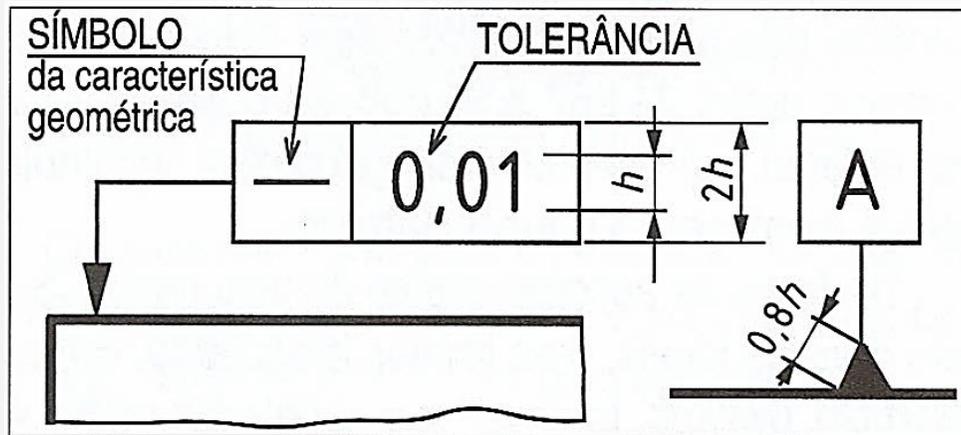


- Generalidades



Acetatos e imagens baseados nos livros:

- Desenho Técnico Moderno, Arlindo Silva, João dias, Luís Sousa, 2º Ed., Lidel
- Desenho Técnico Básico, vol.3, Simões Morais, 23ªEd., Porto Editora, Lda
- Desenho Construção Metalomecânica, Pedro Martins, 1ªEd, CENFIM, FCA, Lidel
- Acetatos, João Manuel R. S. Tavares



- Identificar os símbolos geométricos e aplicá-los convenientemente no toleranciamento das peças.
- Compreender as vantagens da utilização do toleranciamento geométrico, em conjunto com o dimensional;
- Conhecer os princípios gerais do toleranciamento e as vantagens da sua aplicação no toleranciamento das peças.

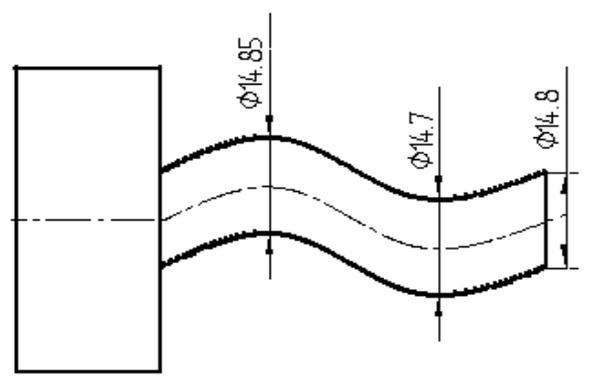
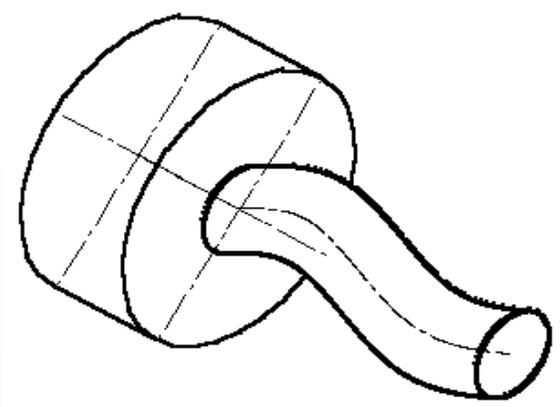
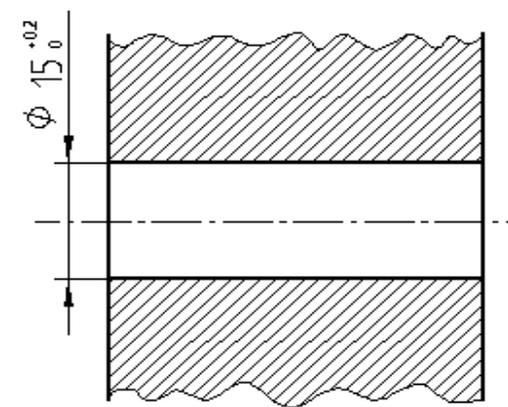
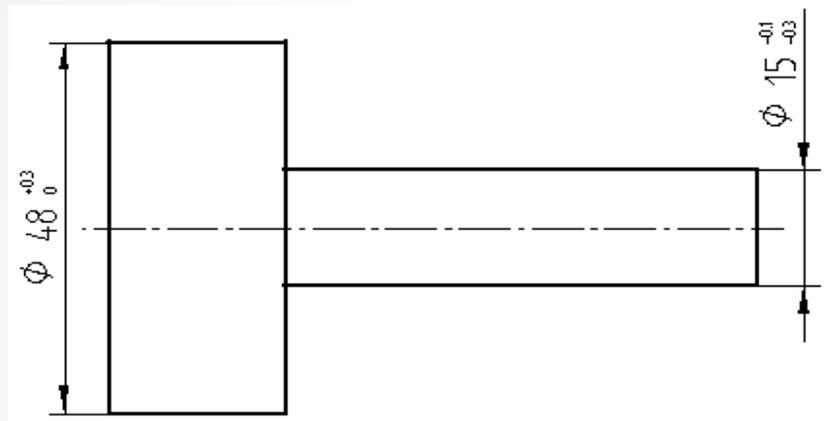


- O toleranciamento dimensional apenas permite limitar os erros dimensionais.
- O toleranciamento geométrico permite limitar erros de forma, de orientação e localização dos elementos.
- Filosofia de projeto, baseada em tolerâncias o mais elevadas possível, sem prejudicar a montagem e a funcionalidade.
- Linguagem da qual fazem parte símbolos, referenciais, modificadores, princípios e conceitos.



Toleranciamento Dimensional vs. Toleranciamento Geométrico

O Toleranciamento dimensional não é suficiente para garantir a montagem de peças.



O toleranciamento dimensional é verificado, no entanto a montagem não é possível.



Fatores que influenciam os desvios geométricos

Os desvios geométricos de forma podem ser resultado de um efeito combinado de diversos fatores de influência, tais como:

- qualidade dos sistemas de guiamento das máquinas ferramenta;
- efeitos térmicos derivados da temperatura;
- tensões de trabalho;
- deformação da peça derivada do seu peso próprio;
- deficiente fixação da peça;
- desgaste dos órgãos mecânicos das máquinas-ferramenta;
- etc.

Os desvios geométricos (macro e microgeométricos) têm influência no comportamento em funcionamento (atrito, aderência, escorregamento, rotação, vedação, etc.) das superfícies conjugadas de peças acopladas.



Elemento (geométrico) - Termo geral aplicado a uma porção física da peça, como seja um ponto, uma linha, uma superfície, um veio, ou um furo.

Elemento dimensional – Corresponde a uma cota, associada a um elemento ou conjunto de elementos.

Referencial – Termo usado para o elemento em relação ao qual é definida uma tolerância geométrica.

Zona de tolerância – Área ou volume definidos a partir dos valores das tolerâncias geométricas inscritas no desenho.

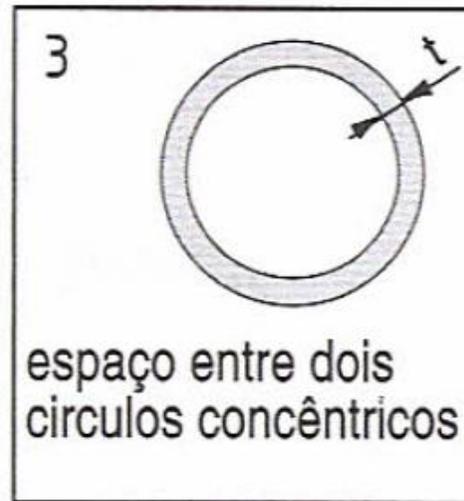
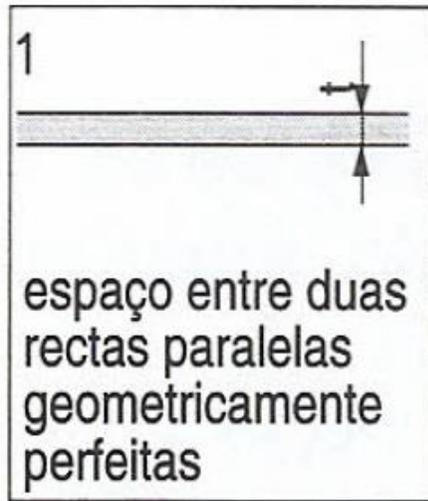


Definições - Zona de tolerância 1

A **zona de tolerância** é o espaço limitado por uma ou várias linhas ou superfícies geometricamente perfeitas e caracterizado por uma dimensão linear chamada tolerância.

A zona de tolerância pode ser (no plano):

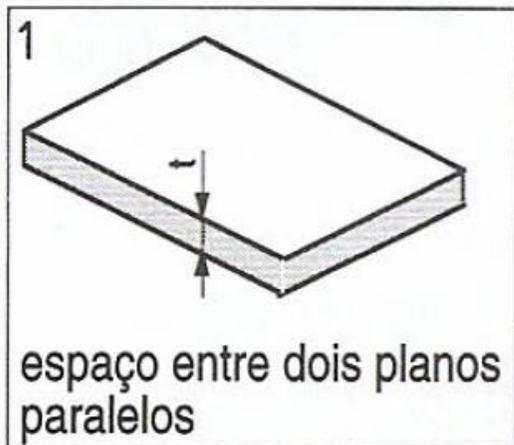
- o espaço entre duas linhas equidistantes (1 e 2)
- o espaço entre duas circunferências concêntricas (3);
- o espaço no interior de um círculo (4);



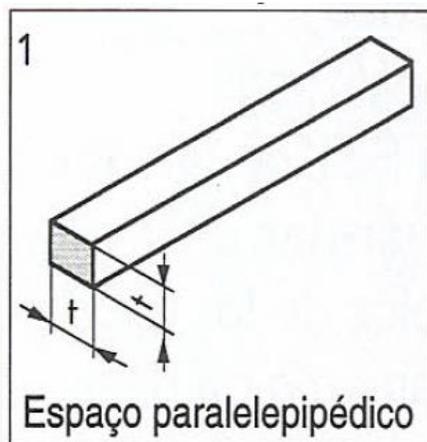


Definições - Zona de tolerância 2

A zona de tolerância pode ser o espaço entre duas superfícies equidistantes.



A zona de tolerância pode ser o espaço no interior de volumes simples.





Símbolos geométricos

	Classe	Símbolo	Característica Toleranciada	Indicação do Referencial
Elementos Isolados	FORMA		Retilismo	NUNCA
			Planeza	
			Circularidade	
			Cilindricidade	
			Forma de um contorno	PODEM USAR
			Forma de uma superfície	
Elementos Relacionados	ORIENTAÇÃO		Paralelismo	SEMPRE
			Perpendicularidade	
			Angularidade	
	LOCALIZAÇÃO		Posição	SEMPRE
			Concentricidade ou coaxialidade	
			Simetria	
	BATIMENTO		Batimento circular	SEMPRE
			Batimento total	

Designações equivalentes:

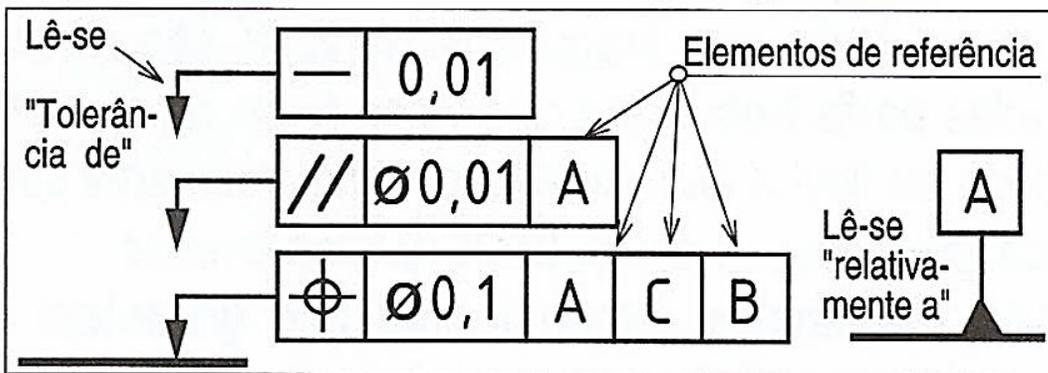
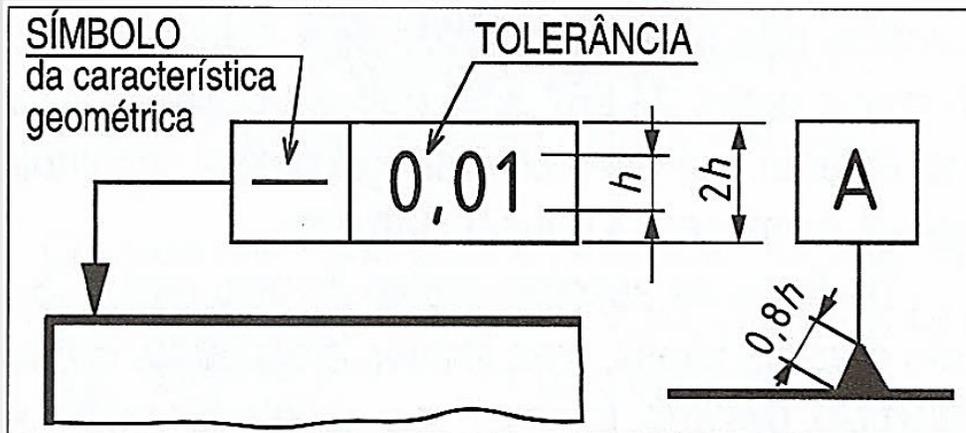
“Retilismo” = “Rectitude”

“Forma de um contorno” =
“Perfil de uma linha qualquer”

“Forma de uma superfície” =
“Perfil de uma superfície qualquer”



Quadro de tolerância geométrica



INDICAÇÃO DE REFERÊNCIAS PARCIAIS (ISO 5459)		
	3 x 3 x (ponto)	Ø5 x-----x (recta)

$$h = 10d \quad (d = 0,5 \text{ ou } d = 0,7)$$



Símbolos complementares

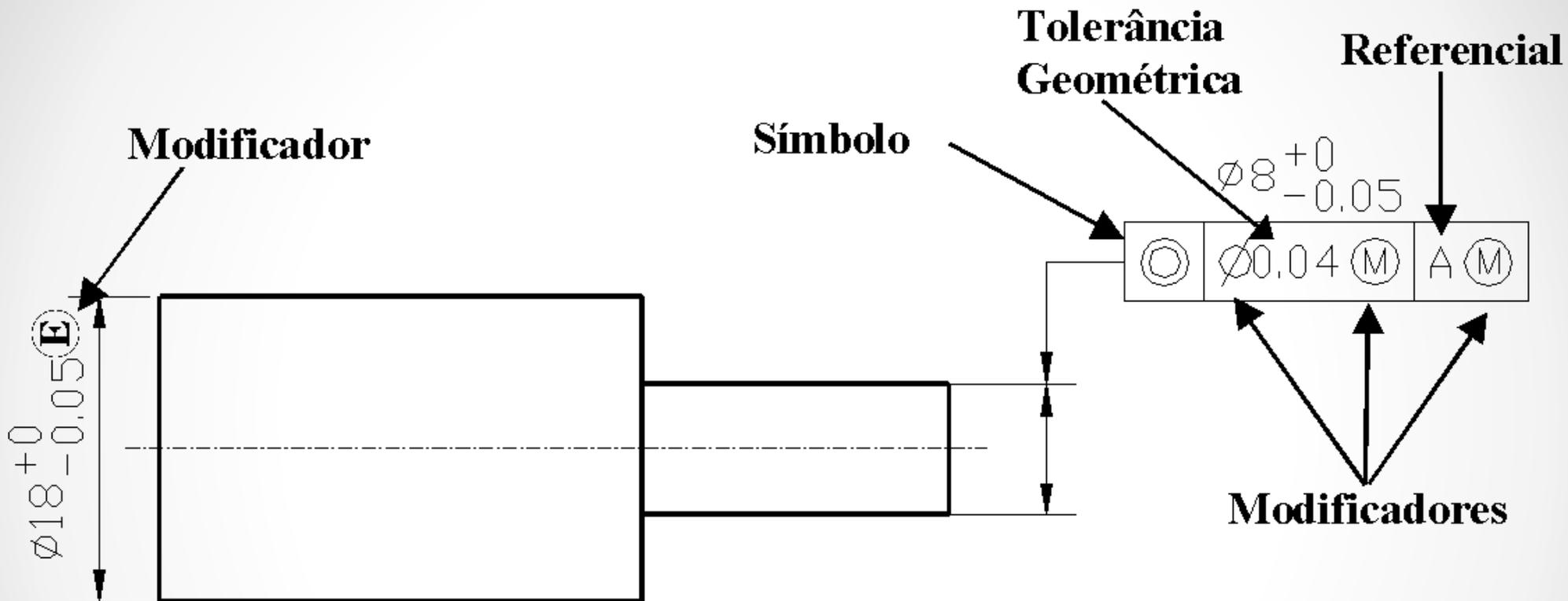
PRINCÍPIO DE INDEPENDÊNCIA ISO 8015	
TOLERANCIAMENTO ISO 8015 - PRINCÍPIO DE INDEPENDÊNCIA (ISO 8015)	TOLERANCIAMENTO ISO 8015
REQUISITO DE ENVOLVENTE (ISO 8015)	
MMR REQUISITO DE MÁXIMO MATERIAL (ISO 2692)	
LMR REQUISITO DE MÍNIMO MATERIAL (ISO 2692)	

DIMENSÃO TEORICAMENTE EXACTA	
ZONA DE TOLERÂNCIA PROJECTADA (ISO 10 578)	
CONDIÇÃO AO ESTADO LIVRE (PEÇAS NÃO RÍGIDAS) (ISO 10 579)	

A toda a volta (perfil)	
Requisito de envolvente	ⓔ
Zona comum ("common zone")	CZ
Diâmetro interior ("minor diameter")	LD
Diâmetro exterior ("major diameter")	MD
Diâmetro primitivo ("pitch diameter")	PD
Elemento de linha ("line element")	LE
Não convexo ("not convex")	NC
Secção recta qualquer ("any cross-section")	ACS



Inscrição das tolerâncias geométricas nos desenhos

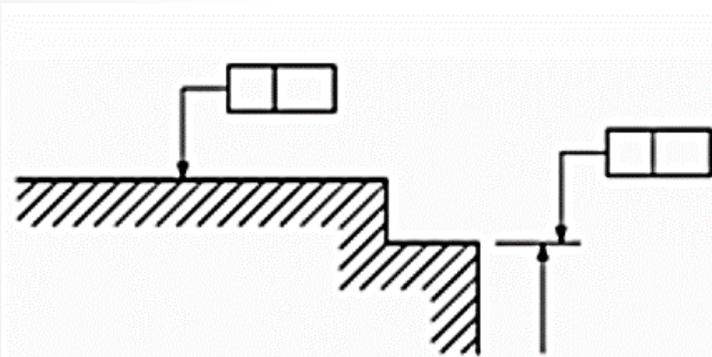
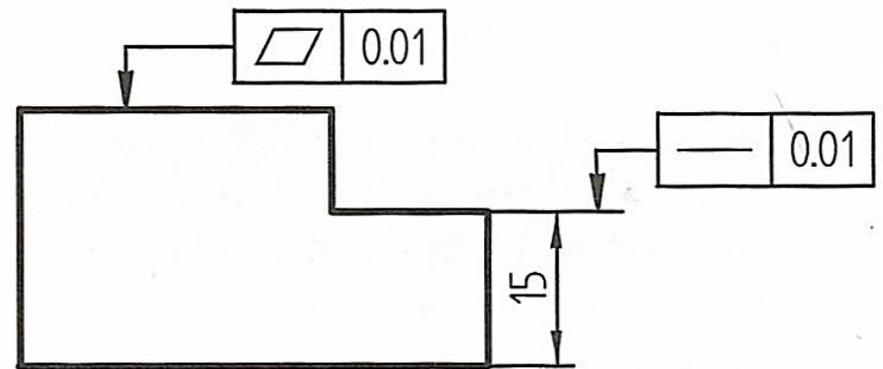


- Um retângulo contendo o símbolo
- Um retângulo contendo o valor da tolerância em mm
- Um ou mais retângulos indicando referenciais (Letras Maiúsculas)
- Modificadores (Letras Maiúsculas dentro de um círculo)

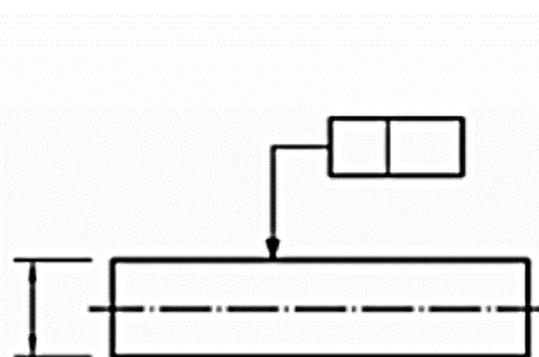
Toleranciamento geométrico dos elementos

Arestas ou superfícies

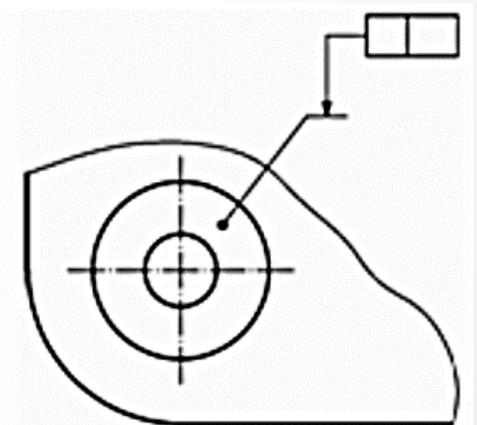
Seta aponta para o elemento ou para linha de chamada no prolongamento deste.



a) Linha ou superfície



b) Linha

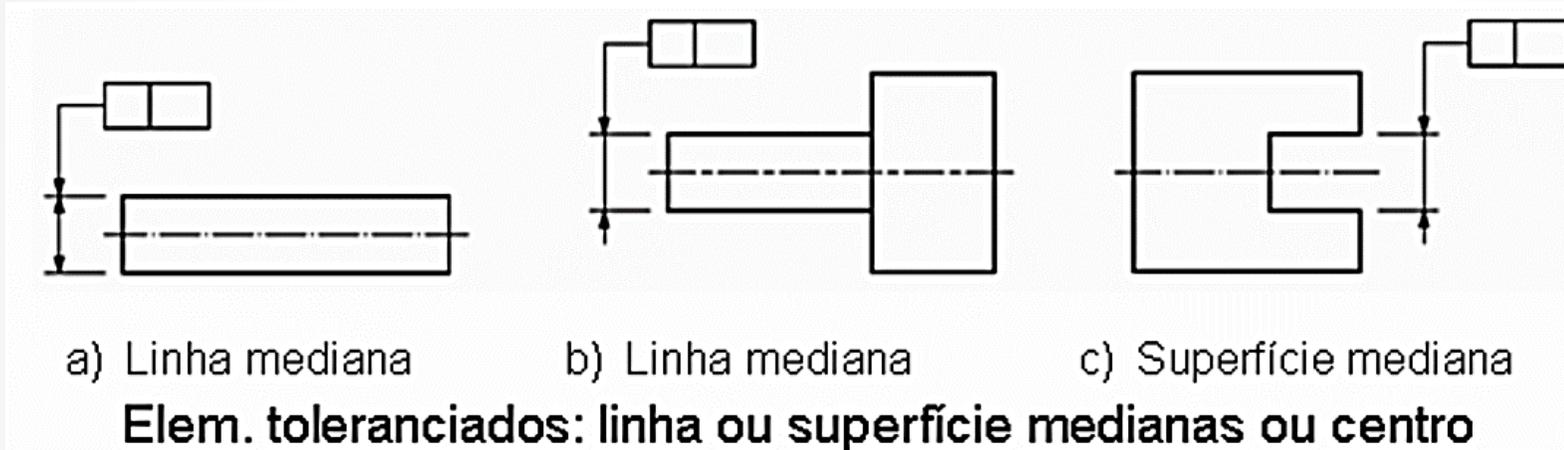


c) Superfície

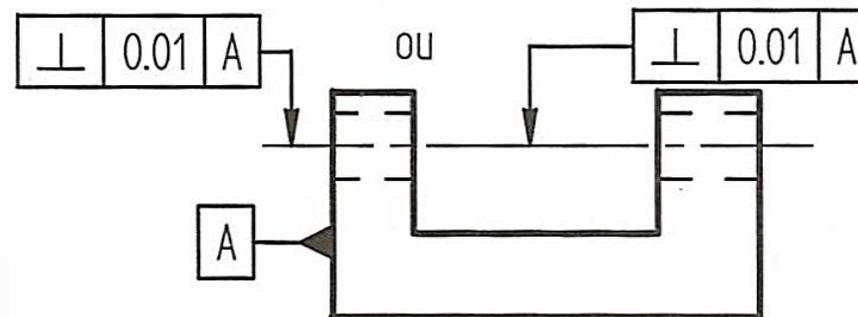
Elementos toleranciados: a linha ou a superfície representadas

Eixos ou linhas de centro

a) Método indireto - Seta aponta para o prolongamento da linha de cota



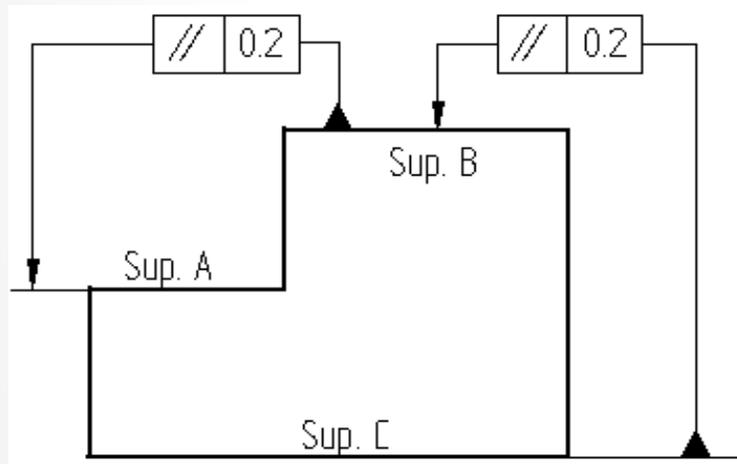
b) Método Direto - Seta aponta diretamente para o eixo



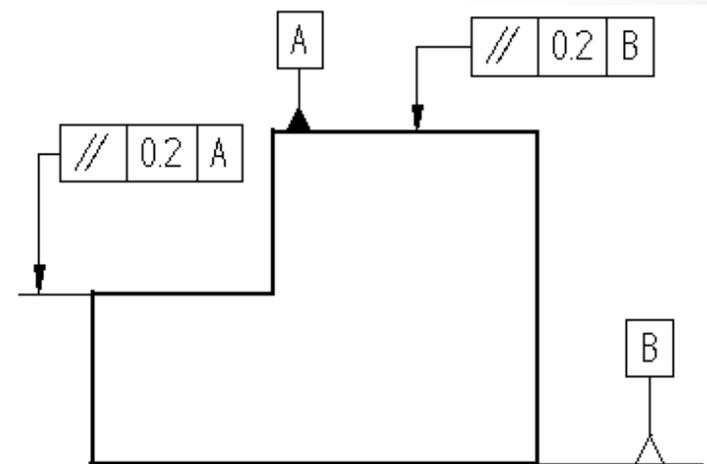


Algumas das relações geométricas são definidas para um elemento, relativamente a outro elemento (referencial).

Identificação do referencial de forma direta



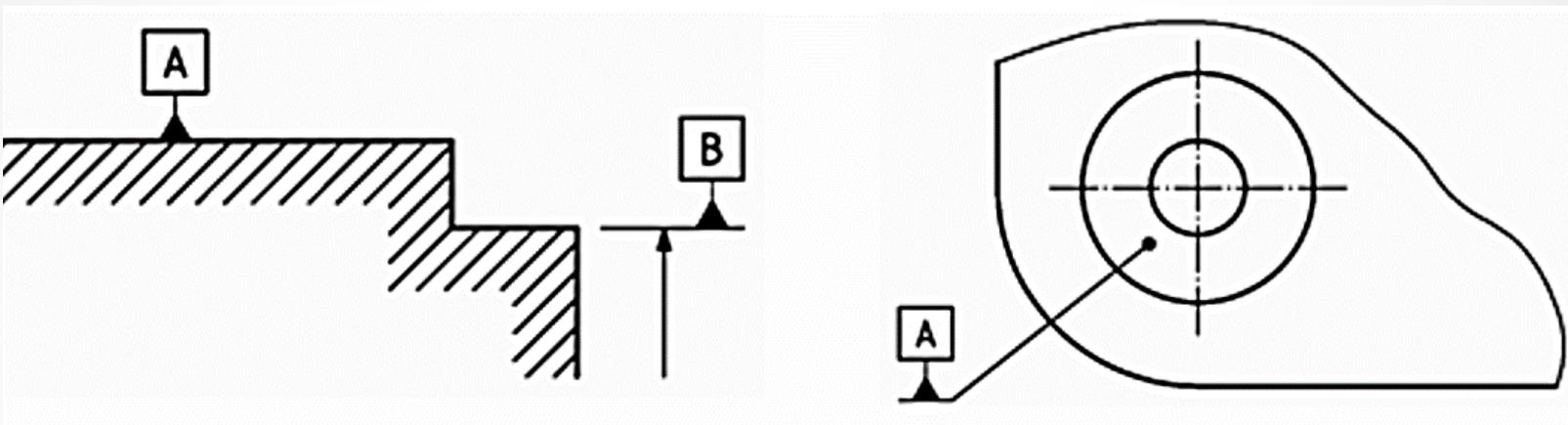
Identificação do referencial através de uma letra



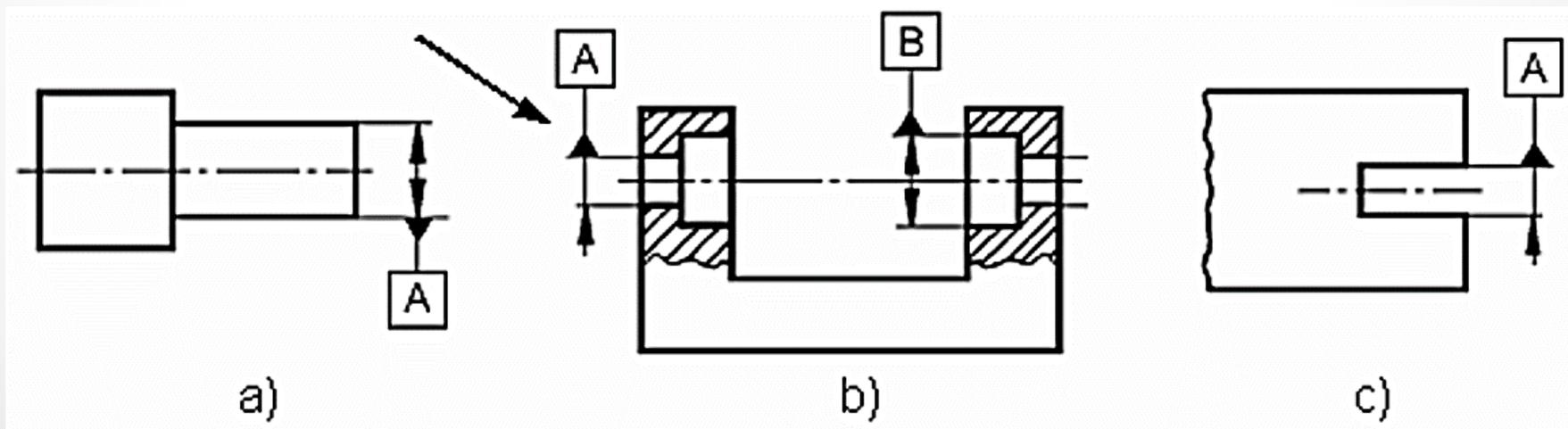
- Triângulo que identifica o elemento do referencial, pode não ser a negrito.
- A letra que identifica o referencial é maiúscula, e deve estar no interior de um retângulo.



Referenciais - Identificação do referencial através de uma letra

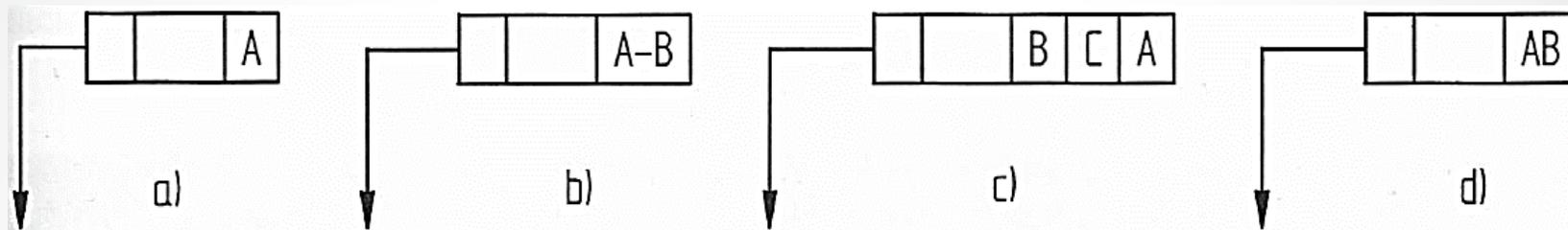


Uma das setas da cota do plano mediano ou o centro do elemento pode ser substituída pelo triângulo de referência.





Múltiplos Referenciais



a) Referencial Singular

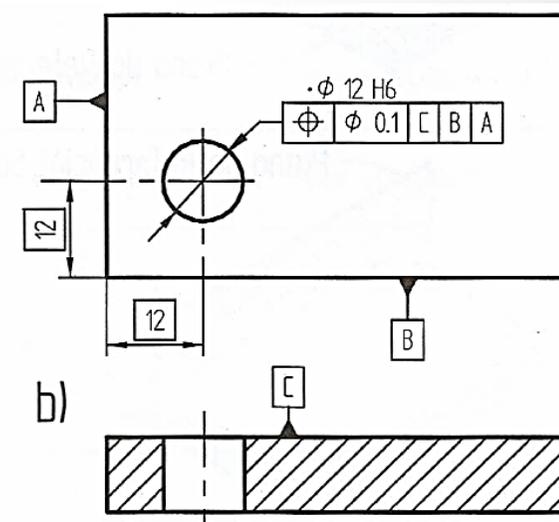
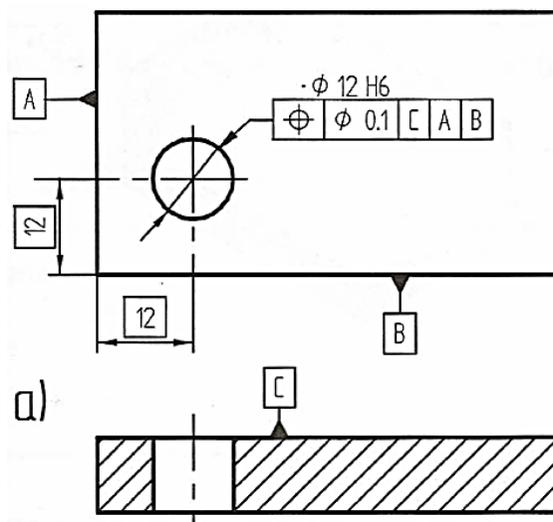
b) Referencial Composto

c) Vários referenciais

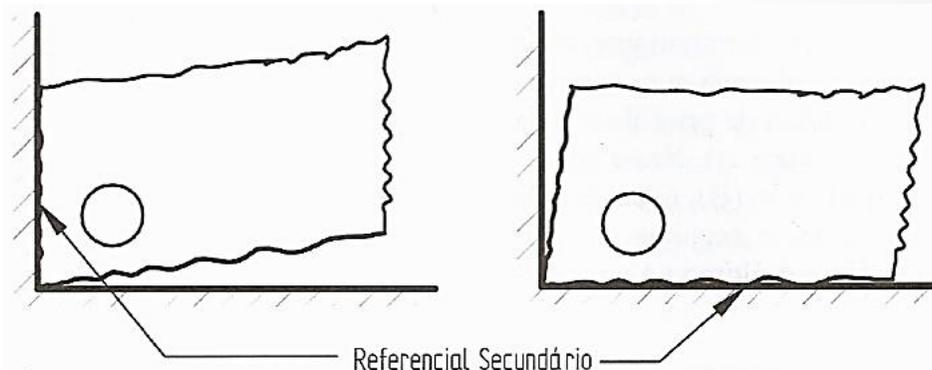
em que a ordem é importante

d) Vários referenciais em que

a ordem não é importante



Nalgumas situações a ordem dos referenciais condiciona os resultados obtidos, podendo prejudicar a funcionalidade da peça

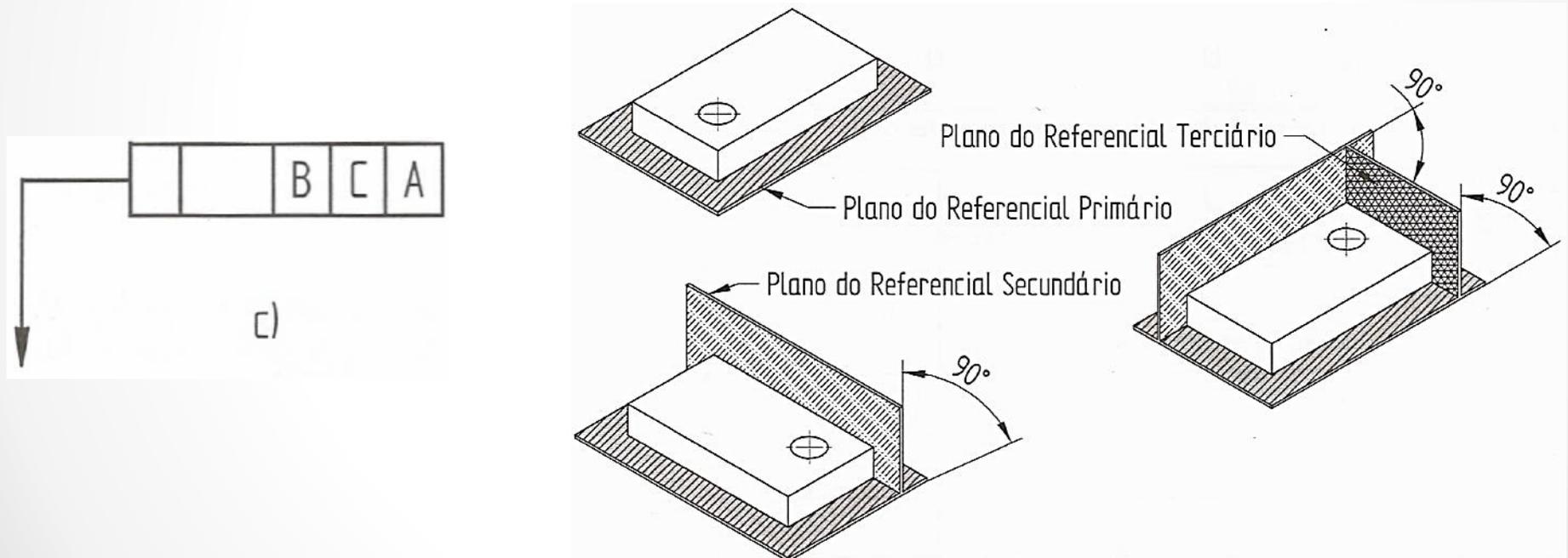


Múltiplos Referenciais (continuação)

c) *Ordem dos referenciais é importante*

Prioridade é da esquerda para a direita

- *Referencial Primário (B)* - Contacto em pelo menos 3 pontos
- *Referencial Secundário (C)* - Contacto em pelo menos 2 pontos
- *Referencial Terciário (A)* - Contacto em pelo menos 1 ponto



Definição dos referenciais também é importante para as operações de maquinagem e de verificação

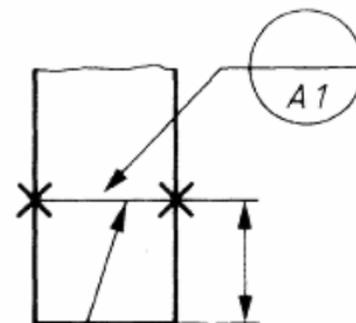


Referenciais parciais

A referência parcial pode ser um ponto, uma linha ou uma área.

Ponto (cruz)	×
Linha (2 cruces unidas a traço contínuo fino)	× — ×
Área (limitada a traço longo-ponto fino)	
Referências parciais	

× — × = Linha de referência parcial

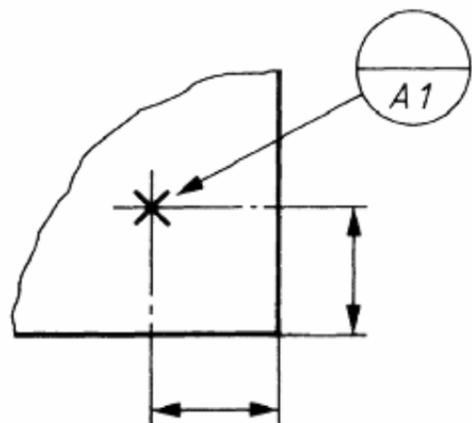


Linha de referência parcial

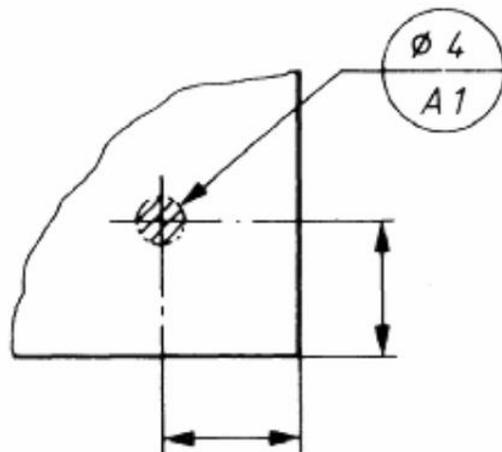
c) Linha

× = Ponto de referência parcial

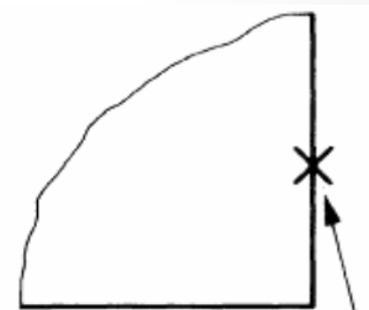
= Área de referência parcial



a) Ponto



b) Área



Linha de referência parcial

d) linha



Modificadores

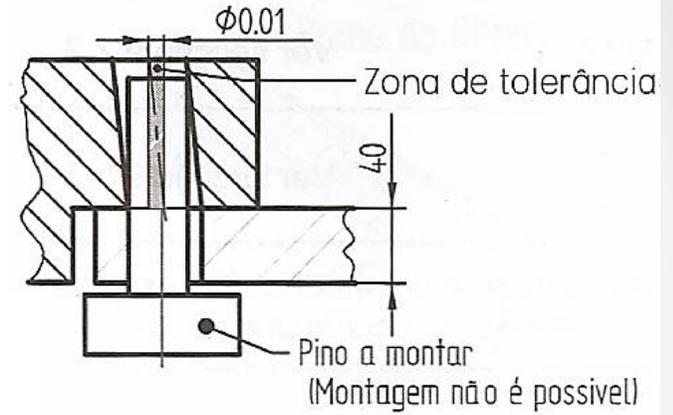
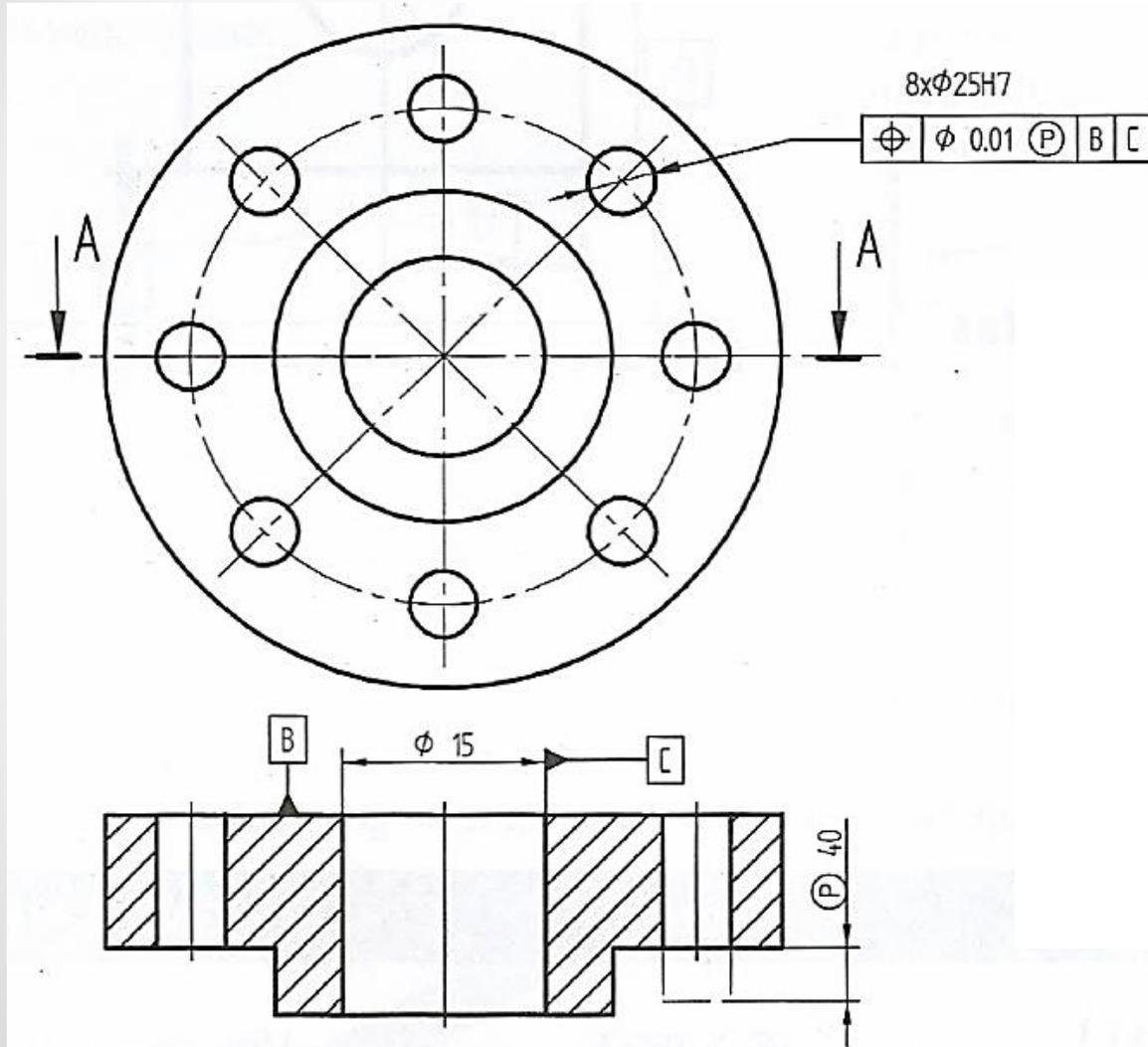
Símbolos complementares aos símbolos geométricos, associados a princípios ou conceitos.

TERMO	SÍMBOLO	NORMA
Princípio do Máximo Material		ISO 2692
Princípio do Mínimo Material		ISO 2692-Amd. 1
Envolvente		ISO 8015
Zona da Tolerância Projectada		ISO 1101 ISO 10578
Diâmetro		Símbolo de diâmetro é um modificador especial, o único que não é circunscrito por um círculo.

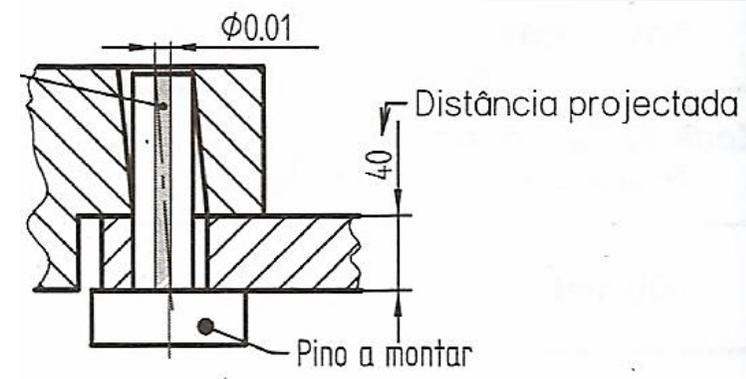
São aplicados ao valor da tolerância e/ou ao referencial

Zona de tolerância Projetada – Modificador (P)

Zona de tolerância é aplicada a uma projeção externa do elemento.



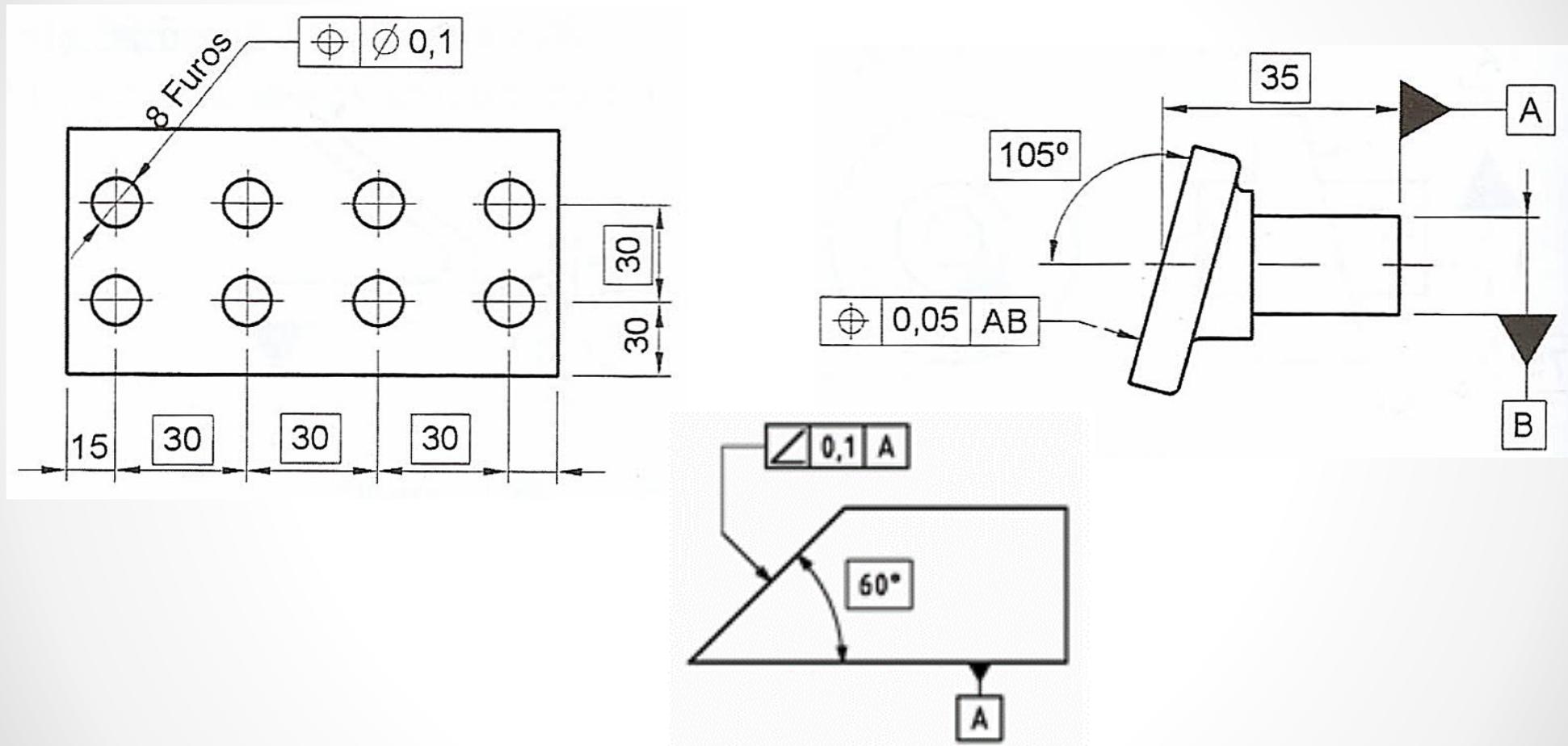
a) Sem modificador



b) Com modificador



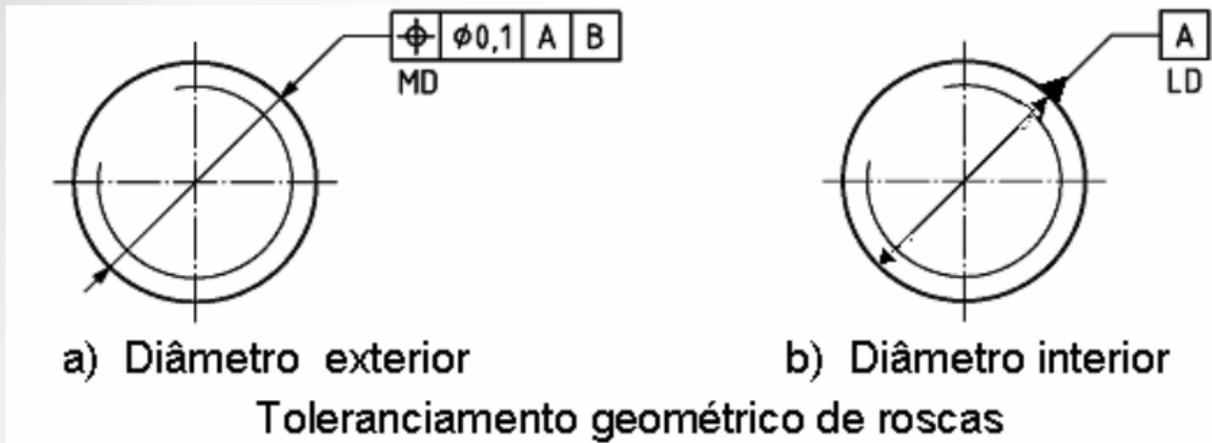
- Cotas a partir das quais é definida uma zona de tolerância



Importantes no toleranciamento geométrico de posição e de angularidade

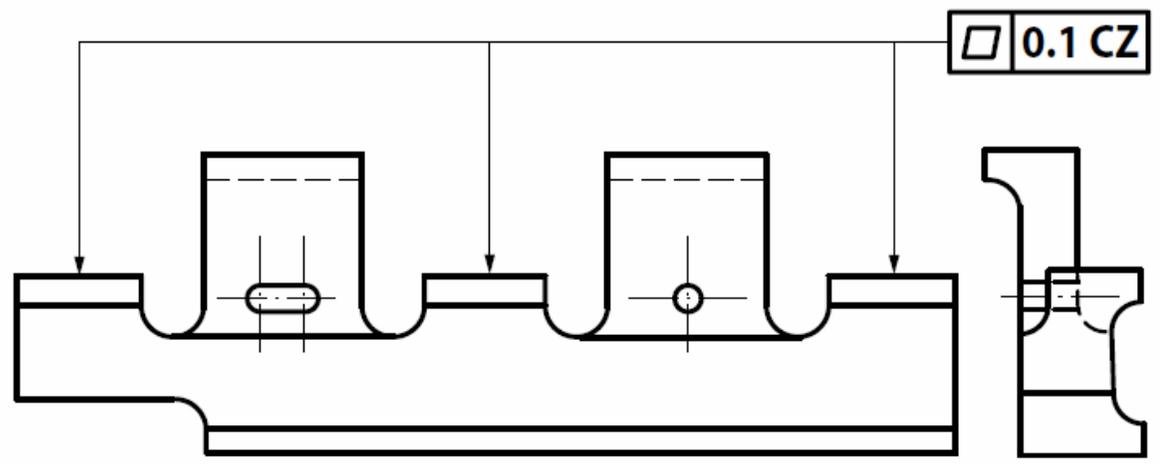


Indicações complementares 1 - CZ, MD e LD



MD – Diâmetro Exterior

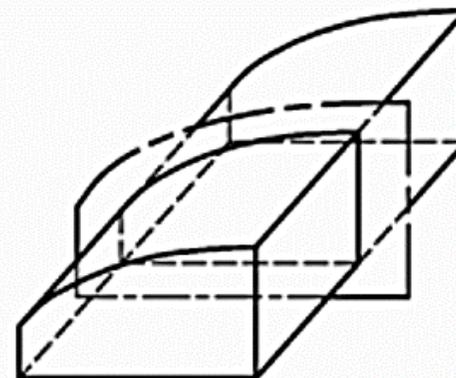
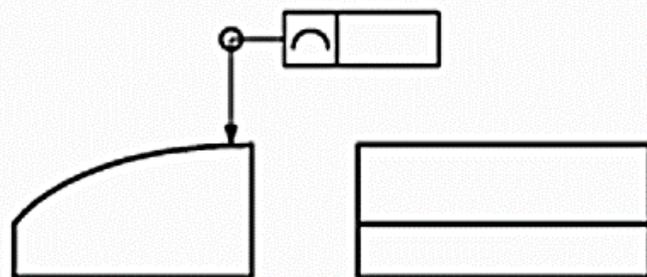
LD – Diâmetro Interior



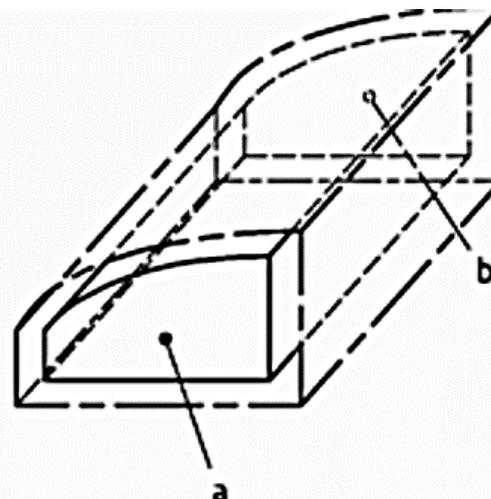
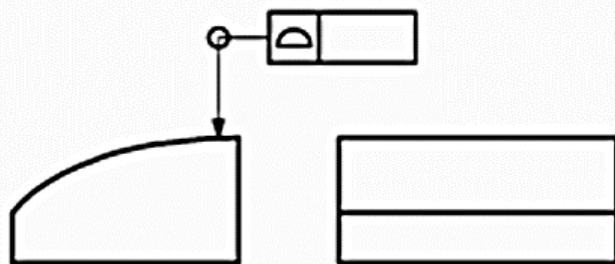
CZ - Requisito de Zona Comum aplicado a vários elementos



Indicações complementares 2



Tolerância de perfil de uma linha qualquer “a toda a volta”



As linhas a traço longo-ponto indicam os elementos considerados. As superfícies a e b não são consideradas na especificação

Tolerância de perfil de uma superfície qualquer “a toda a volta”