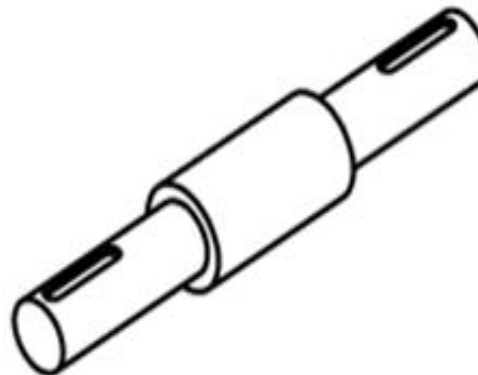
- IT = Grau de precisão da peça;
- Número menor → peça mais precisa
- Sistema padronizado internacionalmente (ISO / ABNT)



Sistema de tolerância e ajustes ABNT / ISO NBR6158

		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																			

- **IT4 a IT11 para eixos e IT5 a IT11 para furos:** São utilizadas para fabricações de peças que serão acopladas em outras.
Exemplo: Fabricação de eixo

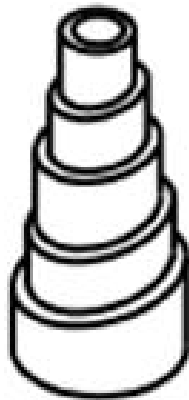




Sistema de tolerância e ajustes ABNT / ISO NBR6158

		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																			

- **IT12 a IT16 para eixos e furos:** Possuem maiores tolerâncias de fabricação. Aceitáveis para peças isoladas e que não requer grande precisão.
Exemplo: Fabricação de uma mola cônica de compressão.





Sistema de tolerância e ajustes ABNT / ISO NBR6158

- Os **campos de tolerância ISO** normalmente vem representado por uma letra e um número. Por exemplo, pode-se citar o campo de tolerância **h7**.

Neste caso o **h** identifica o **campo de tolerância**, que são o conjuntos de valores aceitáveis após a execução da peça.

O número **7** indica a **qualidade do trabalho**, que no caso corresponde à mecânica recorrente.

- No sistema ISO, estabelece 28 campos de tolerâncias, identificados por letras do alfabeto latino.
- Para os **eixos** são representados por **letras minúsculas**.
- Para os **furos** são representados por **letras maiúsculas**.



Sistema de tolerância e ajustes ABNT / ISO NBR6158

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 tolerâncias para 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



Campos de tolerâncias para furos



Sistema de tolerância e ajustes ABNT / ISO NBR6158

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 tolerâncias para 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



Campos de tolerâncias para furos

◆ Exemplos de campos de tolerância para eixos (letras minúsculas)

- **h6** → eixo-base (muito comum)
- **g6** → eixo levemente menor (ajuste com folga)
- **f7** → eixo com maior folga
- **k6** → eixo ligeiramente maior (transição)
- **p6** → eixo maior (interferência)

📌 Exemplo prático: 40h6, 40g6, 40k6

◆ Exemplos de campos de tolerância para furos (letras maiúsculas)

- **H7** → furo-base (mais utilizado)
- **G7** → furo levemente menor
- **F8** → furo ainda menor
- **K7** → furo maior (transição)
- **P7** → furo bem maior

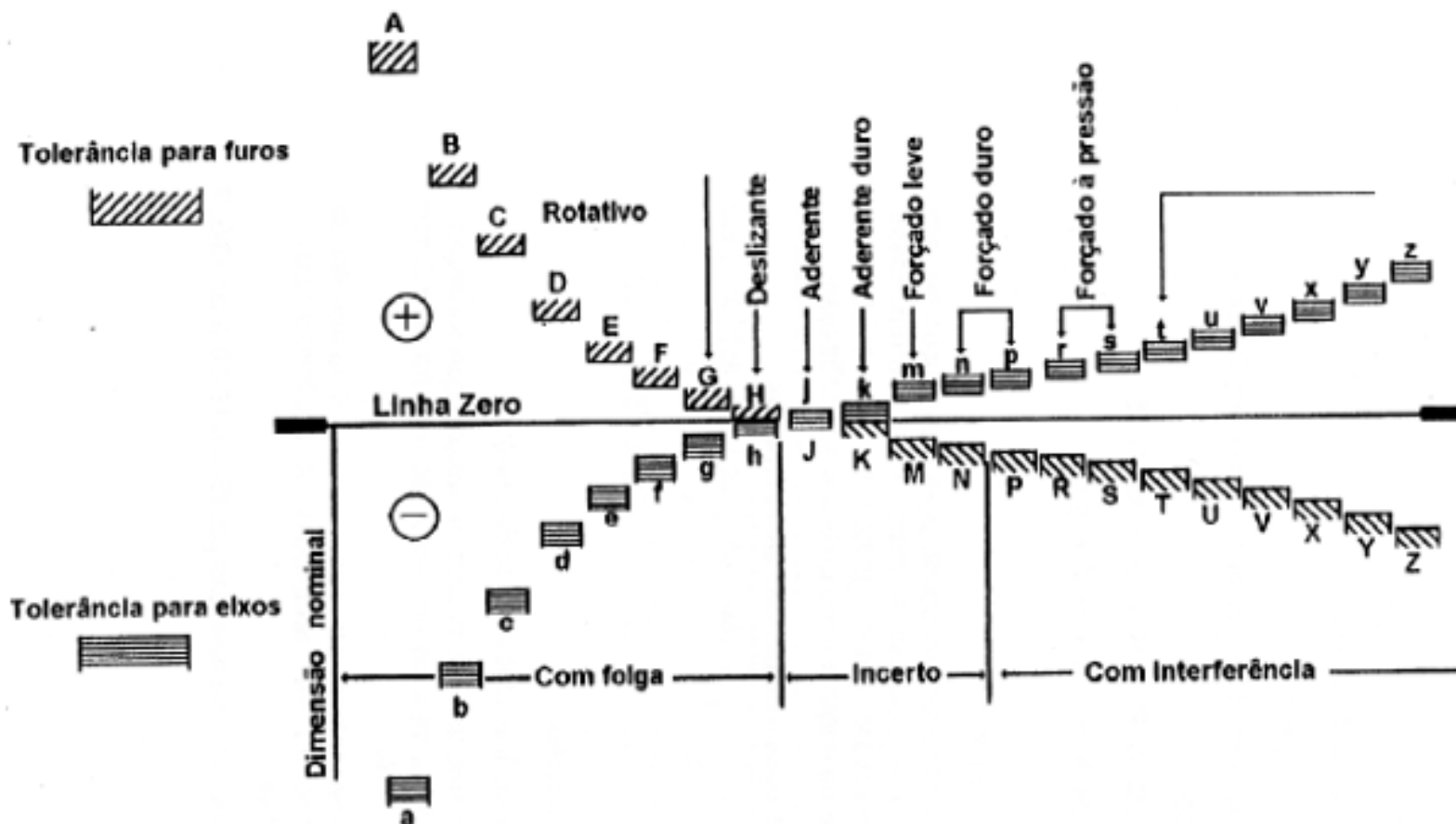
📌 Exemplo prático:
40H7, 40G7, 40K7

🎯 Exemplo completo de ajuste

- **40H7 / 40h6** → ajuste com folga (muito usado)
- **40H7 / 40k6** → ajuste de transição
- **40H7 / 40p6** → ajuste com interferência



Sistema de tolerância e ajustes ABNT / ISO NBR6158





Sistema de tolerância e ajustes ABNT / ISO NBR6158

◆ O que mostra essa figura?

Ela representa a **posição dos campos de tolerância ISO** em relação à **linha zero (dimensão nominal)**.

🔍 Linha Zero

É a **dimensão nominal** da peça.

Acima dela → valores positivos

Abaixo dela → valores negativos

◆ Parte Superior (letras maiúsculas)

São os **furos**.

Mostra onde cada campo (A, B, C... H, K, P...) fica em relação à linha zero.

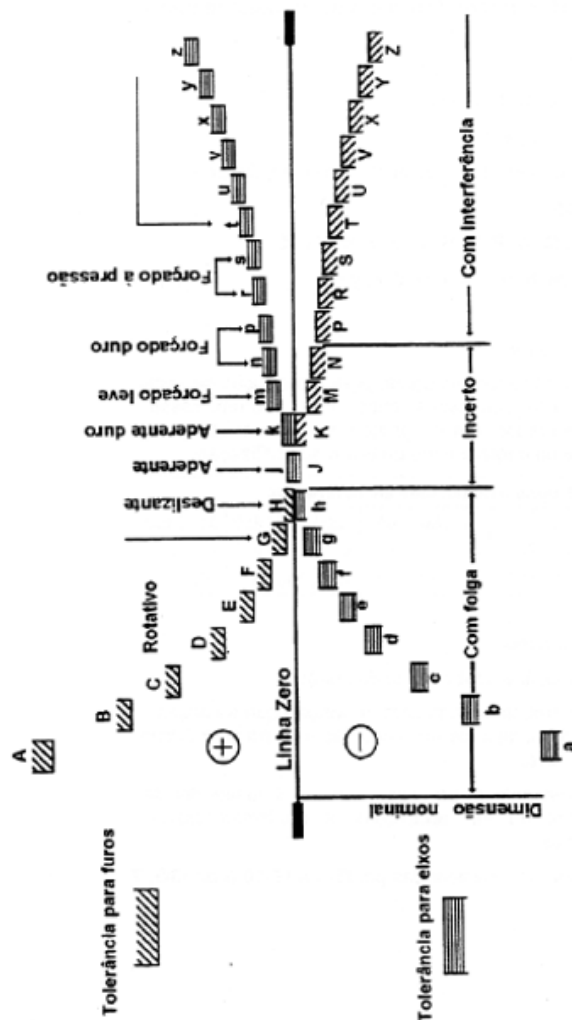
◆ Parte Inferior (letras minúsculas)

São os **eixos**.

Também mostra a posição da zona de tolerância.

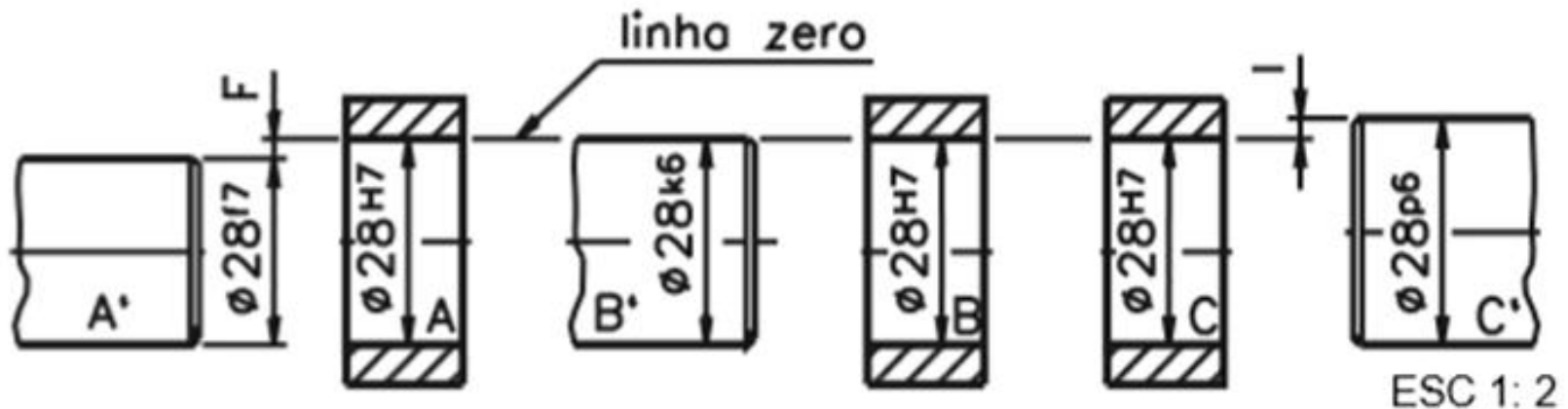
◆ Regiões indicadas

- **Com folga** → eixo sempre menor que o furo
- **Incerto (transição)** → pode haver folga ou interferência
- **Com interferência** → eixo sempre maior que o furo



Sistema de tolerância e ajustes ABNT / ISO NBR6158

- **Sistema furo-base:** É o sistema onde as tolerâncias dos **furos** são fixos e os eixos variam.



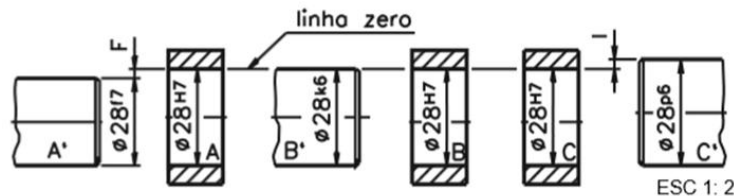
- Os sistemas furo-base recomendados pela ABNT são:

H5 / H6 / H7 / H8 / H11



Sistema de tolerância e ajustes ABNT / ISO NBR6158

- **Sistema furo-base:** É o sistema onde as tolerâncias dos **furos** são fixos e os eixos variam.



- Os sistemas furo-base recomendados pela ABNT são: **H5 / H6 / H7 / H8 / H11**

◆ Sistema Furo-Base

No **sistema furo-base**, o **furo é fixo** (normalmente H) e quem varia é o **eixo**.

✚ O furo “H” tem afastamento inferior igual a zero (ele começa na linha zero).

🔍 O que muda?

Para obter diferentes tipos de ajuste (folga, transição ou interferência), alteramos apenas o campo do eixo: (O número **7** indica a **qualidade do trabalho**, que no caso corresponde à mecânica recorrente.)

- **H7 / h6** → folga
- **H7 / k6** → transição
- **H7 / p6** → interferência

◆ Por que usar esse sistema?

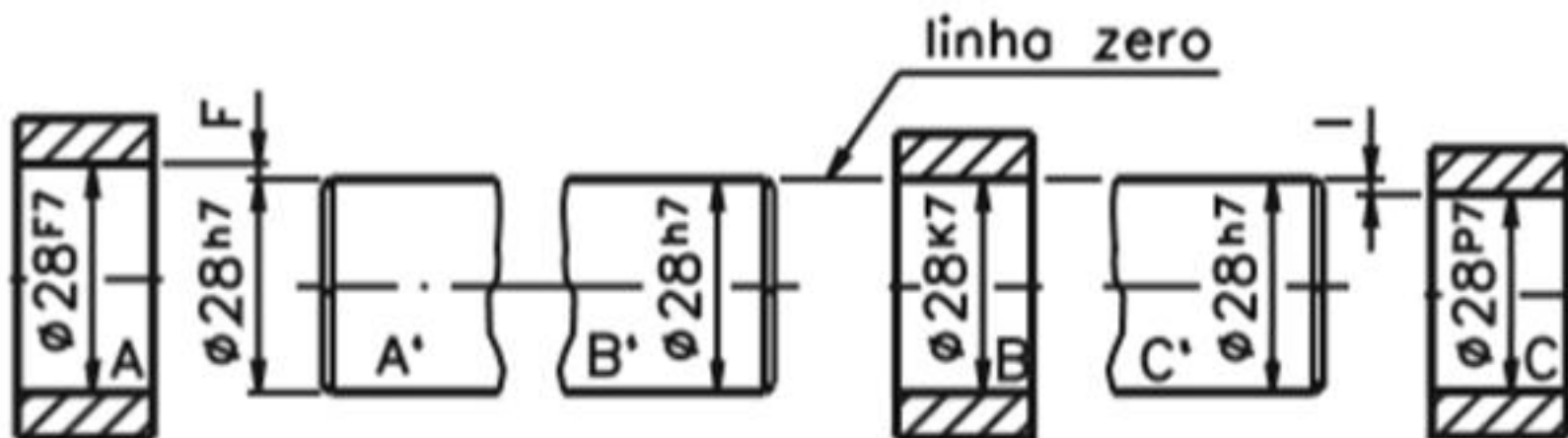
Porque é mais fácil padronizar ferramentas de usinagem de furos (brocas, alargadores, mandris).

✚ **Resumo:** No sistema furo-base, o furo permanece fixo e o tipo de ajuste é definido pela variação do eixo.



Sistema de tolerância e ajustes ABNT / ISO NBR6158

- **Sistema eixo-base:** É o sistema onde as tolerâncias dos **eixos** são fixos e os furos variam.



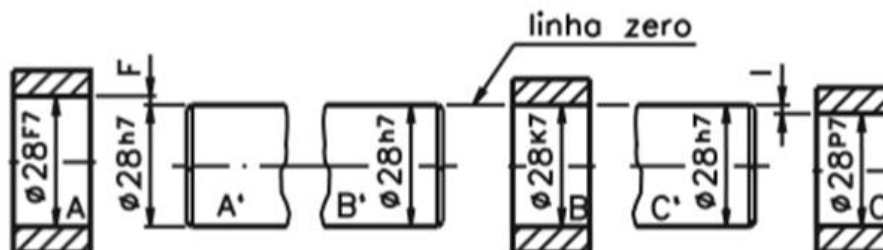
- Os sistemas furo-base recomendados pela ABNT são:

h5 / h6 / h7 / h8 / h9 / h11



Sistema de tolerância e ajustes ABNT / ISO NBR6158

- **Sistema eixo-base:** É o sistema onde as tolerâncias dos **eixos** são fixos e os furos variam.



- Os sistemas furo-base recomendados pela ABNT são: **h5 / h6 / h7 / h8 / h9 / h11**

◆ Sistema Eixo-Base

No **sistema eixo-base**, o **eixo é fixo** (normalmente “h”) e quem varia é o **furo**.

📌 O eixo “h” tem afastamento superior igual a zero (ele termina na linha zero).

🔍 O que muda?

Para obter diferentes ajustes (folga, transição ou interferência), alteramos apenas o campo do furo:

- **h7 / H7** → folga
- **h7 / K7** → transição
- **h7 / P7** → interferência

◆ Quando usar?

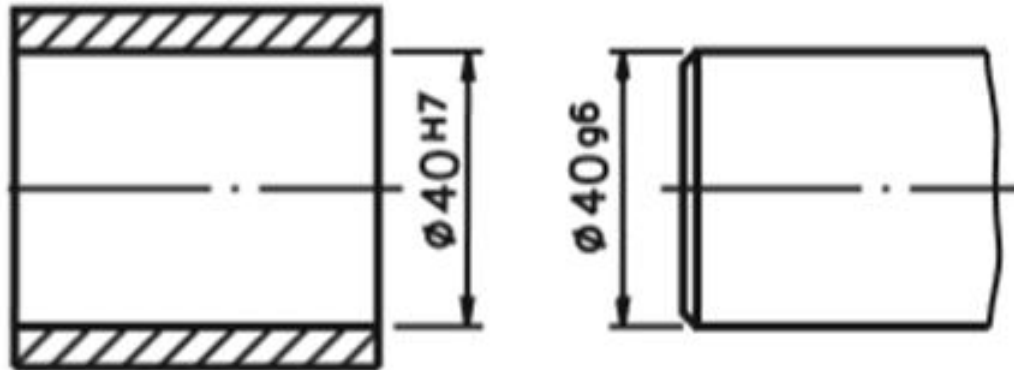
É utilizado quando o eixo já está padronizado e fica mais fácil variar o furo.

📌 **Resumo:** No sistema eixo-base, o eixo permanece fixo e o tipo de ajuste é definido pela variação do furo.



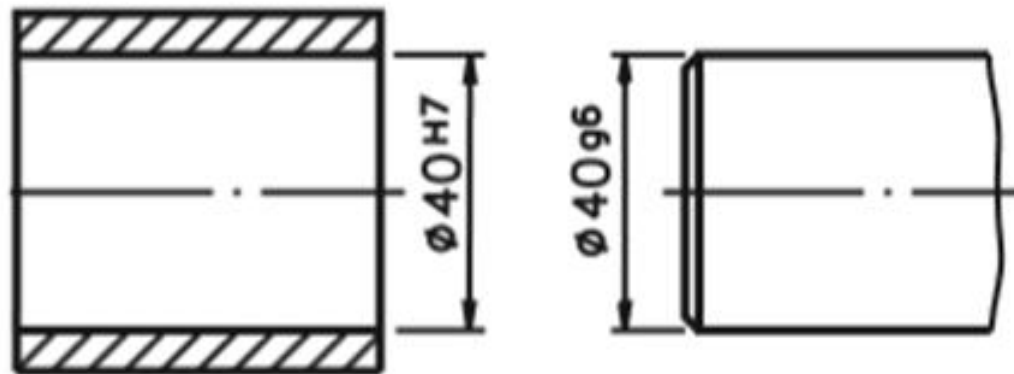
Interpretação de tolerância no sistema ABNT / ISO NBR6158

- Quando a tolerância vem indicada no sistema ABNT/ISO, os valores dos afastamentos não são expressos e existem tabelas apropriadas para identificá-los.
- Vamos entender o procedimento usando um exemplo:





Interpretação de tolerância no sistema ABNT / ISO NBR6158



- Neste desenho o diâmetro interno do furo é **40H7** e o diâmetro do eixo é **40g6**
- A grande pergunta: quanto vale o campo de tolerância para o furo (H) e para o eixo (g)?



Interpretação de tolerância no sistema ABNT / ISO NBR6158

- 1º passo: Utilizar a tabela chamada “**Ajustes recomendados-sistema furo-base H7.**”

Dimensão nominal mm		Furo ^{wt. int.} ^{wt. sup.}	EIXOS									
			afastamento superior afastamento inferior									
acima de	até	H7	f7	g6	h6	j6	k6	m6	n6	p6	r6	



Interpretação de tolerância no sistema ABNT / ISO NBR6158

- 2º passo: Localizar na primeira e segunda coluna da tabela a **dimensão nominal em mm**.

Que no exemplo o valor é 40,00 mm.

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

O valor do campo de tolerância **H7** para o furo é:

Af. Sup = 0,025 mm

Af. Inf = 0,000 mm



Interpretação de tolerância no sistema ABNT / ISO NBR6158

- 3º passo: Localizar na coluna da tabela denominada “**EIXOS**” o código correspondente a tolerância ABNT / ISO.

Para o exemplo o código g6.

Dimensão nominal mm		Furo af. int. af. sup. 	EIXOS									
		afaetamento superior afaetamento 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	

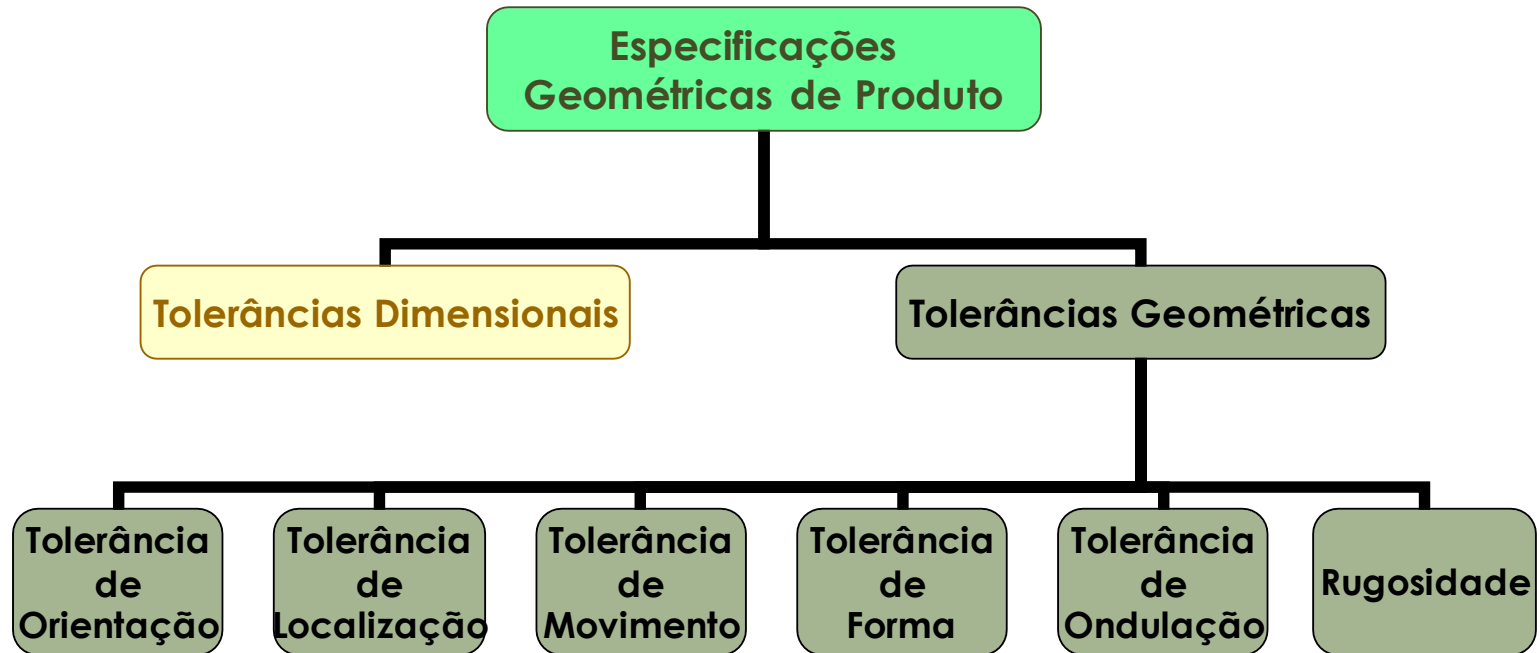
O valor do campo de tolerância **g6** para o eixo é:

Af. Sup = - 0,009 mm

Af. Inf = - 0,025 mm



Tipos de especificações geométricas





Tipos de especificações geométricas

◆ Especificações Geométricas de Produto (EGP)

Conjunto de requisitos que controlam **dimensão e geometria** da peça para garantir montagem e funcionamento correto.

Dividem-se em:

◆ 1) Tolerâncias Dimensionais

Controlam **o tamanho da peça** (diâmetro, comprimento, largura).

Definem a variação permitida entre dimensão máxima e mínima.

👉 Exemplo: $\varnothing 40 \pm 0,02$ mm

◆ 2) Tolerâncias Geométricas

Controlam **a forma e a posição da peça**, independentemente do tamanho.

O item 2 se dividem em:



Tipos de especificações geométricas

◆ **2) Tolerâncias Geométricas se dividem em:** (controlam a forma e a posição da peça, independentemente do tamanho:

◆ **Tolerância de Forma**

Controla a geometria da própria superfície.

Ex.: circularidade, planicidade, retitude.

👉 Verifica se a peça é realmente “redonda” ou “plana”.

◆ **Tolerância de Orientação**

Controla a inclinação entre elementos.

Ex.: paralelismo, perpendicularidade, angularidade.

👉 Garante alinhamento correto.

◆ **Tolerância de Localização**

Controla a posição em relação a um datum.

Ex.: posição verdadeira, concentricidade.

👉 Define onde a peça deve estar.

◆ **Tolerância de Movimento**

Controla variações durante rotação.

Ex.: batimento circular ou total.

👉 Muito usada em eixos rotativos.



Tipos de especificações geométricas

◆ 2) Tolerâncias Geométricas

Controlam a **forma e a posição da peça**, independentemente do tamanho.
Subdividem-se em (*Continuação...*):

◆ Tolerância de Ondulação

Controla irregularidades maiores da superfície
(entre forma e rugosidade).

👉 Relacionada a vibrações na usinagem.

◆ Rugosidade

Controla a textura superficial microscópica.
Ex.: Ra 1,6 μm .

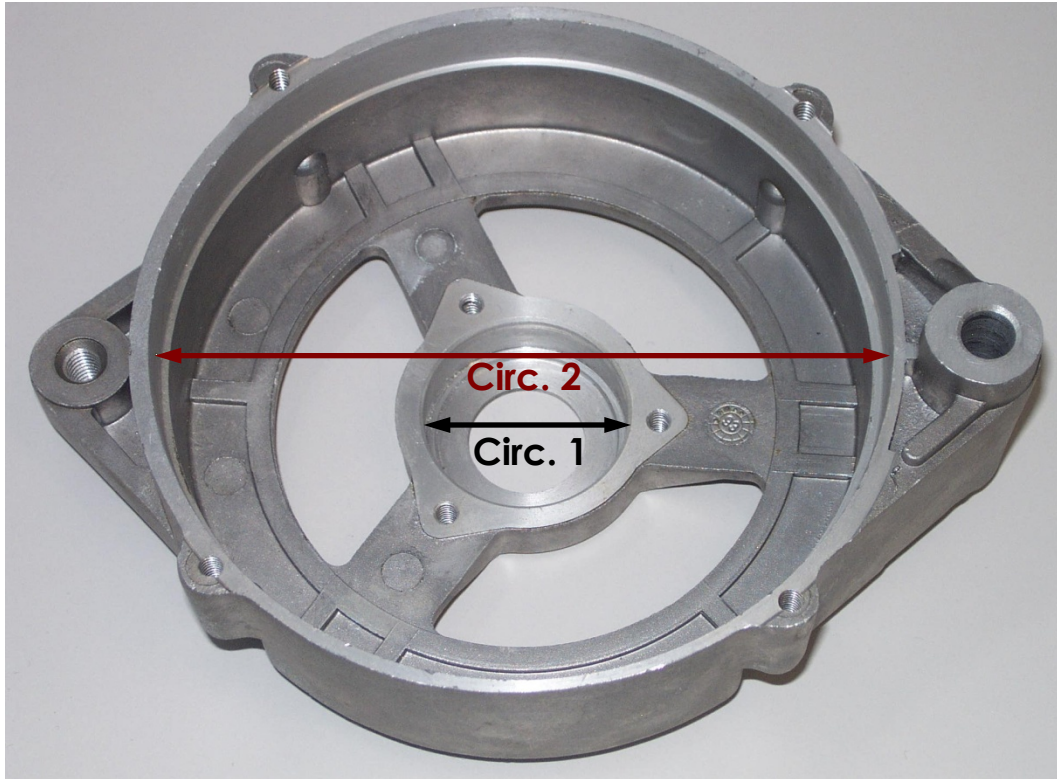
👉 Afeta atrito, vedação e desgaste.

🎯 Resumo:

- Dimensional → controla tamanho
- Geométrica → controla forma e posição
- Rugosidade → controla acabamento



Dimensão x forma



É suficiente com a especificação das tolerâncias dimensionais?





Dimensão x forma

◆ Dimensão x Forma

O slide mostra que **não basta controlar apenas as dimensões** da peça.

Mesmo que o diâmetro esteja dentro da tolerância, a peça pode apresentar **desvios de forma**, como:

- Ovalização
- Falta de circularidade
- Empenamento

A imagem da peça fundida ilustra essa **geometria real**.



O equipamento ao lado (máquina de medição) representa o controle da **forma geométrica**, além da dimensão.

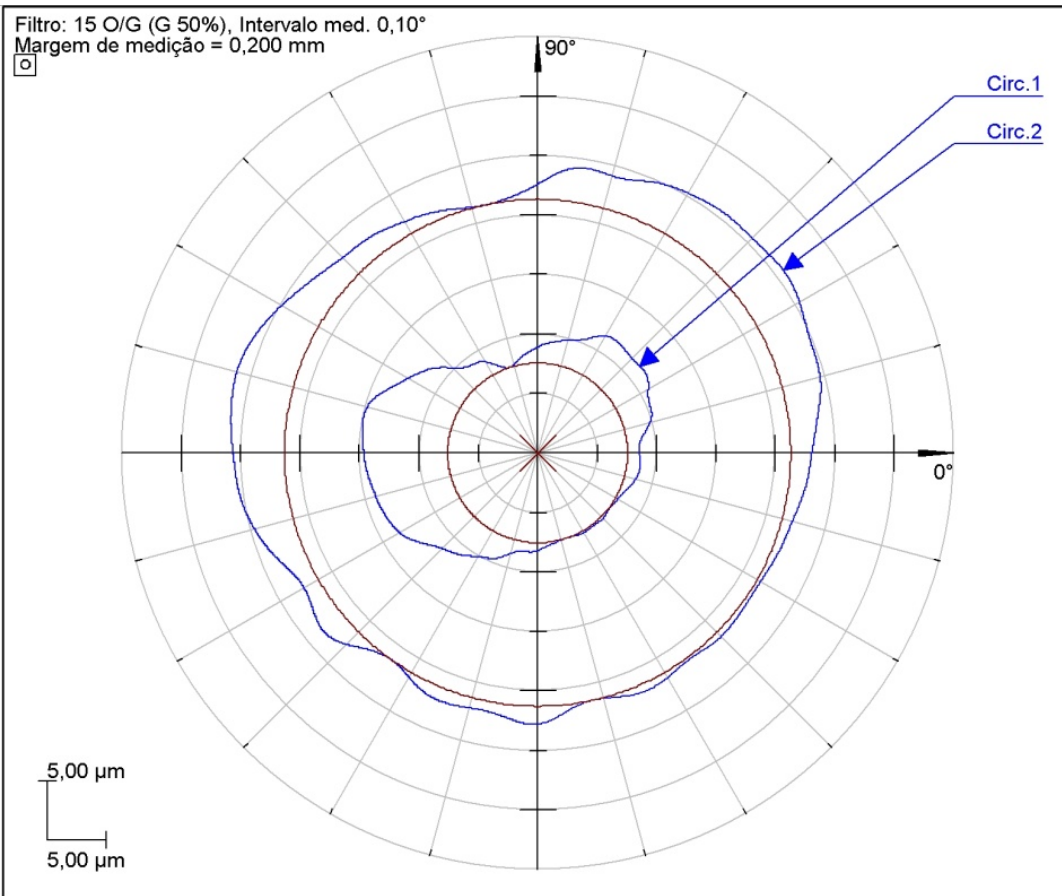
📌 Ideia principal do slide:

Uma peça pode estar correta em dimensão, mas incorreta em forma.

Por isso são necessárias tolerâncias geométricas além das dimensionais.



Geometrias reais



Perfil ou Tarefa	Posição [mm, °]	Resultado [μm] [Ø]:[mm]	Tolerância [mm]	Ref.	Referência	[μm]	Fase[°] Inc [μm/m]
Circ.1	79,00	7,39		MIC		0,71	75,56
Circ.2	72,00	4,93		MIC		1,27	38,30
Circ/11		7,39	0,0000	MIC			

◆ Geometrias Reais

O gráfico à esquerda mostra a **forma real de uma peça circular**, medida em vários pontos.

Mesmo que a dimensão nominal seja correta, a peça **não é perfeitamente circular**.

As curvas (Circ.1 e Circ.2) representam os desvios da forma ideal.

📌 Ideia principal:

Na prática, nenhuma peça é perfeitamente geométrica.

Sempre existem desvios, que precisam ser controlados por tolerâncias de forma (ex.: circularidade).



Conclusão: a dimensão correta não garante forma perfeita — por isso existem tolerâncias geométricas.



Causas do desvio de forma

- Material da peça: variação de dureza ou excesso de material pode gerar deformações;
- Máquina-ferramenta: falta de rigidez ou erro geométrico da máquina;
- Mão de obra: erro de alinhamento ou regulagem incorreta (pré-setup);
- Método: fixação inadequada pode deformar a peça durante a usinagem;
- Meio ambiente: aquecimento pode causar dilatação e alterar a forma.



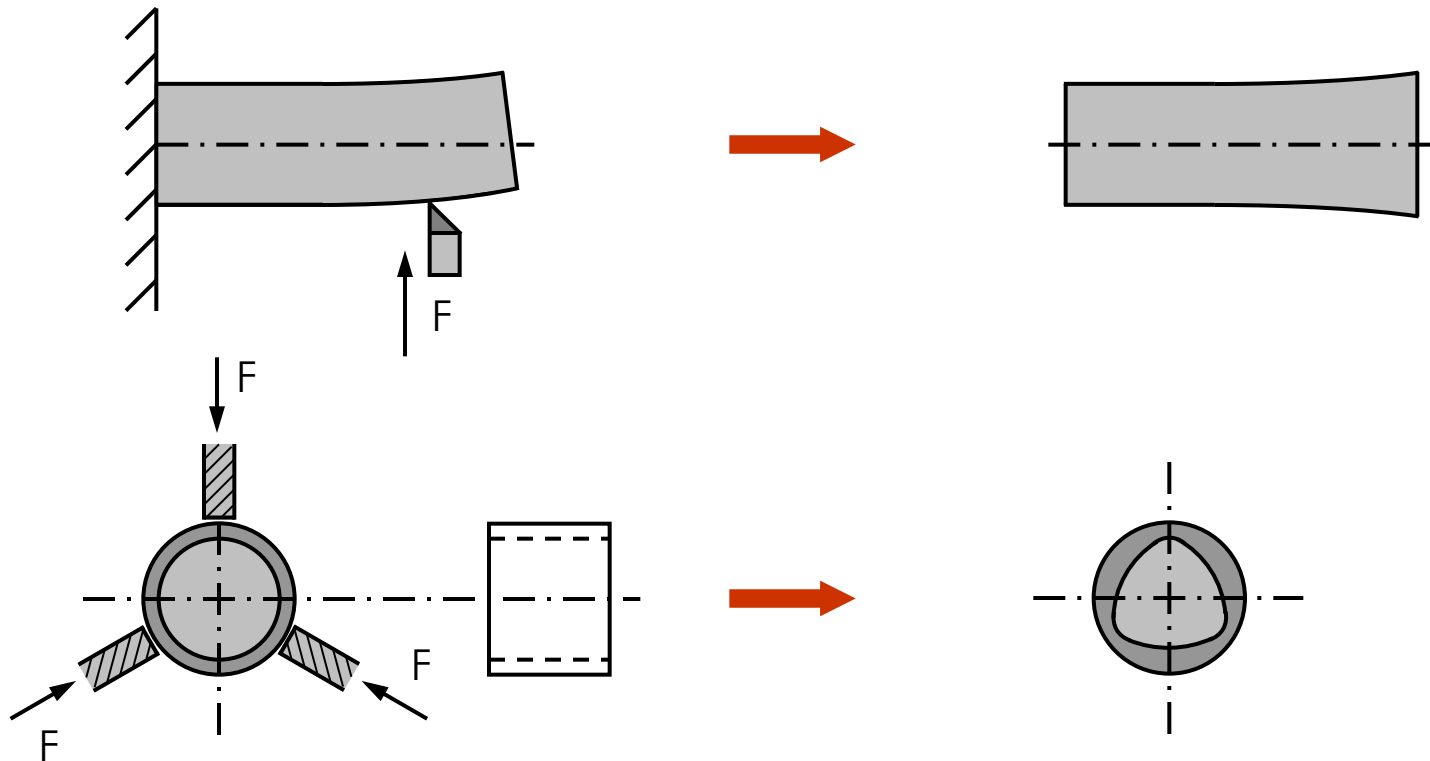
Ideia principal:

O desvio de forma é resultado do processo de fabricação, não apenas da dimensão nominal.



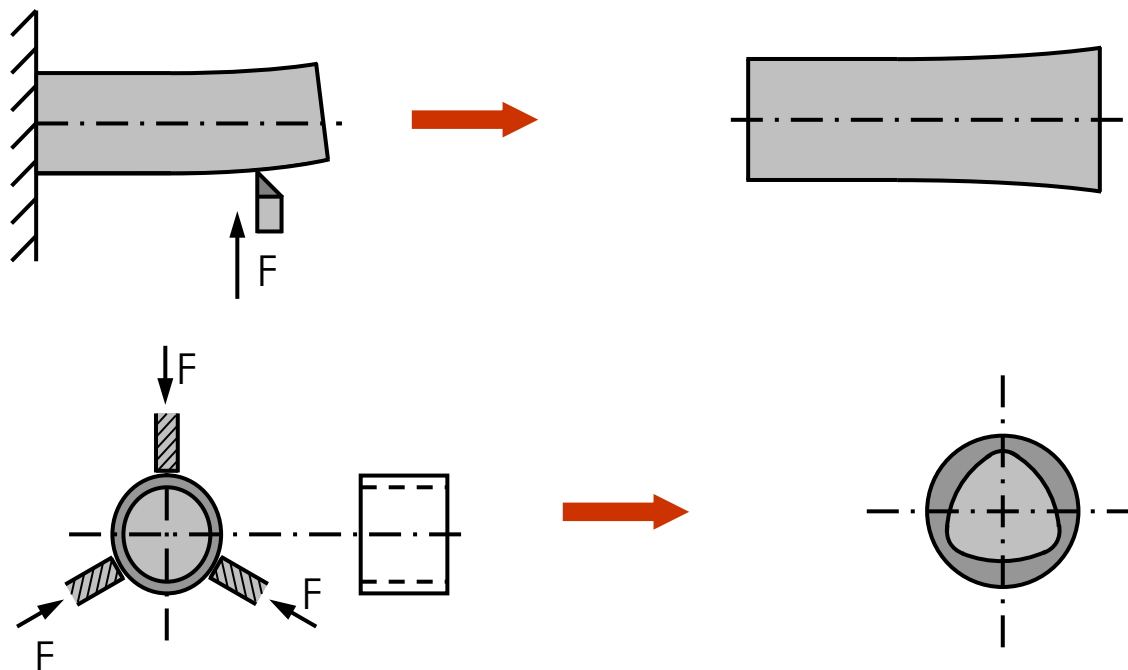
Causas do desvio de forma

Exemplo





Causas do desvio de forma



Parte superior:

A peça é fixada com força (F).

Essa força provoca **flexão ou deformação** durante a usinagem.

Quando a peça é solta, ela muda de forma.



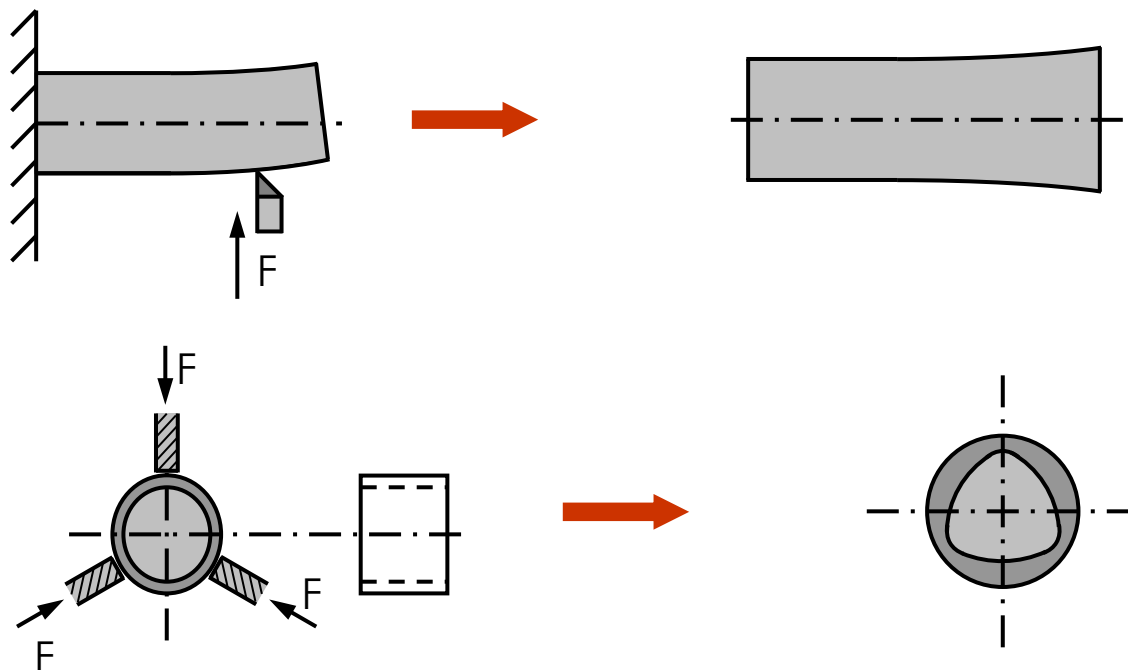
Parte inferior:

A fixação com três apoios também gera deformação temporária.

Após soltar, a peça pode ficar **ovalizada ou fora de forma**.



Causas do desvio de forma



Ideia principal:

A maneira como a peça é fixada pode gerar deformações e causar erro de forma, mesmo que a dimensão esteja correta.



Simbologia

Para elementos isolados		
Forma	Retitude	—
	Planeza	▱
	Circularidade	○
	Cilindricidade	⌀
	Forma de uma linha qualquer	⌒
	Forma de uma superfície qualquer	Ⓓ

Para elementos associados		
Orientação	Paralelismo	//
	Perpendicularidade	⊥
	Inclinação	∠
Posição	Posição de um elemento	⊕
	Concentricidade	⊙
	Simetria	≡
Batimento		↗



Simbologia

Para elementos isolados		
Forma	Retitude	—
	Planeza	▱
	Circularidade	○
	Cilindricidade	⌀
	Forma de uma linha qualquer	⌒
	Forma de uma superfície qualquer	⌒

Para elementos isolados (Forma):

Controlam apenas a **forma da própria superfície**, sem referência a outro elemento.

Exemplos:

- Retitude
- Planeza
- Circularidade
- Cilindricidade

👉 Avaliam se a peça é realmente reta, plana ou circular.



Simbologia

Para elementos associados:

Dependem de um **datum** (referência).

◆ Orientação

- Paralelismo
- Perpendicularidade
- Inclinação

◆ Posição

- Posição verdadeira
- Concentricidade
- Simetria

◆ Movimento

- Batimento

👉 Controlam alinhamento, localização e comportamento em rotação.

Para elementos associados		
Orientação	Paralelismo	//
	Perpendicularidade	⊥
	Inclinação	∠
Posição	Posição de um elemento	⊕
	Concentricidade	⊙
	Simetria	≡
Batimento		↗



Simbologia

Para elementos isolados		
Forma	Retitude	—
	Planeza	▱
	Circularidade	○
	Cilindricidade	⌀
	Forma de uma linha qualquer	⌒
	Forma de uma superfície qualquer	Ⓓ

Para elementos associados		
Orientação	Paralelismo	//
	Perpendicularidade	⊥
	Inclinação	∠
Posição	Posição de um elemento	⊕
	Concentricidade	⊙
	Simetria	≡
Batimento		↗

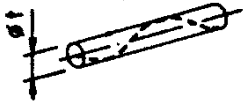
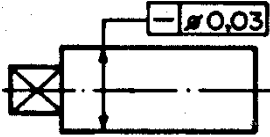
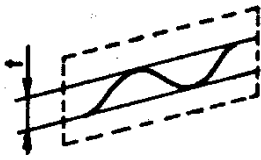
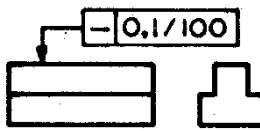
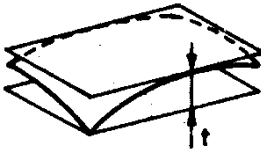
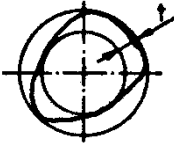
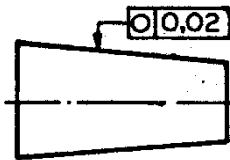


Ideia principal:

Esses símbolos indicam no desenho técnico qual característica geométrica deve ser controlada.

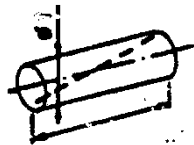
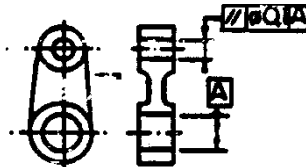
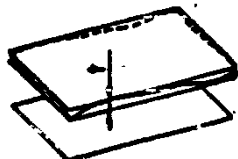
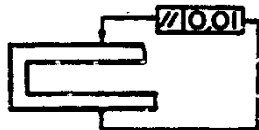
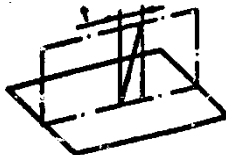
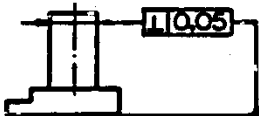
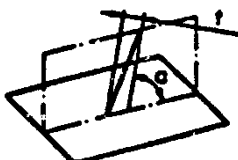
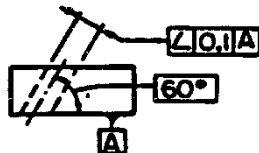


Tolerância de forma

Característica			Campo de tolerância	Exemplo	Descrição
Tolerância de Forma	—	Eixo			O eixo do elemento cilíndrico do pino deve situar-se dentro de um cilindro com diâmetro $t = 0,03\text{mm}$.
	Retitude	Contorno			Qualquer linha de comprimento 100mm do elemento plano indicado, deve situar-se entre duas retas paralelas distanciadas de $t = 0,1\text{mm}$.
					A superfície tolerada deve situar-se entre dois planos paralelos distanciados de $t = 0,05\text{mm}$.
					A linha de contorno de qualquer secção deverá estar contida na área do anel de espessura $t = 0,02\text{mm}$.

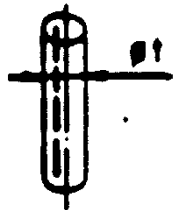
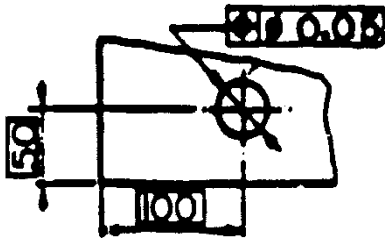
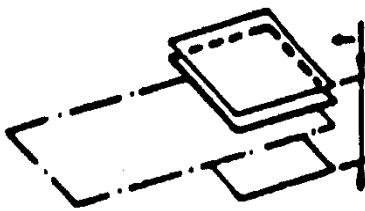
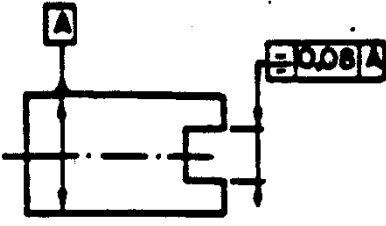
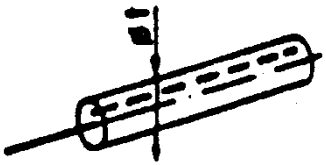
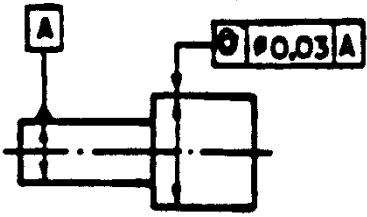


Tolerância de orientação

Característica		Campo de tolerância	Exemplo	Descrição
Tolerância de Orientação	// Paralelismo			O eixo superior deve situar-se internamente à um cilindro de diâmetro $t = 0,1\text{mm}$, paralelo ao eixo inferior (de referência).
				A superfície real deve situar-se entre dois planos paralelos à superfície de referência e distantes entre si de $t = 0,01\text{mm}$.
	⊥ Perpendicularidade			O eixo do componente deve situar-se entre dois planos ortogonais à superfície de referência, distantes entre si de $t = 0,05\text{mm}$.
				O eixo do furo deve situar-se entre dois planos distanciados de $t = 0,01\text{mm}$ e paralelos à um plano inclinado à 60° em relação ao plano de referência.
∠ Inclinação				



Tolerância de orientação

Característica		Campo de tolerância	Exemplo	Descrição
Tolerância de Posição	 Posição de um elemento			O eixo do furo deve situar-se no interior de um cilindro com diâmetro $t = 0,05\text{mm}$, cujo eixo situa-se na posição geométrica ideal (cotas em molduras) do furo.
	 Simetria			O plano médio do rasgo deve situar-se entre dois planos paralelos distanciados de $t = 0,08\text{mm}$, posicionados simetricamente em relação ao plano médio do elemento de referência.
				O eixo do elemento com tolerância deve situar-se no interior de um cilindro com diâmetro $t = 0,03\text{mm}$ cujo eixo está alinhado com o eixo do elemento de referência.