

Desenho Técnico Moderno

Toleranciamento Geométrico

OBJECTIVOS

- ☞ 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.

TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO

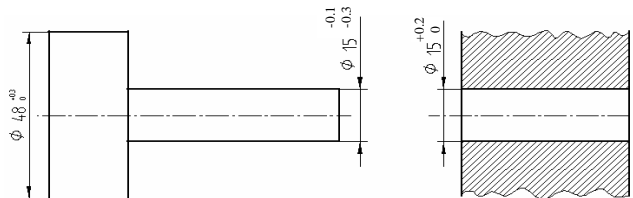
• INTRODUÇÃO

- 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 projecto, 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.

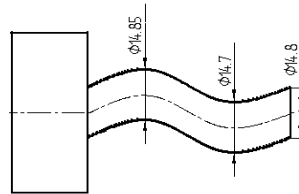
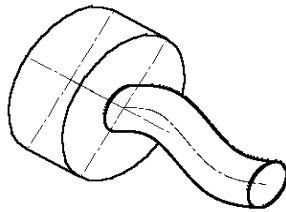
TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO

• Toleranciamento dimensional vs. Toleranciamento Geométrico

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



Será possível a montagem das duas peças apresentadas?



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

TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO

• Definições

Elemento - Termo geral aplicado a uma porção física da peça, como seja uma superfície, aresta, furo, etc.

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.

TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO

• Símbolos geométricos

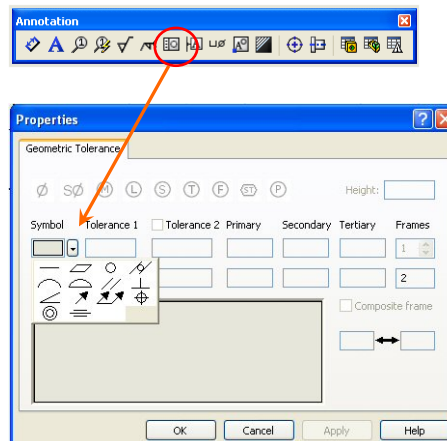
CLASSE	SÍMBOLO	CARACTERÍSTICA TOLERANCIADA	INDICAÇÃO DO REFERENCIAL
FORMA	—	Retilismo	NUNCA
	▭	Planeza	
	○	Circularidade	
	⊘	Cilindricidade	PODEM USAR
	⌒	Forma de um contorno	
⌒	Forma de uma superfície		
ORIENTAÇÃO	∥	Paralelismo	SEMPRE
	⊥	Perpendicularidade	
	∠	Angularidade	
LOCALIZAÇÃO	⊕	Posição	SEMPRE
	⊙	Concentricidade ou coaxialidade	
	≡	Simetria	
BATIMENTO	↻	Batimento circular	SEMPRE
	↻	Batimento total	

TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO

• Símbolos geométricos e os programas de CAD paramétricos

- Muitos dos símbolos geométricos são usados nos programas de CAD paramétricos, tais como **SolidWorks, Inventor, etc.**

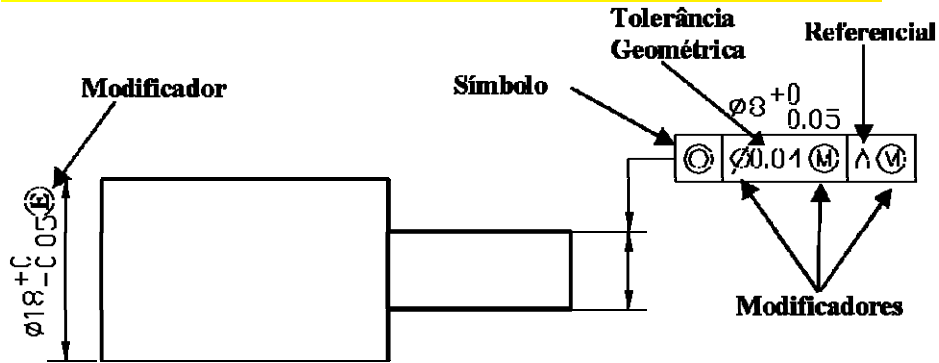
- Importante a sua utilização, especialmente quando são usados equipamentos automáticos no fabrico das peças.



Solidworks

TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO

• Inscrição das tolerâncias geométricas nos desenhos



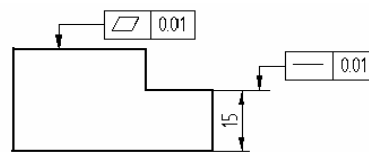
- Um rectângulo contendo o [símbolo](#)
- Um rectângulo contendo o [valor da tolerância](#) em mm
- Um ou mais rectângulos indicando [referenciais](#) (Letras maiúsculas)
- [Modificadores](#) (Letras maiúsculas dentro de um círculo ○)

TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO

• Toleranciamento geométrico dos elementos

1) Arestas ou superfícies

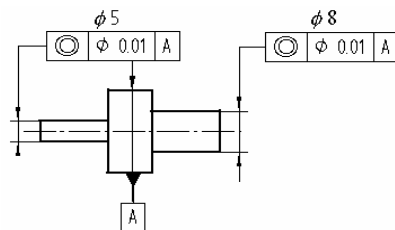
Seta aponta para o elemento ou para linha de chamada no prolongamento deste.



2) Eixos ou linhas de centro

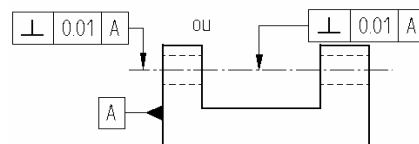
a) Método indirecto

Seta aponta para o prolongamento da linha de cota



b) Método Directo

Seta aponta directamente para o eixo

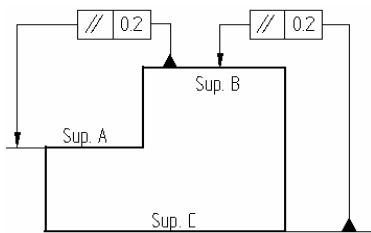


TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO

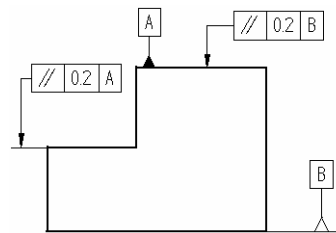
• Referenciais

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

Identificação do referencial de forma directa



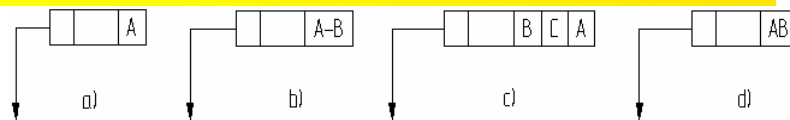
Identificação do referencial através de uma letra



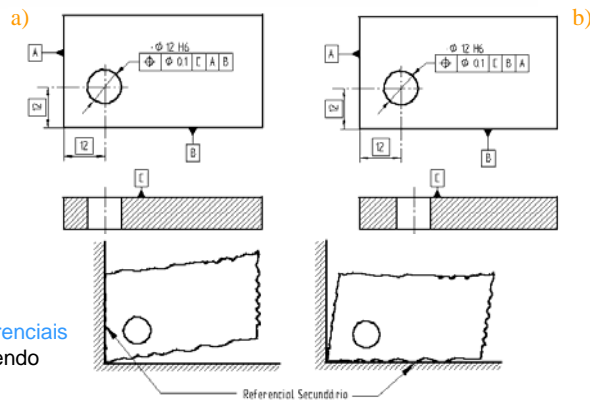
- Triângulo que identifica o elemento do referencial, pode não ser a negroito.
- A **letra** que identifica o referencial é **maiúscula**, e **deve estar no interior de um retângulo**.

TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO

• Referenciais Múltiplos



- 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

TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO

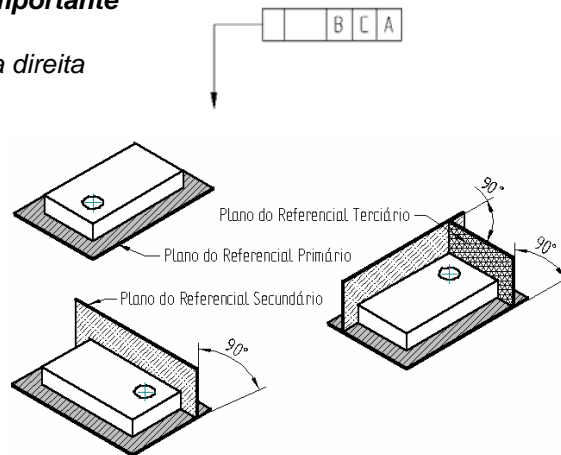
• Referenciais Múltiplos (continuação)

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 maquinação e de verificação



TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO

• Modificadores

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

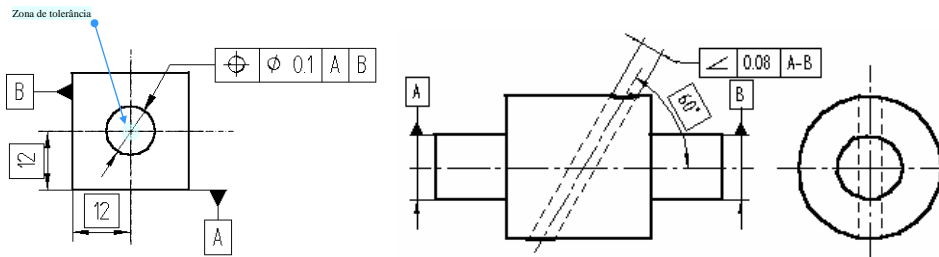
TERMO	SÍMBOLO	NORMA
Princípio do Máximo Material	(M)	ISO 2692
Princípio do Mínimo Material	(L)	ISO 2692-Amd. 1
Envolvente	(E)	ISO 8015
Zona da Tolerância Projectada	(P)	ISO 1101 ISO 10758
Diâmetro	∅	Símbolo de diâmetro é um modificador especial, o único que não é circunscrito por um círculo.

São aplicados ao valor da tolerância e/ou ao referencial

TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO

- Cotas teoricamente exactas

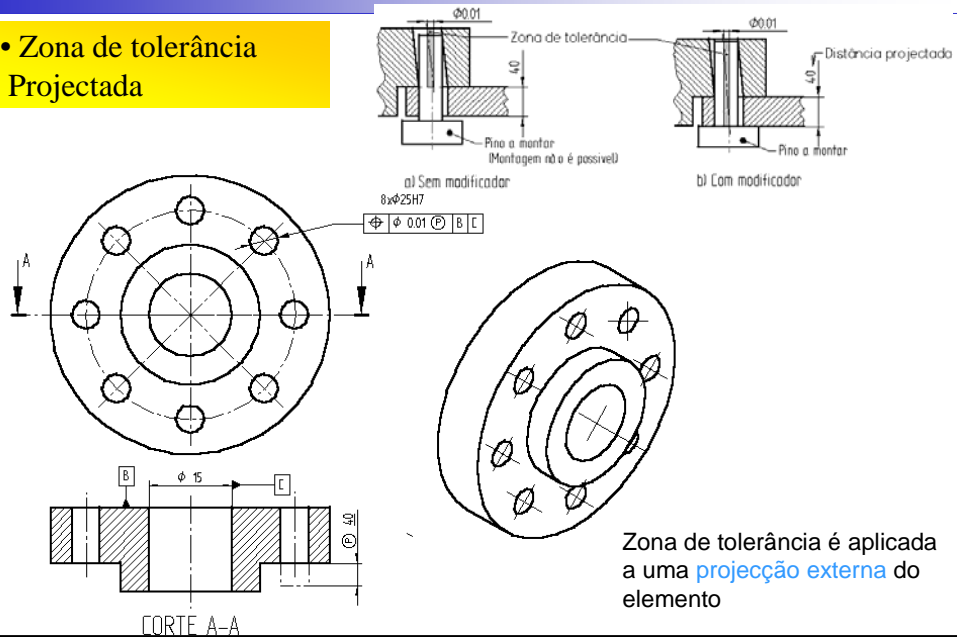
- Cotas a partir das quais é definida uma zona de tolerância



Importantes no toleranciamento geométrico de posição e de angularidade

TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO

- Zona de tolerância Projectada



Zona de tolerância é aplicada a uma **projecção externa** do elemento

TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO

• Zona de tolerância Projectada

Em alguns casos as tolerâncias de localização e orientação não são aplicadas directa/ ao elemento mas sim a uma projecção externa do mesmo

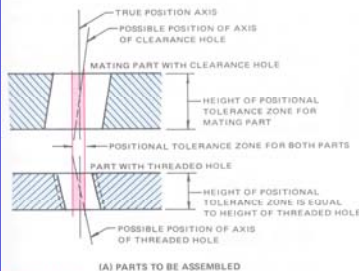


Fig. 16-10-1 Illustrating how a fastener can interfere with a mating part.

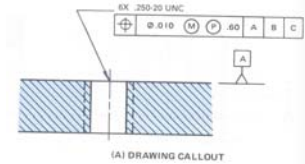
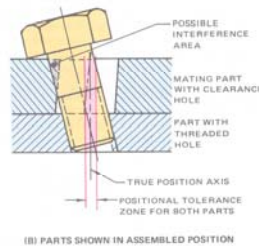


Fig. 16-10-4 Specifying a projected tolerance zone.

TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO

➤ Rectilismo

Zona de tolerância

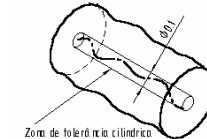
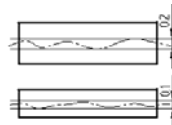
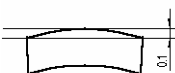
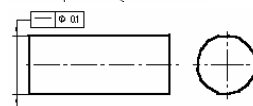
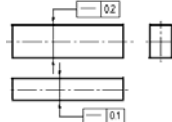
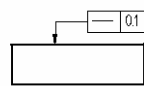
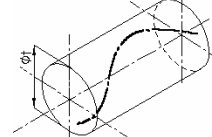
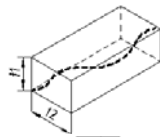
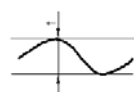
Plana

Paralelepipedica

Cilíndrica

Indicação nos desenhos

Interpretação



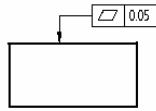
Zona de tolerância cilíndrica

TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO

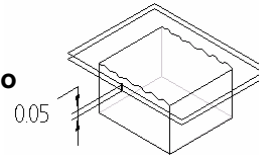
➤ Planeza

Planeza ▭

Indicação nos Desenhos



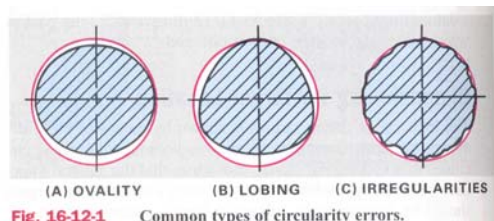
Interpretação



Zona de tolerância é limitada por dois planos paralelos

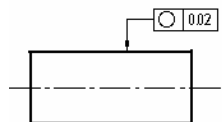
TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO

➤ Circularidade

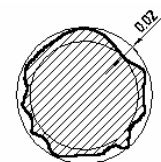


Circularidade ○

Indicação nos Desenhos



Interpretação

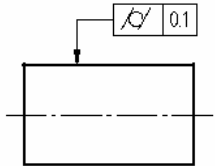


Zona de tolerância é limitada por dois círculos concêntricos, para qualquer plano perpendicular ao eixo

TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO

➤ Cilindricidade ⌀

Indicação nos Desenhos



Zona de tolerância é limitada por dois cilindros coaxiais

Interpretação

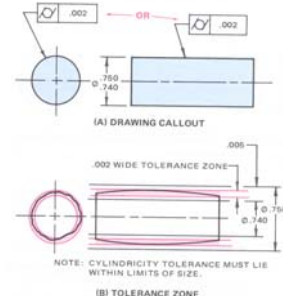
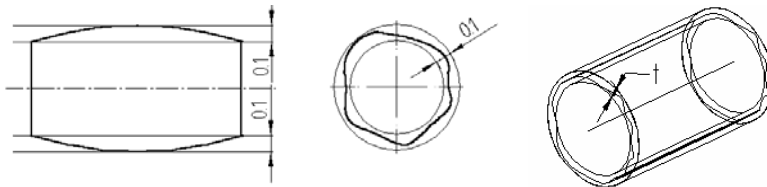


Fig. 16-12-7 Cylindricity tolerance may be directed to either view.

TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO

➤ Cilindricidade ⌀

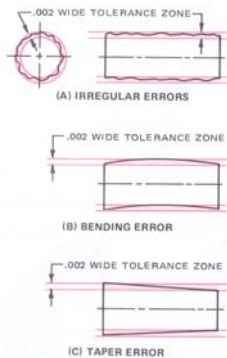


Fig. 16-12-8 Permissible form errors for part shown in Fig. 16-12-7.

Forma irregular

Curvatura

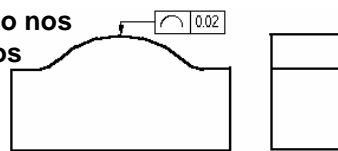
Conicidade

TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO

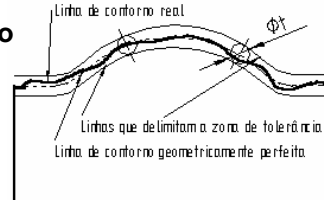
➤ Forma

Forma de um contorno

Indicação nos Desenhos

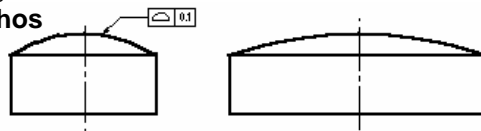


Interpretação

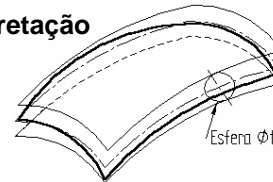


Forma de uma superfície

Indicação nos Desenhos



Interpretação



TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO

➤ Forma de um contorno / superfície

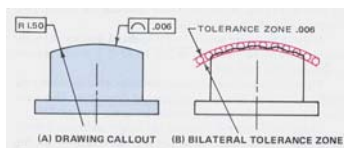


Fig. 16-13-2 Simple profile with a bilateral profile tolerance zone.

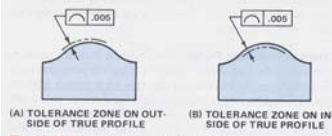


Fig. 16-13-3 Unilateral tolerance zones.

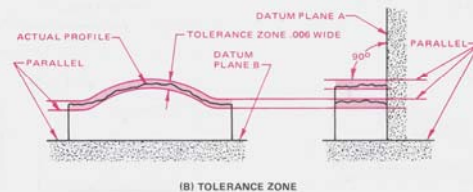
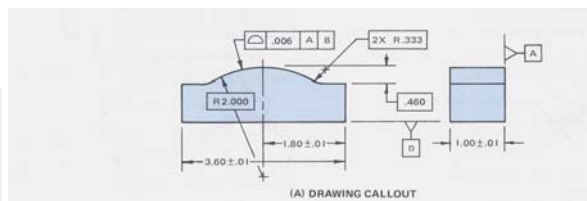
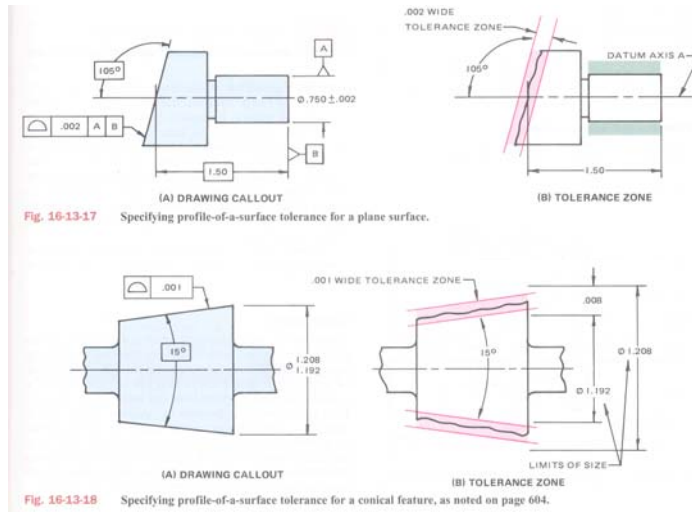


Fig. 16-13-14 Profile-of-a-surface tolerance referenced to two datums.

TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO

➤ Forma de uma superfície

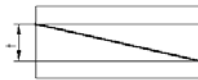


TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO

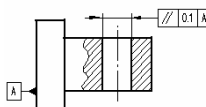
➤ Paralelismo //

Zona de tolerância

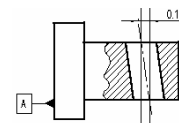
Plana



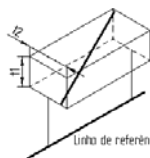
Indicação nos desenhos



Interpretação

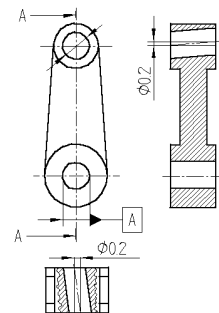
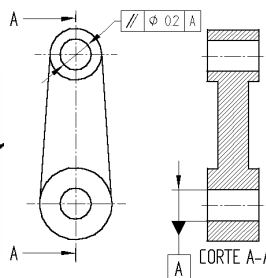
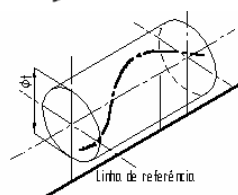


Paralelepípedica



Idêntico ao caso anterior, mas para duas direcções perpendiculares

Cilíndrica



TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO

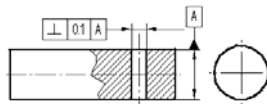
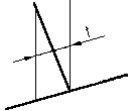
➤ Perpendicularidade \perp

Definição

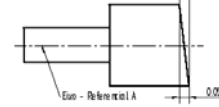
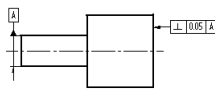
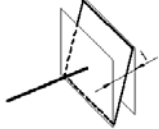
Indicação nos desenhos

Interpretação

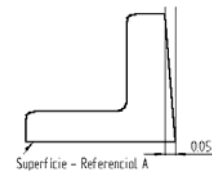
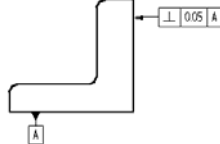
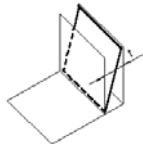
1) De uma linha relativamente a outra linha



2) De uma superfície relativamente a uma linha



3) De uma superfície relativamente a outra superfície



TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO

➤ Perpendicularidade \perp (Cont.)

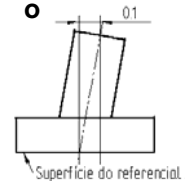
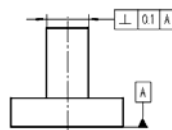
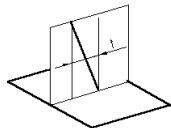
4) De uma linha relativamente a uma superfície

Zona de tolerância

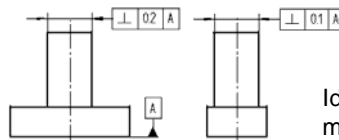
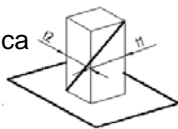
Indicação nos desenhos

Interpretação

Plana

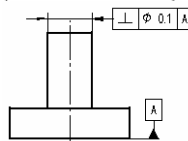
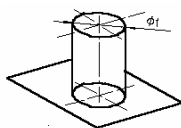


Paralelepédica



Idêntica ao caso anterior, mas em duas direcções

Cilíndrica



Eixo deve estar contido num cilindro de diâmetro 0.1 mm.

TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO

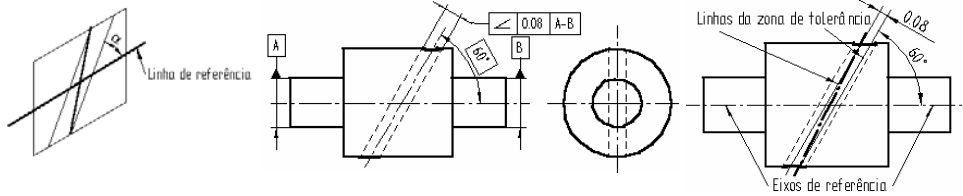
➤ Angularidade \angle

Definição

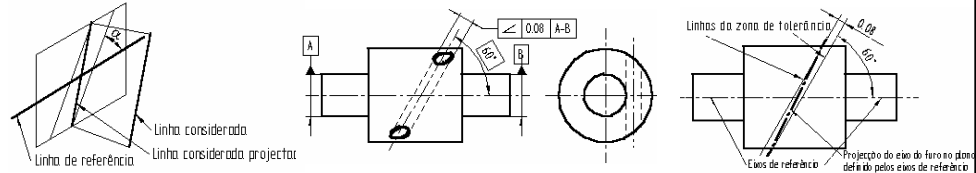
Indicação nos desenhos

Interpretação

1) De uma linha relativamente a outra linha, ambas no mesmo plano



2) De uma linha num plano relativamente a outra linha noutro plano



A linha toleranciada é projectada no plano definido pela linha de referência

TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO

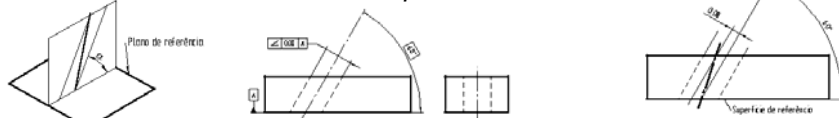
➤ Angularidade \angle (Cont.)

Definição

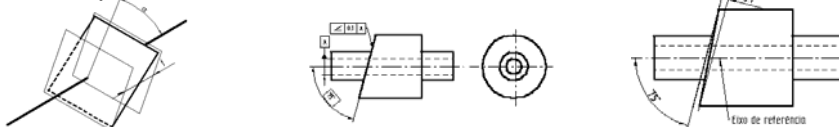
Indicação nos desenhos

Interpretação

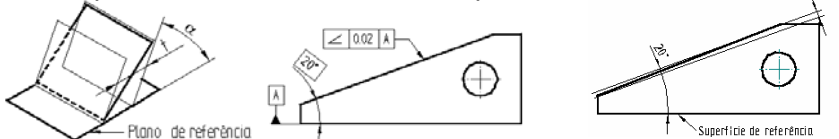
3) De uma linha relativamente a uma superfície



4) De uma superfície relativamente a uma linha



5) De uma superfície relativamente a outra superfície



TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO

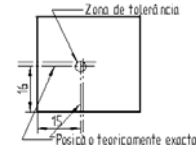
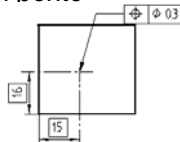
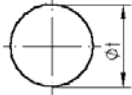
➤ Posição Φ

Definição

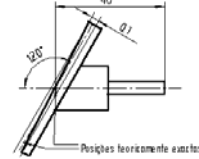
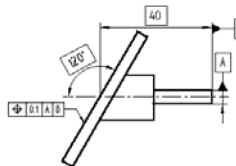
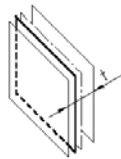
Indicação nos desenhos

Interpretação

1) Tolerância de posição de um ponto



2) Tolerância de posição de uma superfície ou plano médio



As zonas de tolerância, para a tolerância geométrica de posição são sempre definidas simetricamente em relação às posições de referência teoricamente exactas.

TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO

➤ Posição Φ (Cont.)

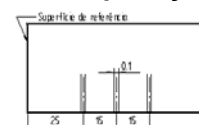
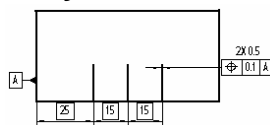
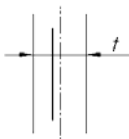
3) Tolerância de posição de uma linha

Zona de tolerância

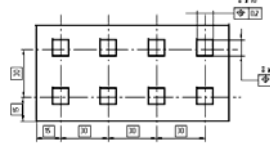
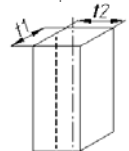
Indicação nos desenhos

Interpretação

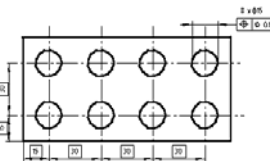
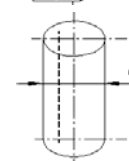
Plana



Paralelepípedica



Cilíndrica

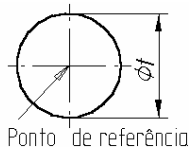


TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO

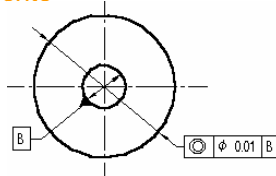
➤ Concentricidade ou coaxialidade \odot

Definição

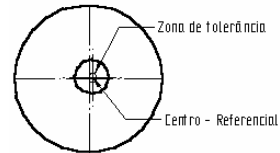
1) Concentricidade de um ponto



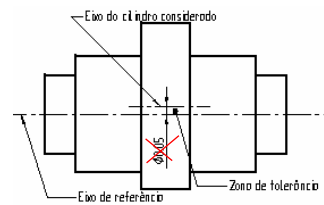
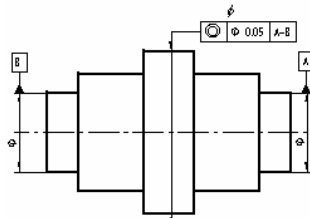
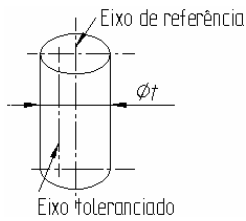
Indicação nos desenhos



Interpretação



2) Coaxialidade de um eixo

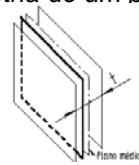


TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO

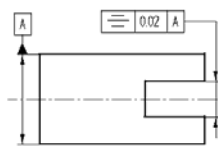
➤ Simetria \equiv

Definição

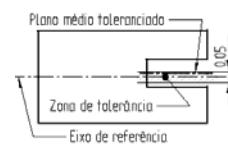
1) Simetria de um plano médio



Indicação nos desenhos

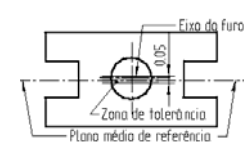
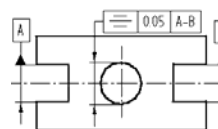


Interpretação

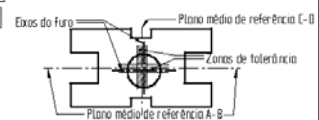
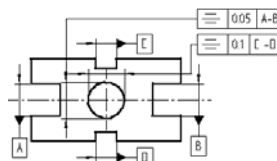
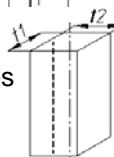


2) Simetria de uma linha ou eixo

Numa direcção



Em duas direcções

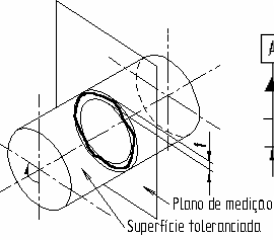
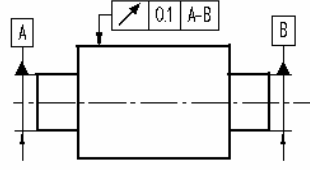
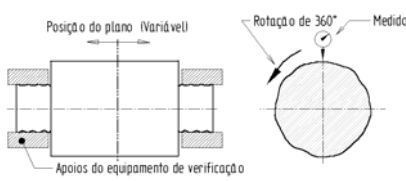


TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO

➤ **Batimento circular**

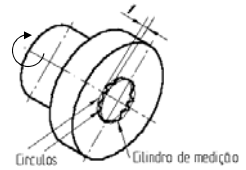
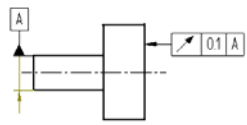
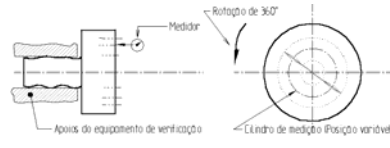
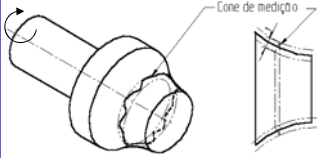
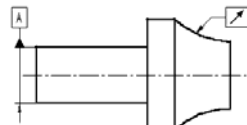
- Tolerâncias “dinâmicas”, que se aplicam a peças de revolução e implicam rotações completas em torno dos seus eixos.
- Tolerâncias geométricas compostas, que controlam simultaneamente a forma e a localização dos elementos em relação aos referenciais.

1) *Batimento circular- Radial*

Definição	Indicação nos desenhos	Interpretação
 <p style="font-size: small;">Plano de medição Superfície toleranciada</p>		 <p style="font-size: small;">Posição do plano (Variável) Rotação de 360° Medidor Apoios do equipamento de verificação</p> <p style="text-align: center;">Cada secção transversal é verificada autonomamente</p>

TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO

➤ **Batimento circular** (Cont.)

Definição	Indicação nos desenhos	Interpretação
<h4>2) <i>Batimento circular- Axial</i></h4>  <p style="font-size: small;">Circulos Cilindro de medição</p>		 <p style="font-size: small;">Rotação de 360° Medidor Apoios do equipamento de verificação Cilindro de medição (Posição variável)</p>
<h4>3) <i>Batimento circular em qualquer direcção</i></h4>  <p style="font-size: small;">Cone de medição</p>		<p>O batimento na direcção perpendicular à tangente da superfície considerada, não pode exceder 0.1 mm, durante uma rotação completa da peça, e qualquer um dos cones de medição considerados.</p>

TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO

➤ Batimento total

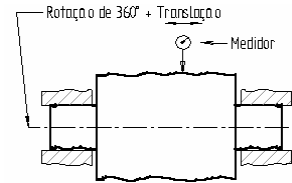
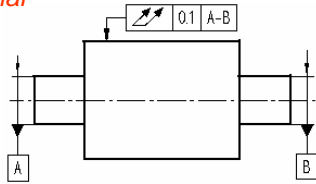
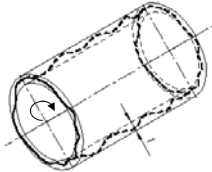
O batimento total é verificado simultaneamente para todas as secções transversais da peça.

Definição

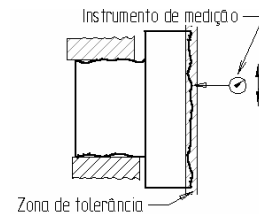
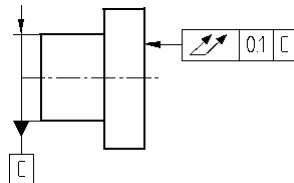
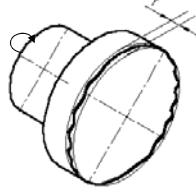
Indicação nos desenhos

Interpretação

1) Batimento Total – Radial



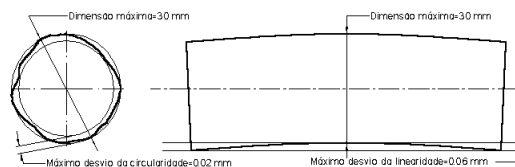
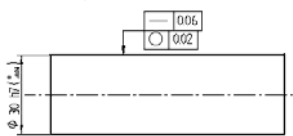
2) Batimento Total – Axial



• Princípio da Independência - ISO 8015

- Quando tolerâncias dimensionais e geométricas são especificadas simultaneamente num desenho, estas devem ser **verificados independentemente**, **excepto** se alguma indicação em contrário for inscrita no desenho, tais como os modificadores (M) ou (E).

Indicação nos desenhos



Interpretação

Independentemente do valor das cotas locais dos elementos, as variações geométricas admissíveis são constantes.

