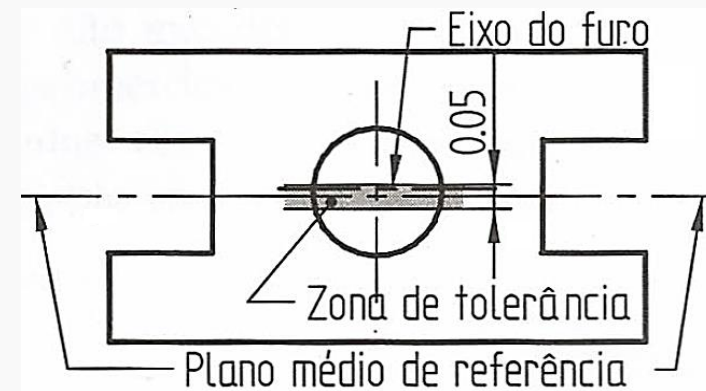
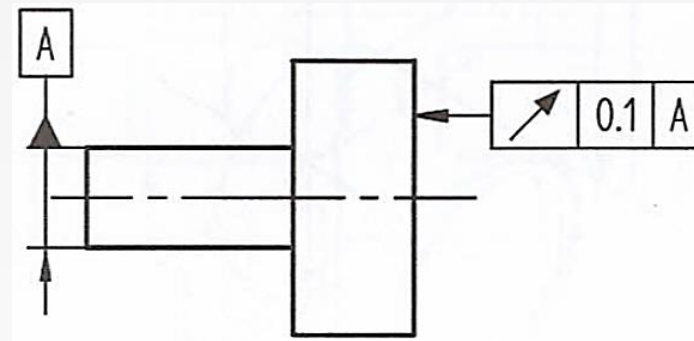
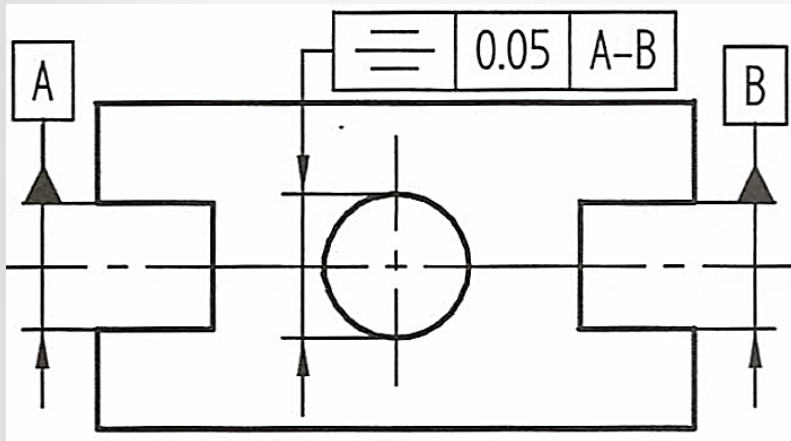


## - Símbolos Geométricos



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



- Tolerâncias de forma;
- Referências especificadas
- Tolerâncias de orientação;
- Tolerâncias de posição;
- Tolerâncias de concentricidade e de coaxialidade;
- Tolerância de simetria;
- Tolerâncias de batimento;



- 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.



# Símbolos geométricos

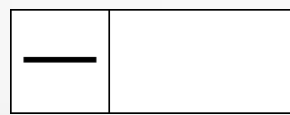
	Classe	Símbolo	Característica Toleranciada	Indicação do Referencial
Elementos Isolados	FORMA		Retilismo	NUNCA
			Planeza	
			Circularidade	
			Cilindricidade	
			Forma de um contorno	PODEM USAR
			Forma de uma superfície	
Elementos Relacionados	ORIENTAÇÃO		Paralelismo	SEMPRE
			Perpendicularidade	
			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”

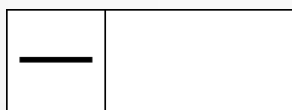
“Forma de uma superfície” =  
“Perfil de uma superfície qualquer”



- A retitude é, por definição, uma propriedade de uma linha reta. Caracteriza uma linha (aresta, linha mediana ou linha de uma superfície), mas não é suficiente para caracterizar uma superfície no seu conjunto.
- A tolerância de retitude é, basicamente, utilizada para o controlo da forma de superfícies cilíndricas e cónicas.
- O valor especificado para a tolerância de retitude não deve ser maior do que os valores de outras tolerâncias de forma, de orientação ou de posição especificadas em conjunto.



# Rectilismo ou Rectitude



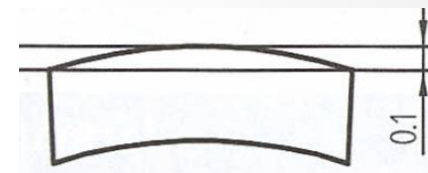
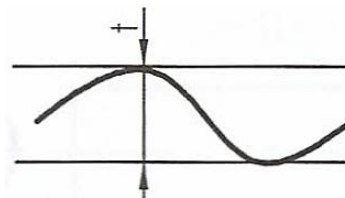
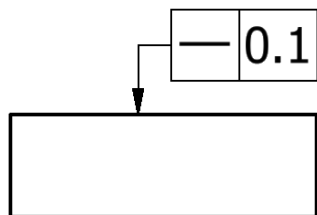
## Indicação nos desenhos

## Zona de tolerância

## Interpretação

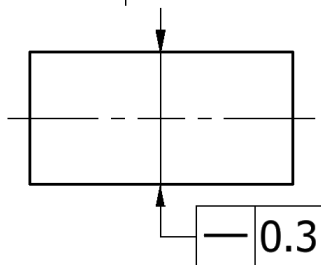
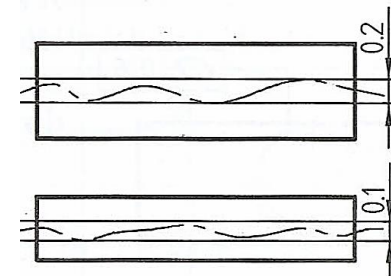
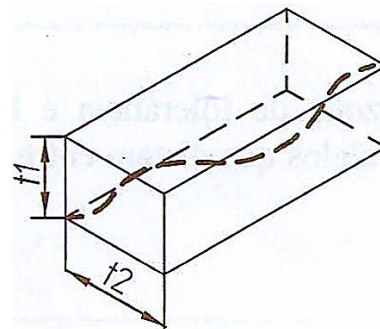
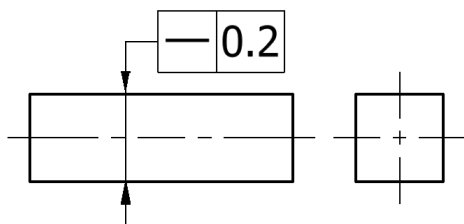
### Caso A

*Zona de tolerância plana*



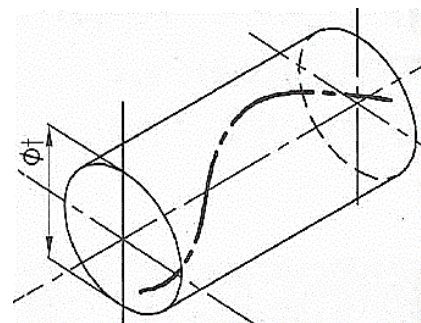
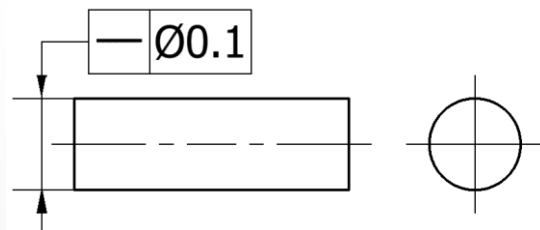
### Caso B

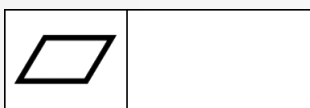
*Zona de tolerância paralelepipedica*



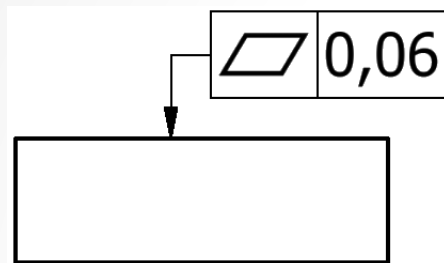
### Caso C

*Zona de tolerância cilíndrica*

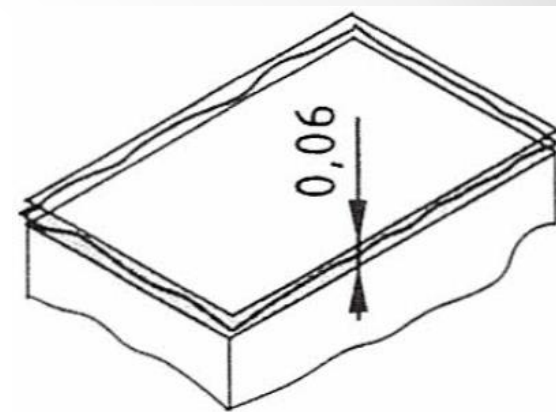




## Indicação nos desenhos



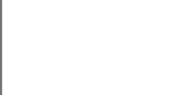
Zona de  
tolerância  
e  
Interpretação



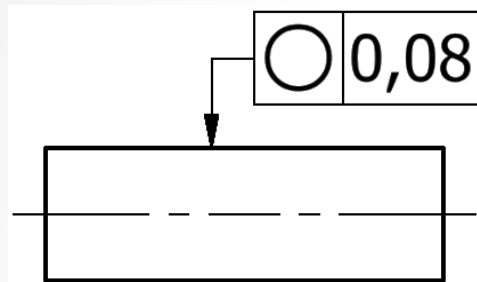
**Zona de tolerância é limitada por dois planos paralelos.**

- Esta tolerância é utilizada para controlar superfícies planas e, frequentemente, para qualificar uma superfície como uma referência primária.
- Quando a superfície considerada está associada com uma cota de tamanho, a tolerância de planeza deve ser menor do que a tolerância dimensional.

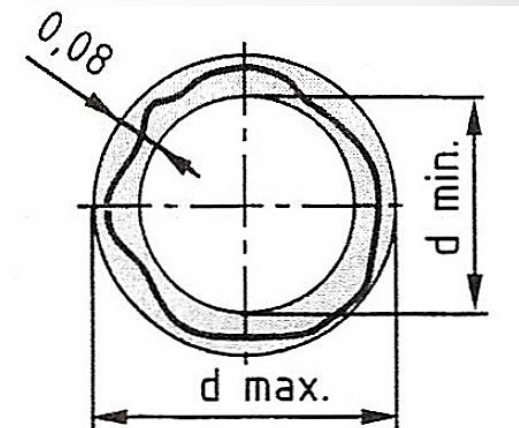




## Indicação nos desenhos



## Zona de tolerância e Interpretação

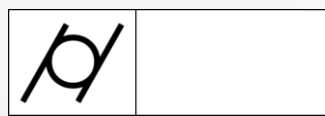


**Zona de tolerância é limitada por dois círculos concêntricos, para qualquer plano perpendicular ao eixo.**

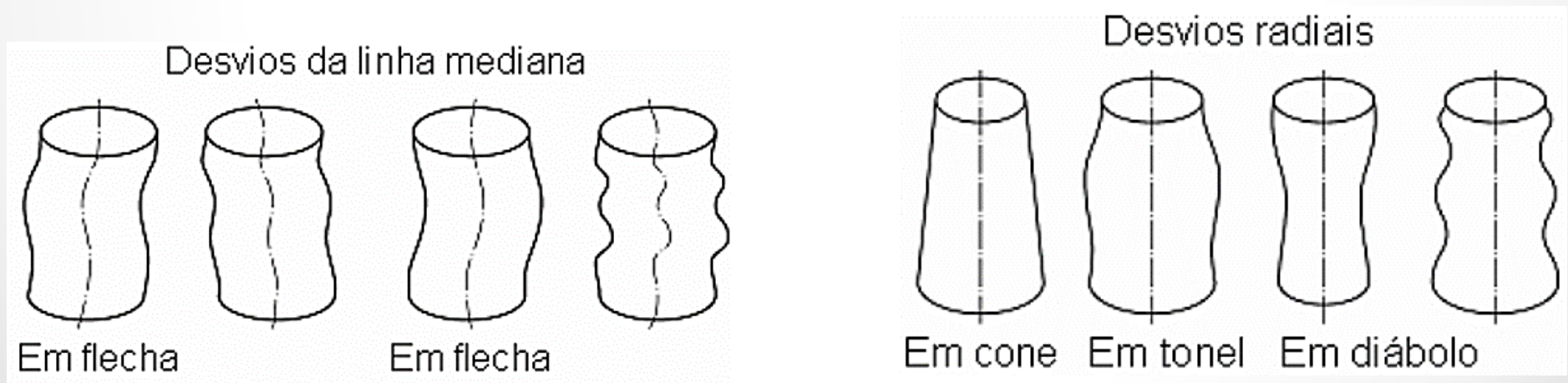
– A circularidade é, por definição, uma propriedade de um círculo. Caracteriza uma linha circular, mas não é suficiente para definir, no seu conjunto, uma superfície de revolução.

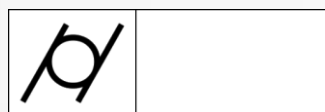
– A tolerância de circularidade deve ser inferior a tolerância dimensional.



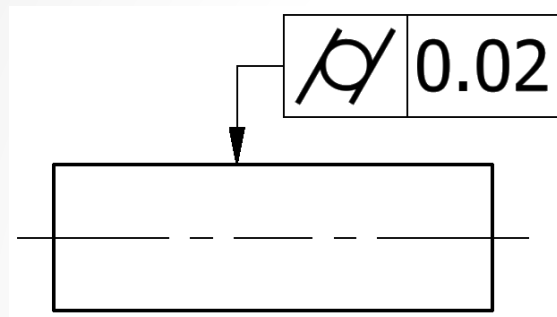


- A cilindridade é, por definição, uma propriedade de um cilindro. Caracteriza uma superfície cilíndrica no seu conjunto.
- Os desvios de cilindridade podem ser considerados como uma combinação de elementos simples, cada um dos quais tendo um significado que pode ser correlacionado com defeitos ou erros do processo de maquinar.

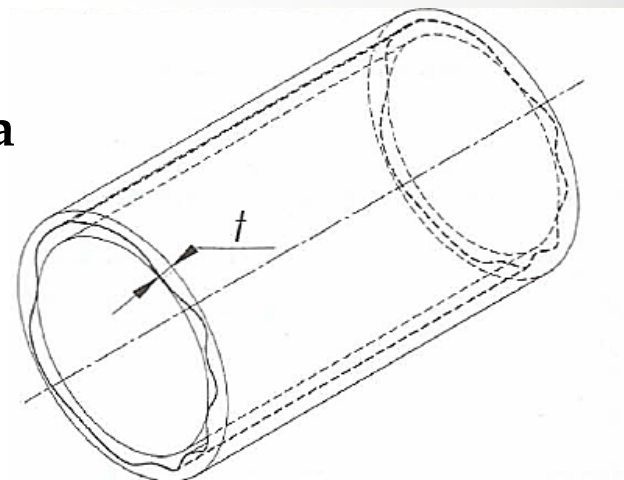




## Indicação nos desenhos

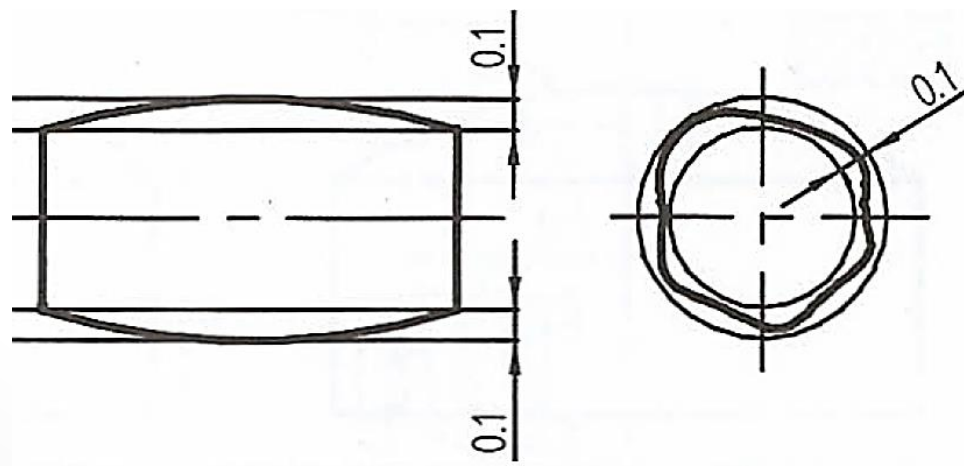


## Zona de tolerância



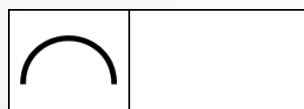
**Zona de tolerância é limitada por dois cilindros coaxiais com uma diferença radial igual a tolerância.**

## Interpretação





# Perfil de uma linha qualquer



ou

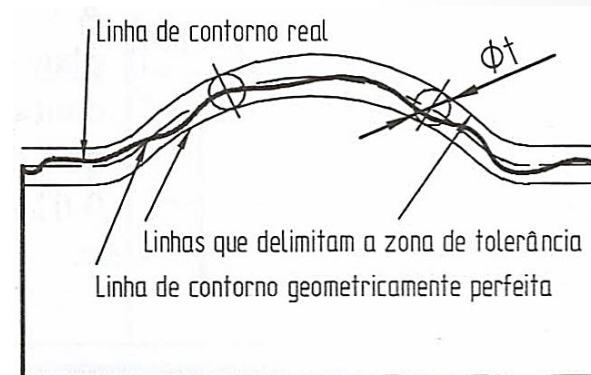
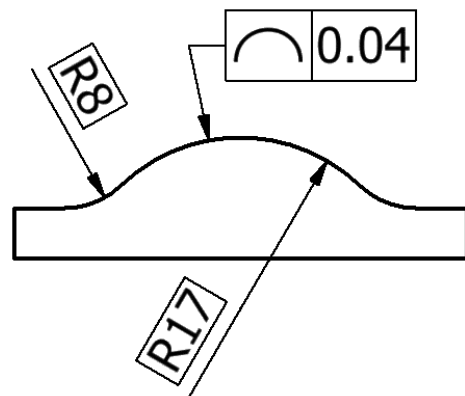


A zona de tolerância está limitada por duas linhas envolventes dos círculos de diâmetro igual a tolerância, cujos centros estão situados sobre uma linha com a forma geométrica teoricamente exata.

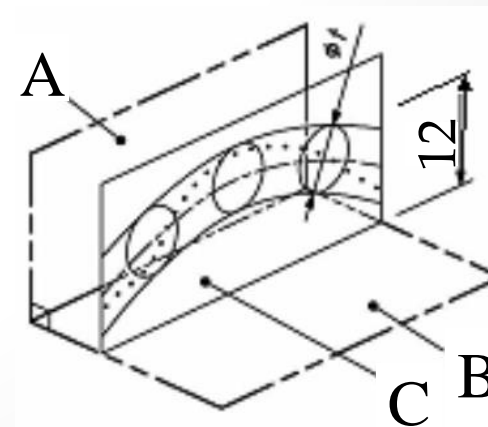
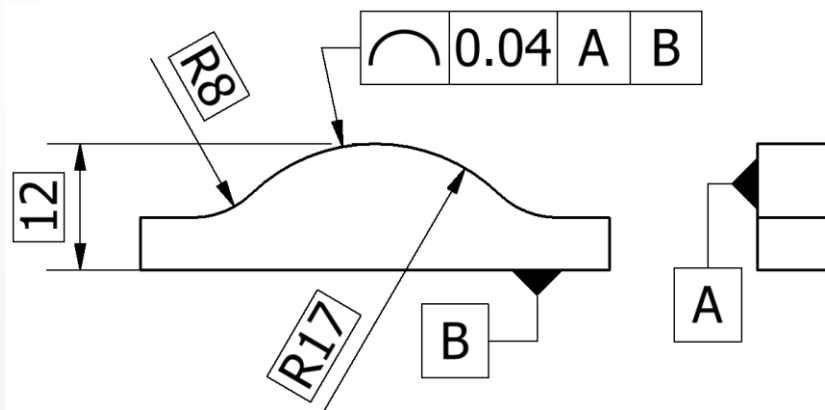
## Indicação nos desenhos

## Zona de tolerância e Interpretação

Caso A



Caso B  
Com  
referência





# Perfil de uma superfície qualquer



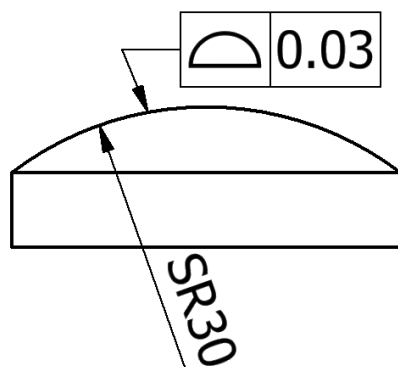
ou



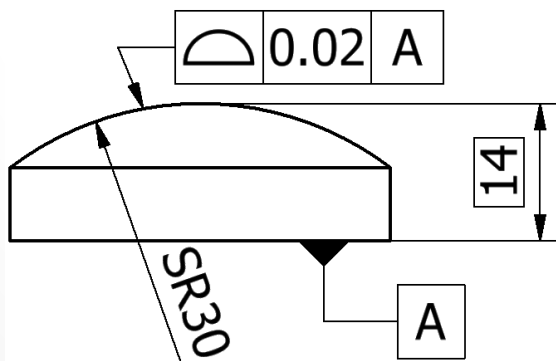
A zona de tolerância está limitada por duas superfícies envolventes das esferas de diâmetro igual a tolerância, cujos centros estão situados sobre uma superfície com a forma geométrica teoricamente exata.

## Indicação nos desenhos

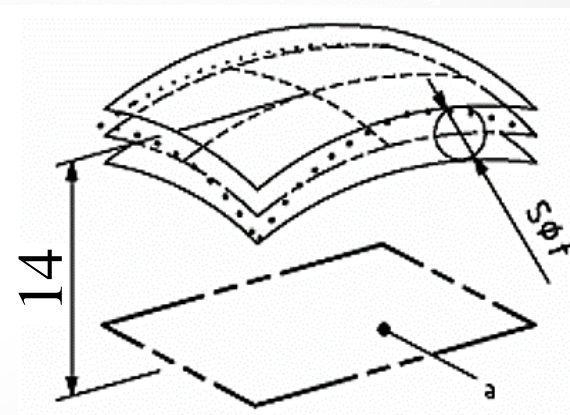
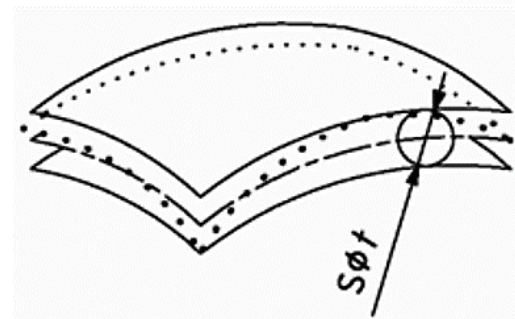
Caso A

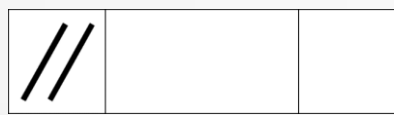


Caso B  
Com  
referência



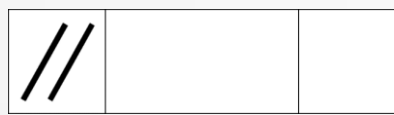
## Zona de tolerância e Interpretação





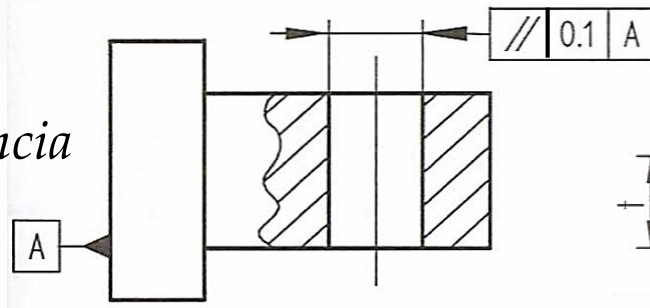
- O paralelismo é qualidade de uma linha ou superfície, em que todos os seus pontos estão a igual distância de uma outra linha ou superfície.
- A tolerância de paralelismo só se aplica a elementos considerados retilíneos ou planos (linhas ou superfícies).
- Limita igualmente os defeitos de forma (retitude ou planeza) do elemento tolerenciado.



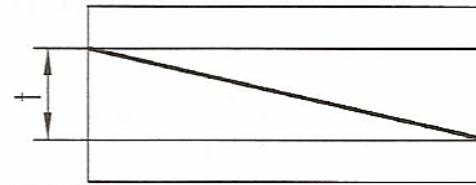


## Indicação nos desenhos

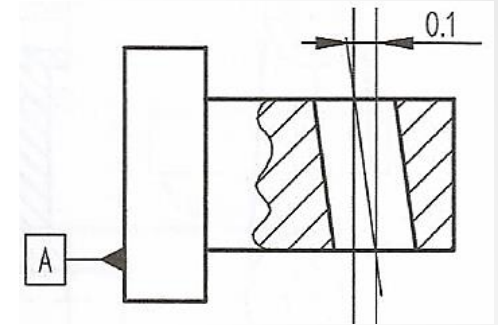
*Caso A*  
*Zona de tolerância plana*



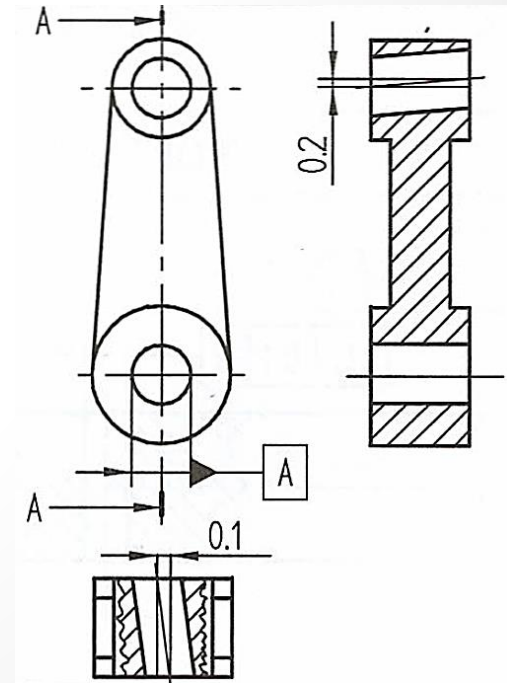
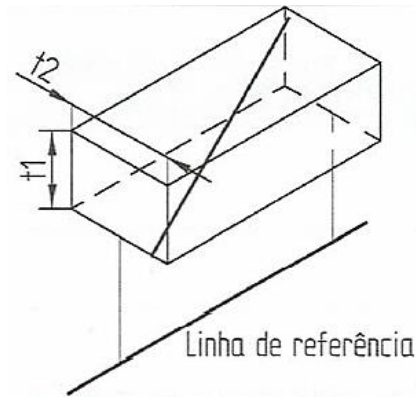
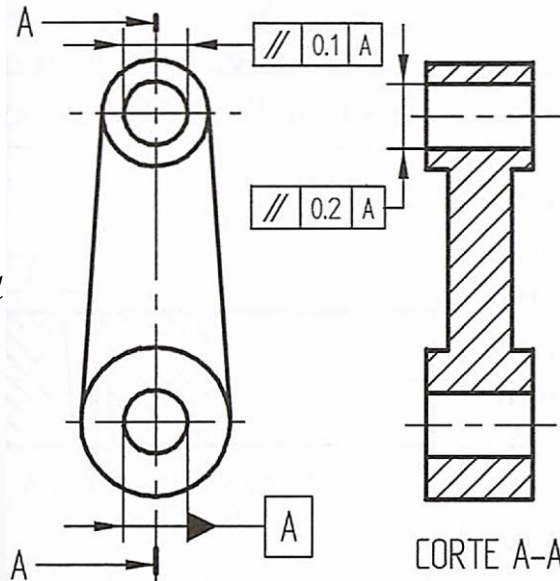
## Zona de tolerância

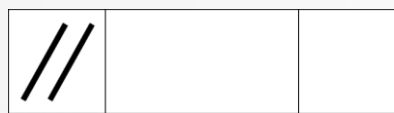


## Interpretação



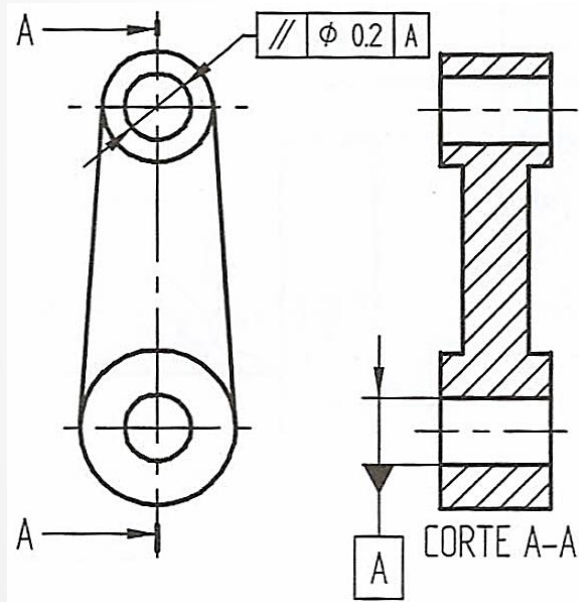
*Caso B*  
*Zona de tolerância paralelepipedica*



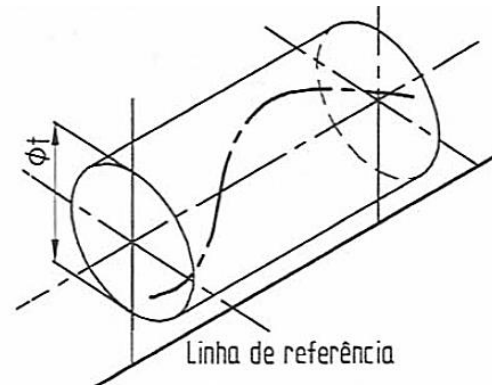


## Caso C - Zona de tolerância cilíndrica

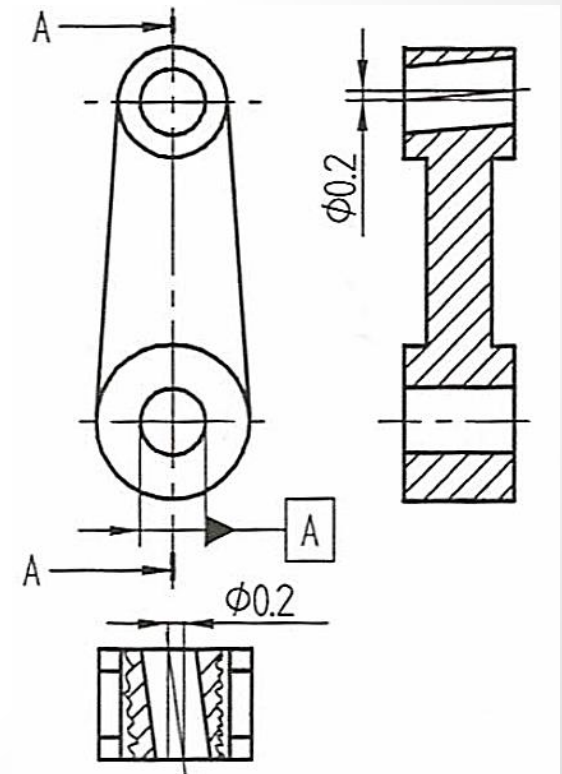
### Indicação nos desenhos



### Zona de tolerância



### Interpretação







- A perpendicularidade é **qualidade de duas retas, de dois planos ou de uma reta e de um plano** que se encontram segundo um ângulo reto.
- Tolerância de perpendicularidade: dimensão(ões) máxima(s) admissível(is) da zona de tolerância, perpendicular ao elemento de referência, na qual deve estar compreendida a linha ou a superfície considerada.
- A tolerância de perpendicularidade só pode ser aplicada a elementos considerados retilíneos ou planos, designados por linhas ou superfícies.
- A tolerância de perpendicularidade limita igualmente os defeitos de forma (retitude ou planeza) do elemento tolerenciado.



# Perpendicularidade

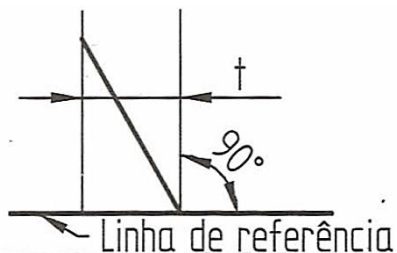
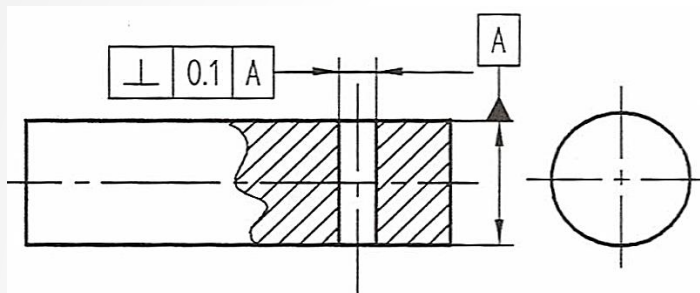


## Indicação nos desenhos

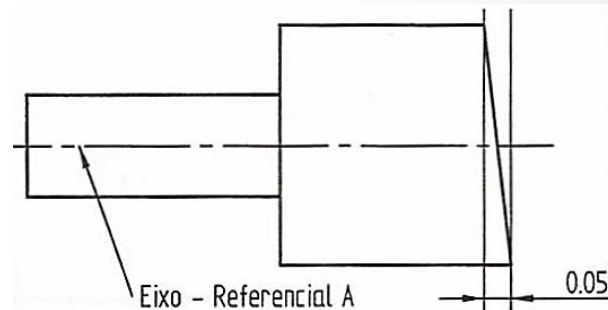
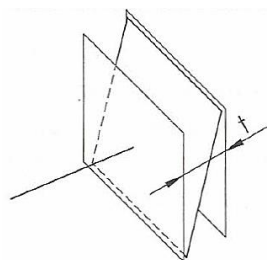
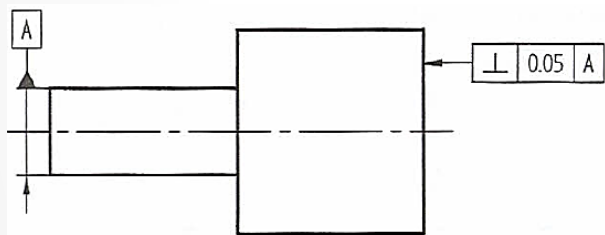
## Zona de tolerância

## Interpretação

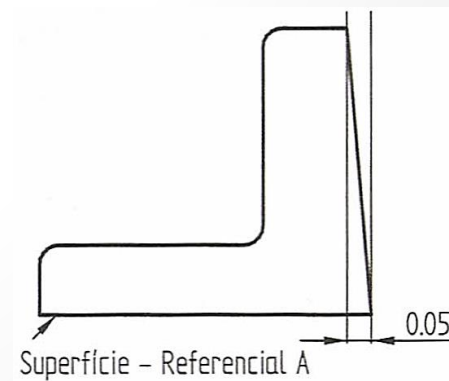
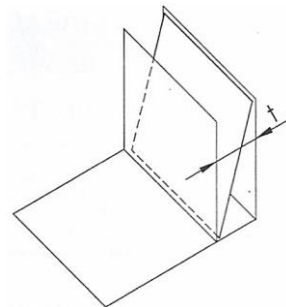
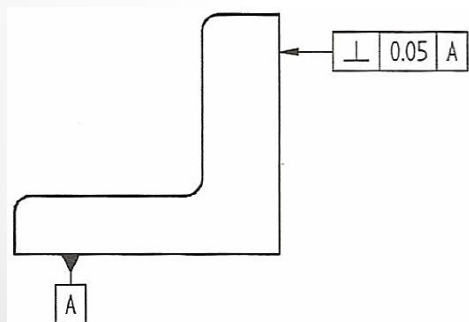
1) De uma *linha* relativamente a outra *linha*



2) De uma *superfície* relativamente a uma *linha*



3) De uma *superfície* relativamente a outra *superfície*





# Perpendicularidade



## Indicação nos desenhos

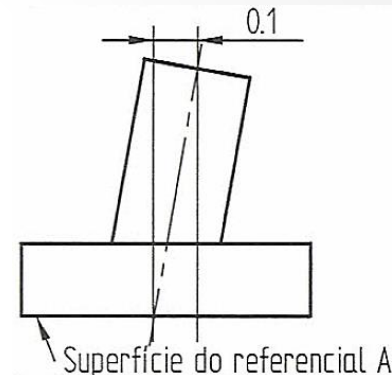
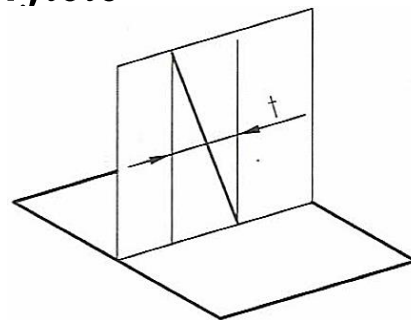
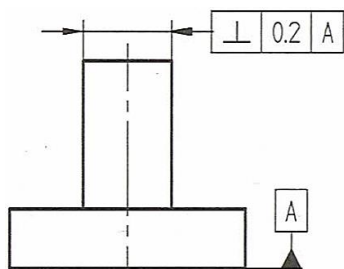
## Zona de tolerância

## Interpretação

4) De uma **linha** relativamente a uma **superfície**

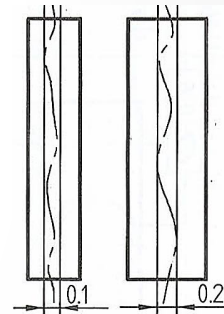
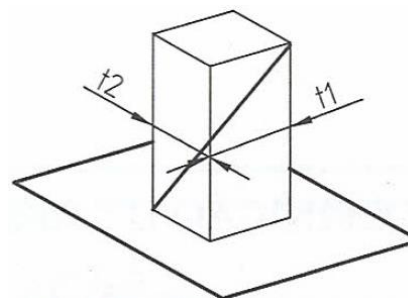
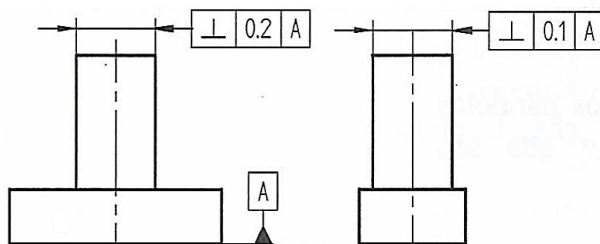
### Caso A

Zona de tolerância plana



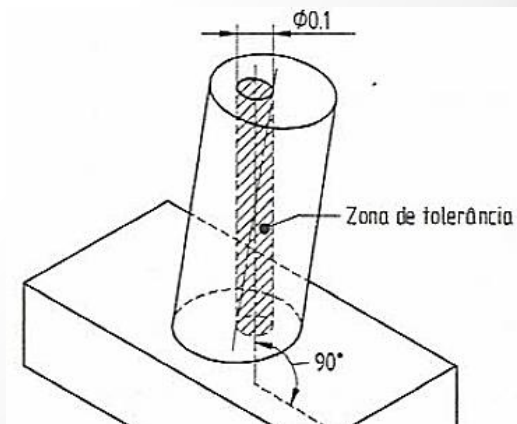
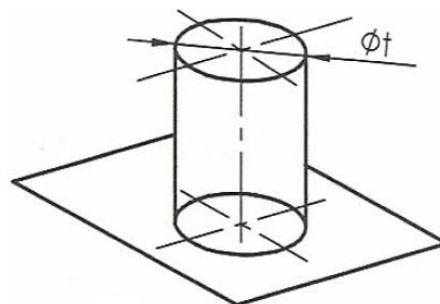
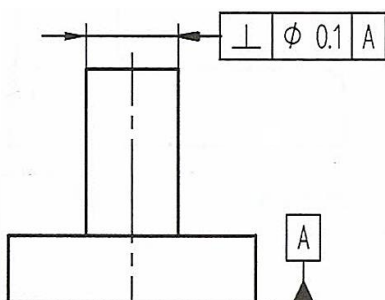
### Caso B

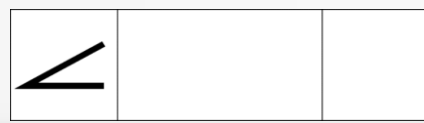
Zona de tolerância paralelepipedica



### Caso C

Zona de tolerância cilíndrica





- A inclinação é qualidade de **duas retas, de dois planos ou de uma reta e de um plano** que se encontram segundo **um ângulo especificado**.
- A tolerância de inclinação só se aplica a elementos considerados retilíneos ou planos (linhas ou superfícies).
- Limita igualmente os defeitos de forma (retitude ou planeza) do elemento tolerenciado.
- Para um toleranciamento de inclinação, é necessário definir a orientação teórica do elemento especificado, através de um ângulo de referência (teoricamente exato).
- A inclinação particular de  $0^\circ$  é um paralelismo e a inclinação particular de  $90^\circ$  é uma perpendicularidade.

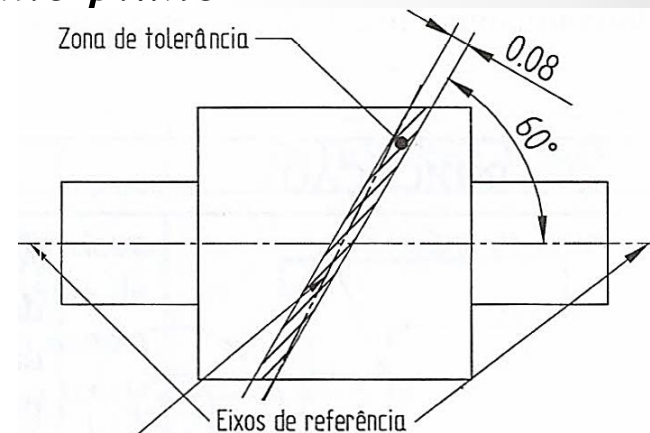
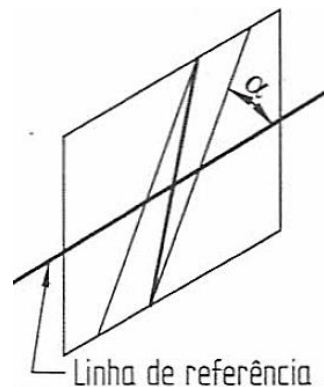
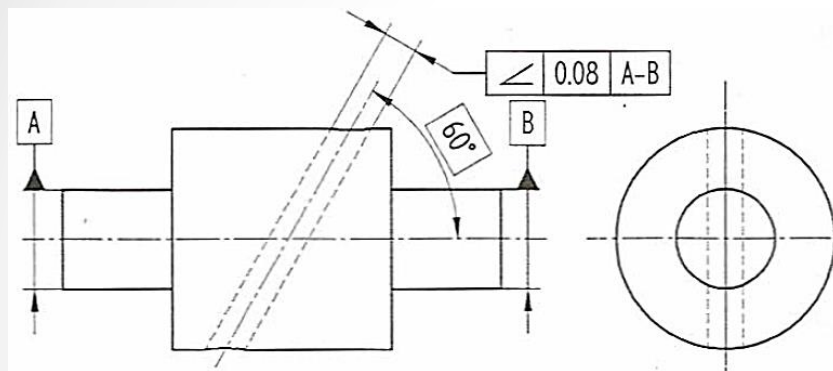


## Indicação nos desenhos

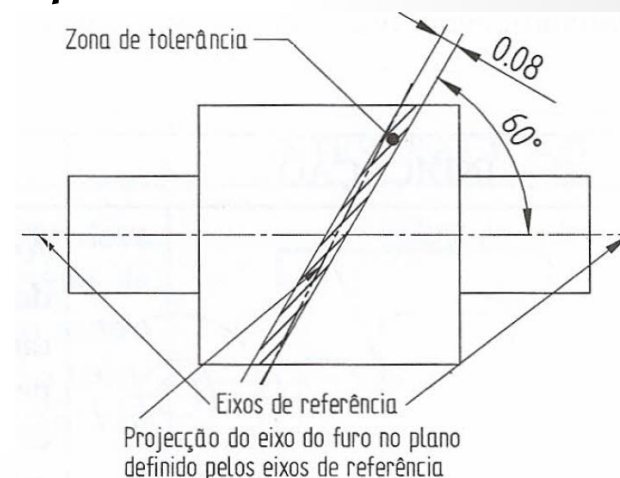
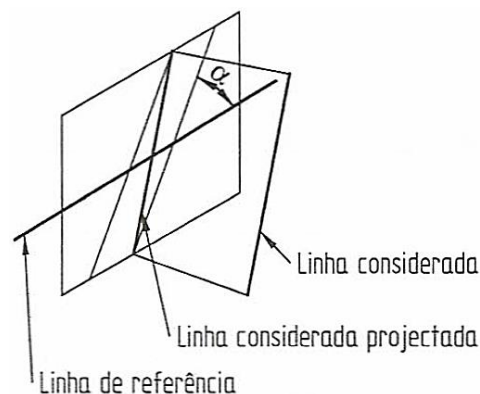
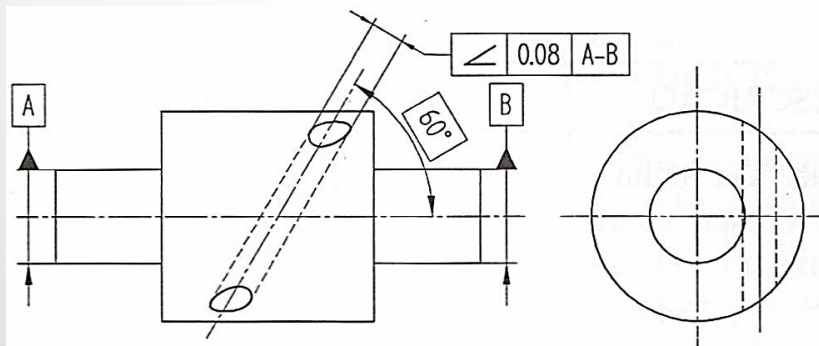
## Zona de tolerância

## 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 projetada no plano definido pela linha de referência



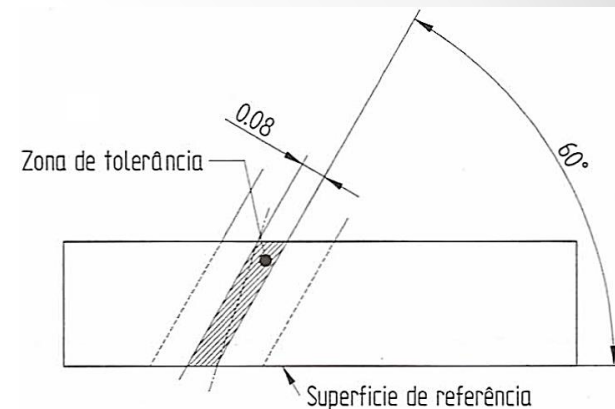
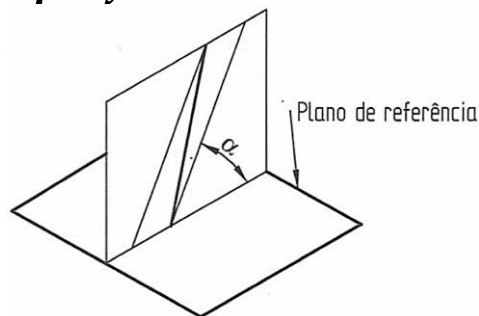
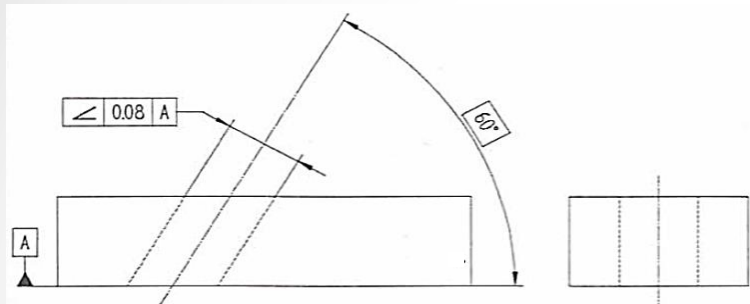


## Indicação nos desenhos

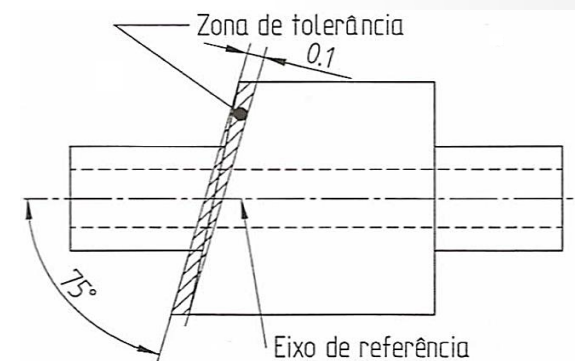
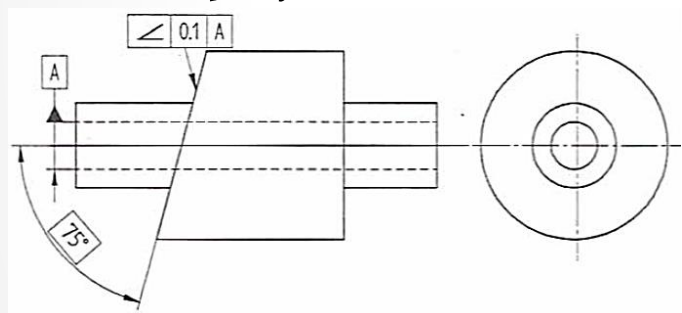
## Zona de tolerância

## Interpretação

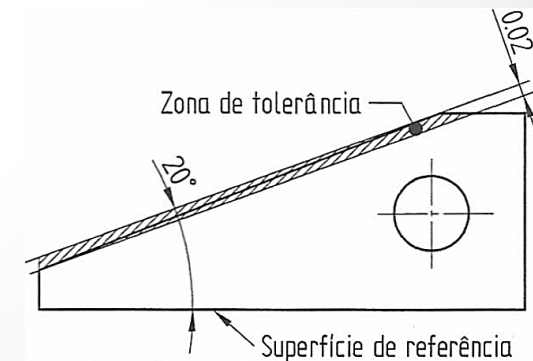
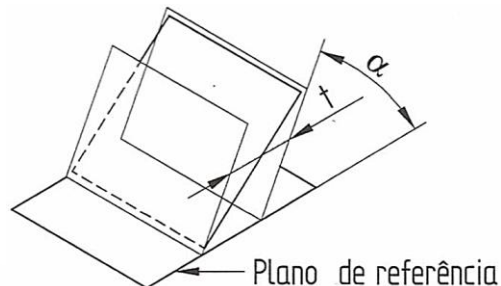
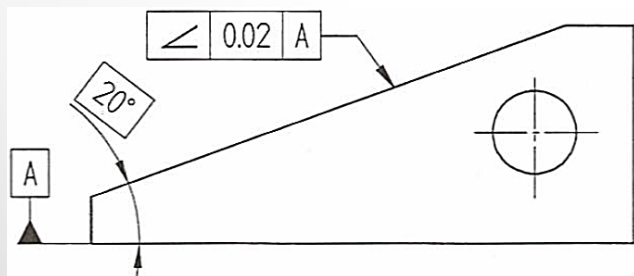
3) De uma **linha** relativamente a uma **superfície**

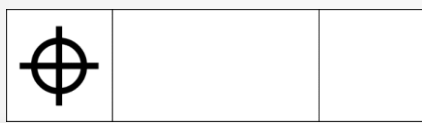


4) De uma **superfície** relativamente a uma **linha**



5) De uma **superfície** relativamente a outra **superfície**





- A localização é a qualidade de **posicionamento de um ponto, de uma linha ou de uma superfície, em relação à cotagem especificada.**
- Aplica-se a pontos, linhas retas e superfícies planas. Não se aplica a furos, mas apenas à sua linha mediana, nem a ranhuras, mas apenas à sua superfície mediana ou a uma das faces laterais.
- Define os limites possíveis da posição: quer do elemento tolerenciado em relação a referências exteriores, quer dos elementos entre si. A **posição teórica exata** é sempre definida por **cotas teoricamente exatas enquadradas.**



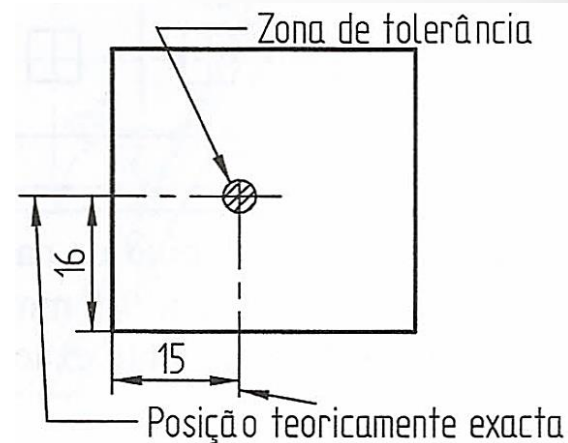
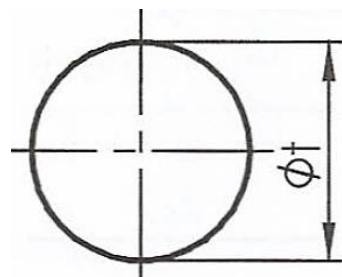
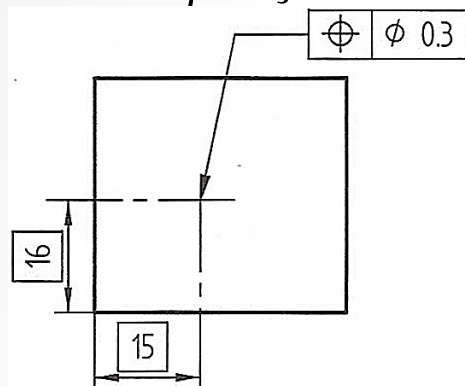


## Indicação nos desenhos

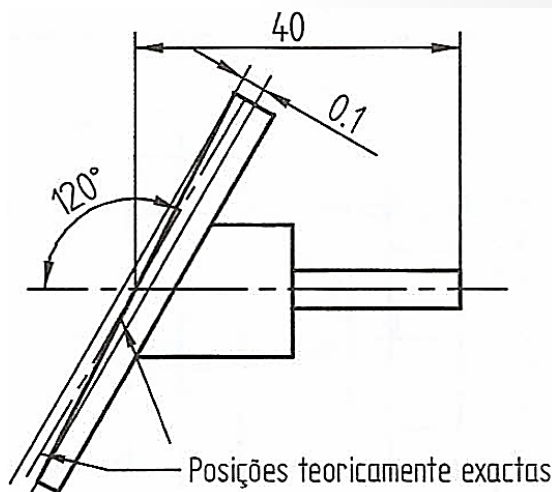
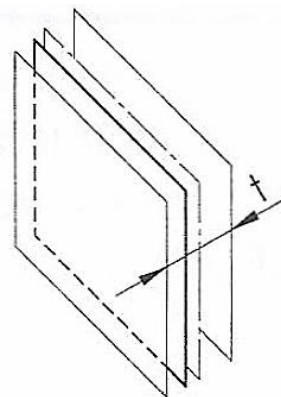
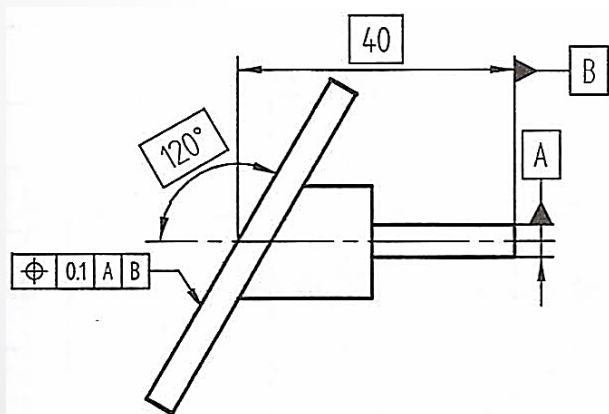
## Zona de tolerância

## 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 exatas.



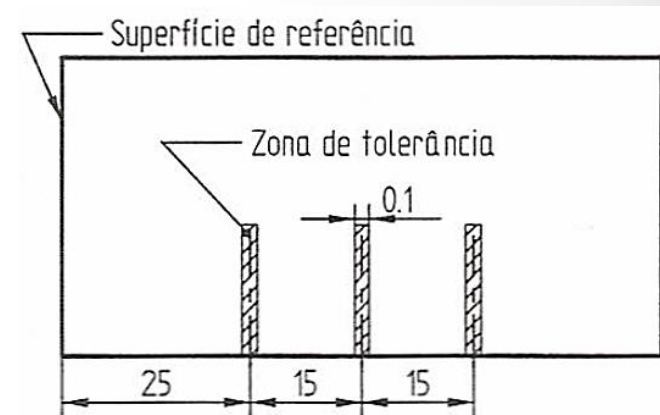
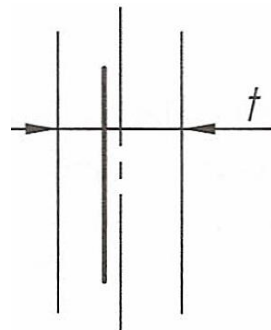
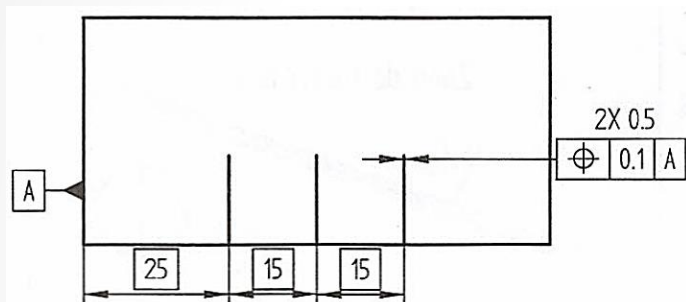
## Indicação nos desenhos

## Zona de tolerância

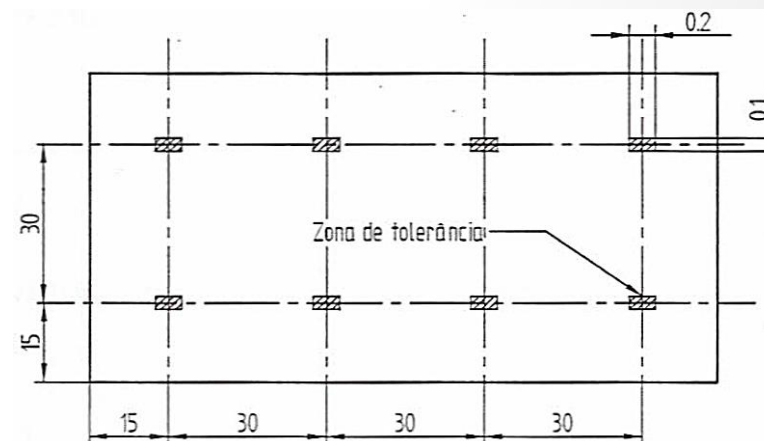
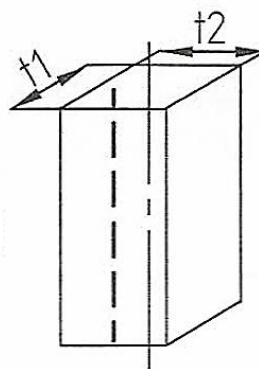
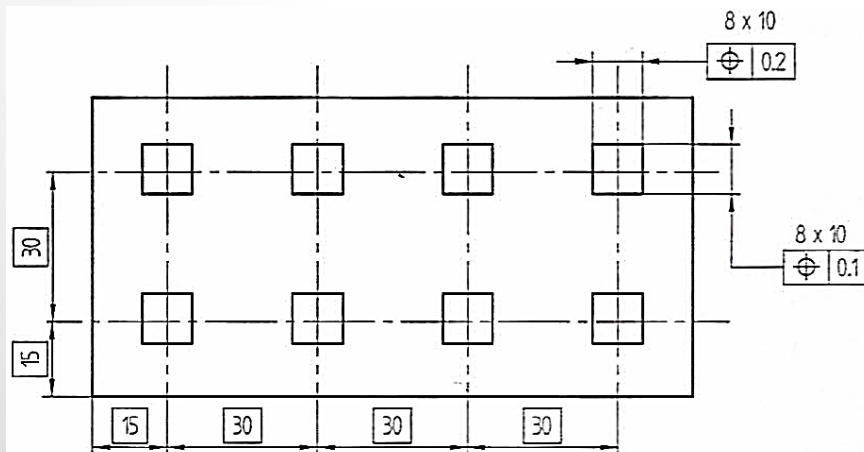
## Interpretação

### 3) Tolerância de posição de uma linha

#### Caso A - Zona de tolerância plana



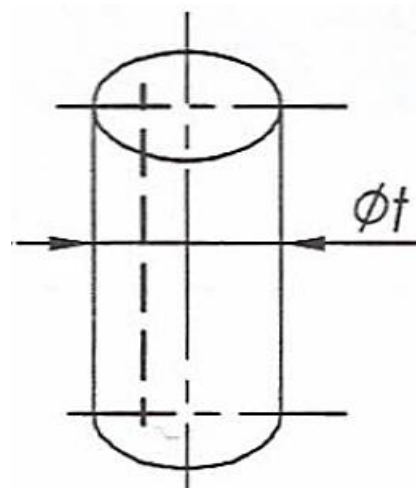
#### Caso B - Zona de tolerância paralelepípedica



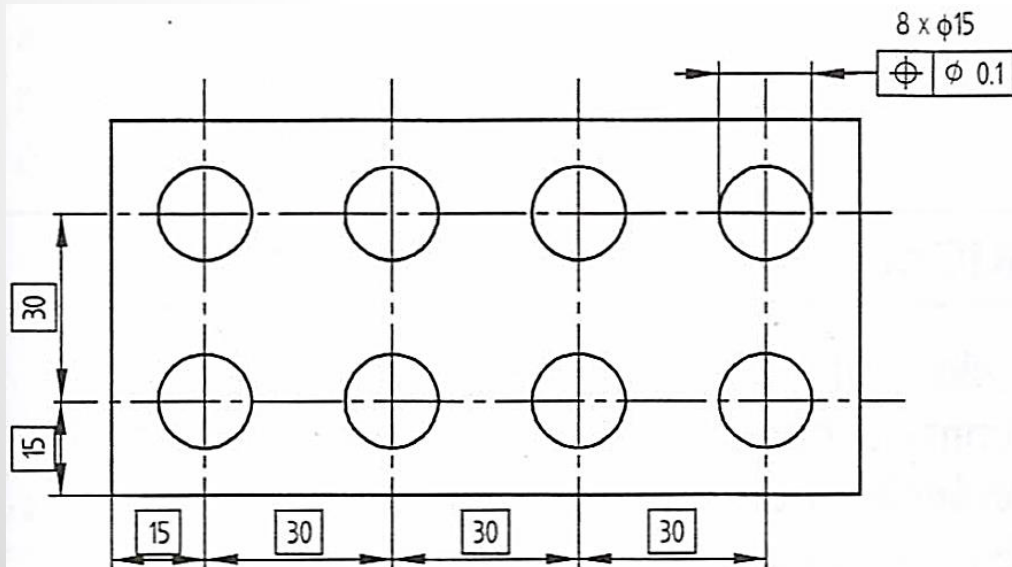


## 3) Tolerância de posição de uma linha Caso C - Zona de tolerância cilíndrica

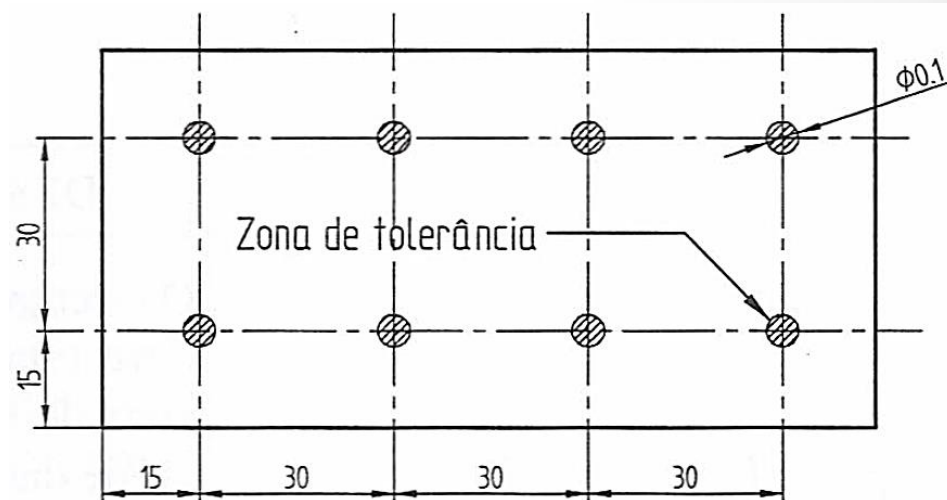
Zona de tolerância

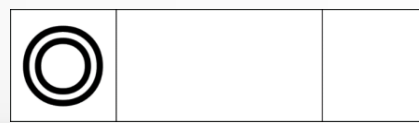


Indicação nos desenhos



Interpretação





- A **concentricidade** é a qualidade de dois ou mais elementos circulares ou esféricos cujos **centros** são confundidos.
- A **coaxialidade** é a qualidade de dois ou mais elementos cujos **eixos** de revolução são confundidos.
- A concentricidade aplica-se a elementos que têm um ponto de centro, enquanto a coaxialidade se aplica a elementos com um eixo.
- A concentricidade e a coaxialidade são características de posição particular cujo valor nominal é a “cota teoricamente exata implícita”.
- O elemento a tomar como referência deve ser escolhido em função dos requisitos funcionais.

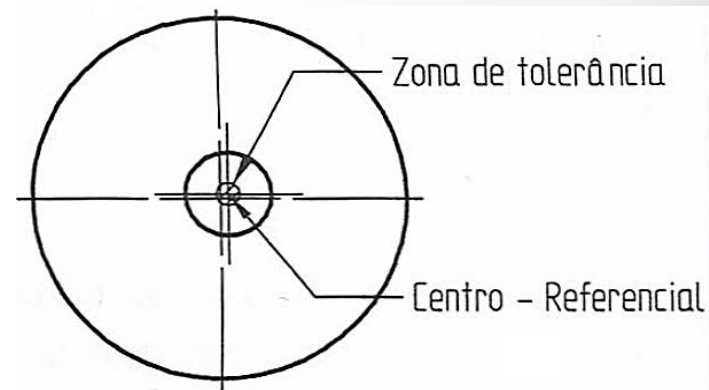
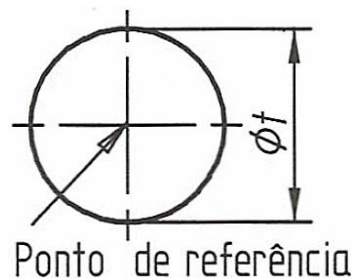
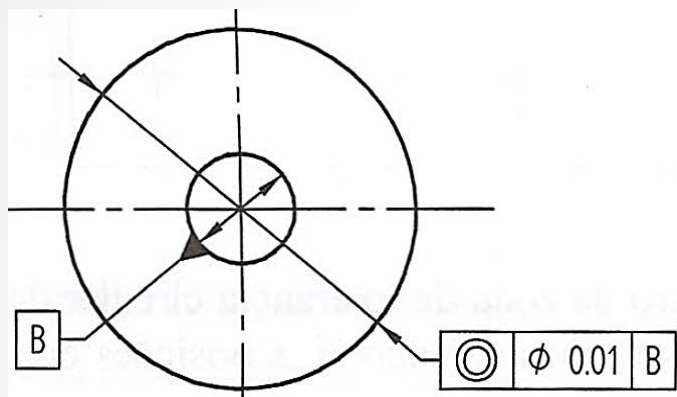


## Indicação nos desenhos

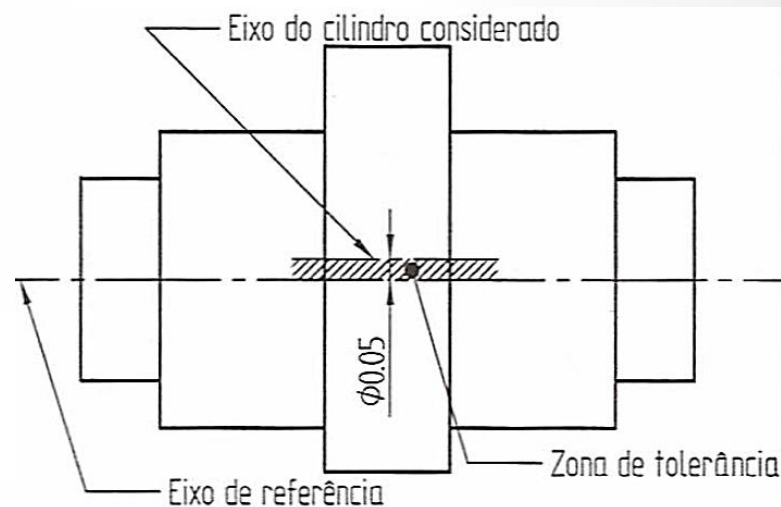
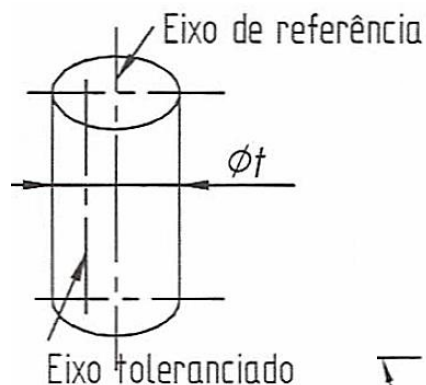
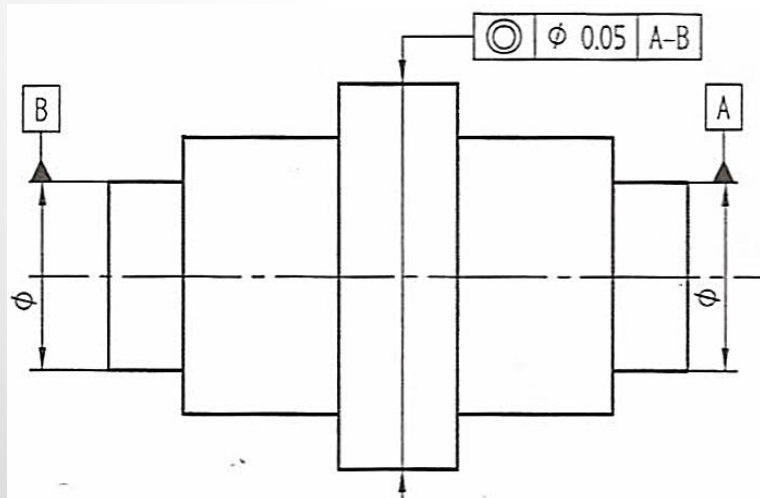
## Zona de tolerância

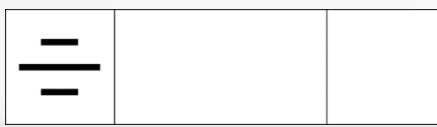
## Interpretação

### 1) Concentricidade de um ponto



### 2) Coaxialidade de um eixo



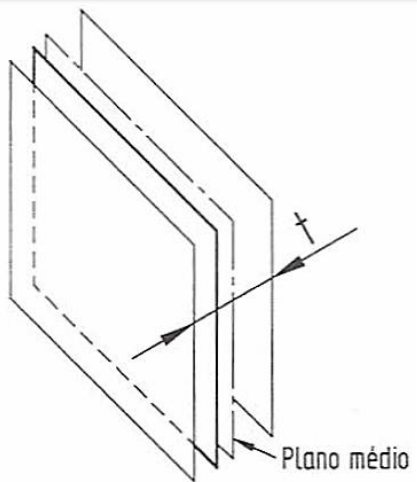


- A simetria é a qualidade de um elemento (ponto, linha ou superfície) cuja posição é confundida com o plano definido pela(s) referência(s).
- A **tolerância de simetria** é a **distância máxima entre duas retas (ou dois planos) paralelos**, entre os quais deve estar compreendido o elemento (ponto, linha ou superfície) considerado.
- O desvio de simetria é igual a duas vezes o desvio máximo em relação ao elemento de referência.
- A simetria é uma característica de posição particular, cujo valor nominal é a “cota teoricamente exata implícita 0 (zero) mm”.



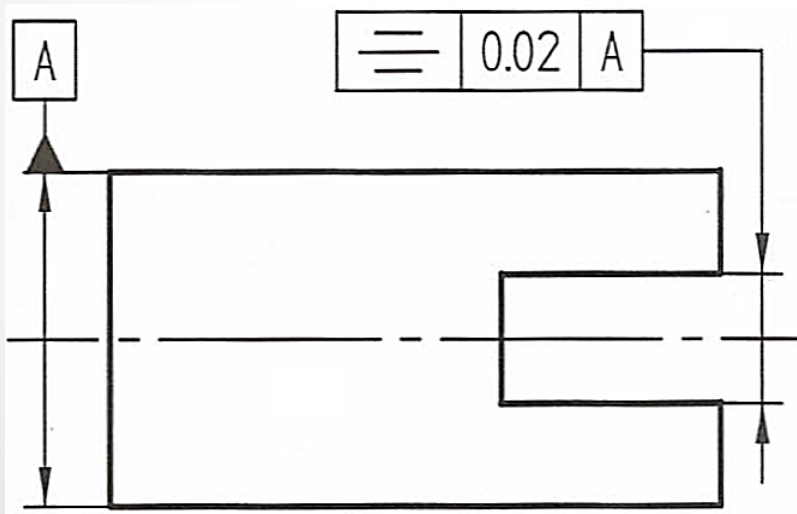


## 1) Simetria de um plano médio

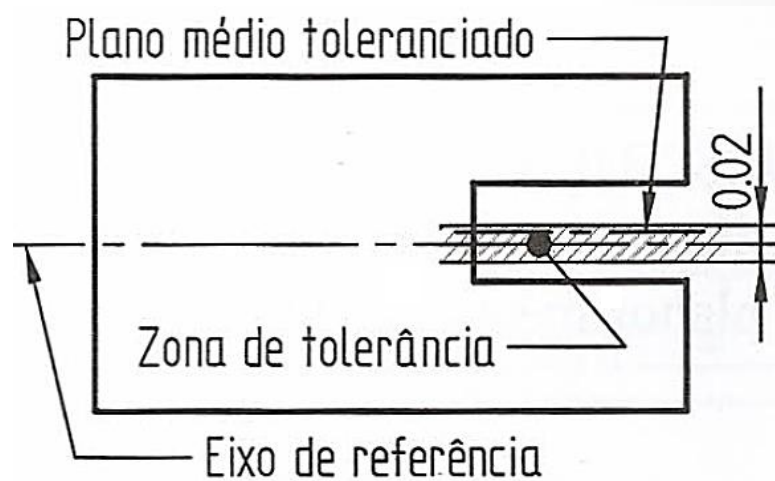


Zona de tolerância

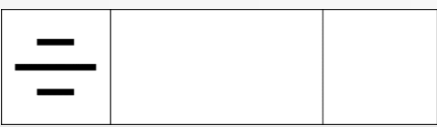
## Indicação nos desenhos



## Interpretação







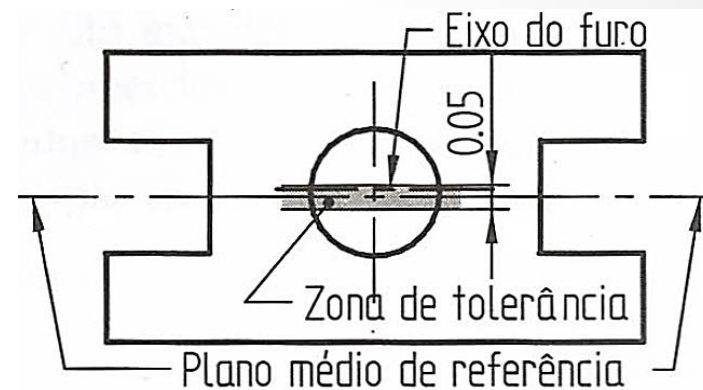
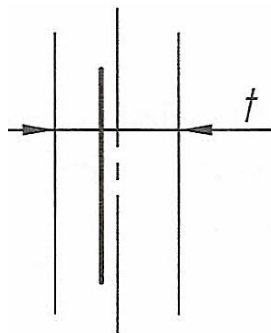
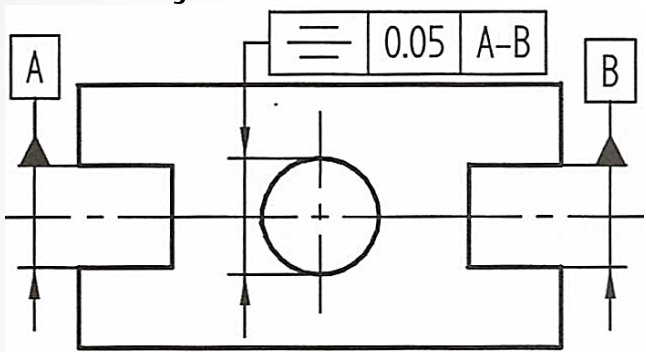
2) *Simetria de uma linha ou eixo*

**Indicação nos desenhos**

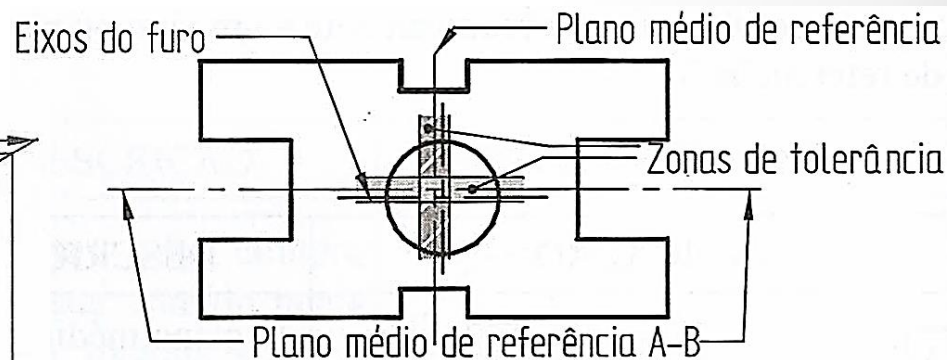
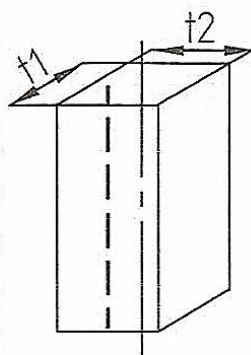
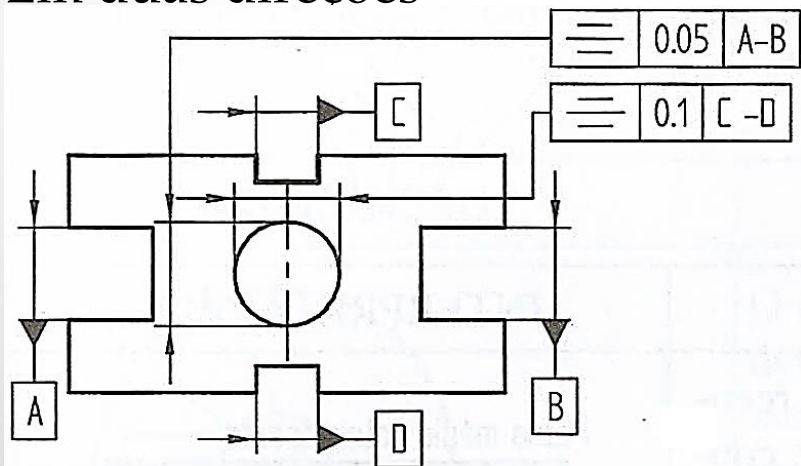
**Zona de tolerância**

**Interpretação**

- Numa direção

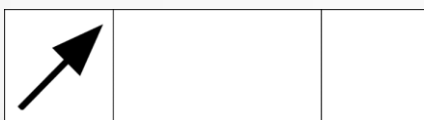


- Em duas direções





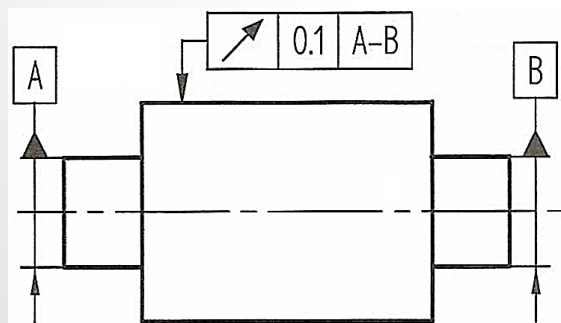
- O batimento circular é um desvio global, que conjuga desvios de forma, de orientação e de posição, verificado durante a rotação de um elemento em torno de um eixo de referência.
- O batimento circular pode ser radial, axial, em qualquer direção ou numa direção especificada e diz respeito a linhas circulares.
- Aplicam-se a superfícies de revolução. Permitem exprimir, diretamente, as exigências funcionais de superfícies de peças (ex.: discos de embraiagem, rodas de atrito, roletes, jantes de rodas, etc.).



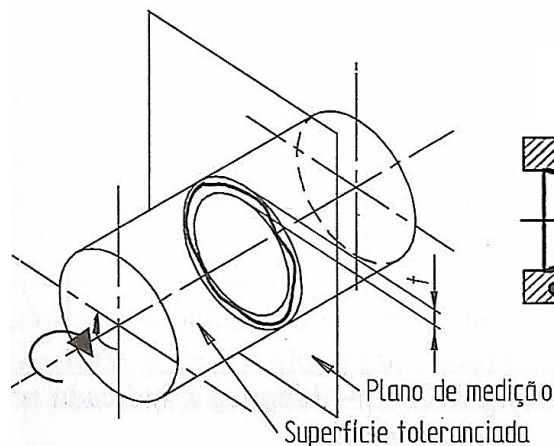
- A tolerância de batimento circular representa a variação máxima admissível  $t$  do elemento considerado, em relação a um ponto fixo, durante uma rotação completa em torno do eixo de referência (sem deslocamento axial relativo entre a peça e o instrumento de medição). A tolerância de batimento circular aplica-se, separadamente, a cada posição de medição.

## 1) Batimento circular- radial

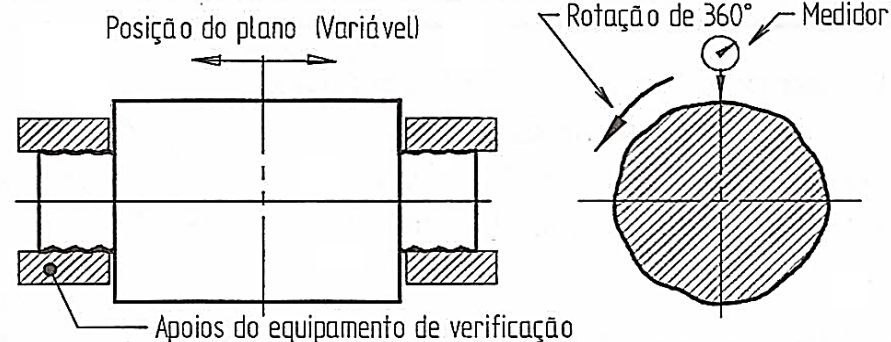
### Indicação nos desenhos



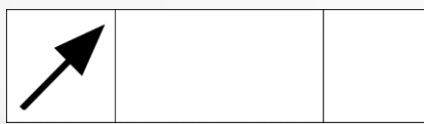
### Zona de tolerância



### Interpretação

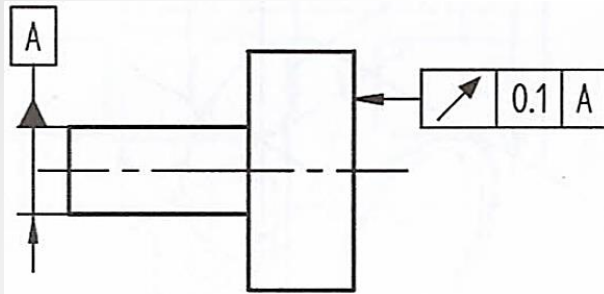


Cada secção transversal é verificada autonomamente

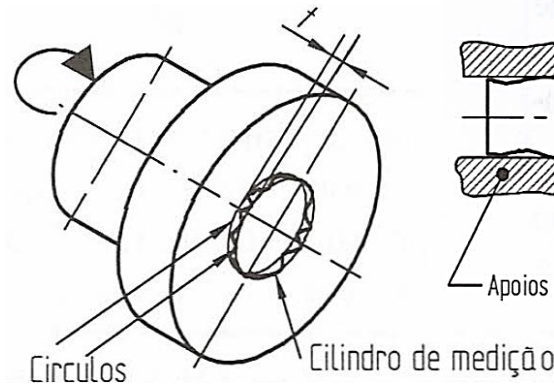


## Indicação nos desenhos

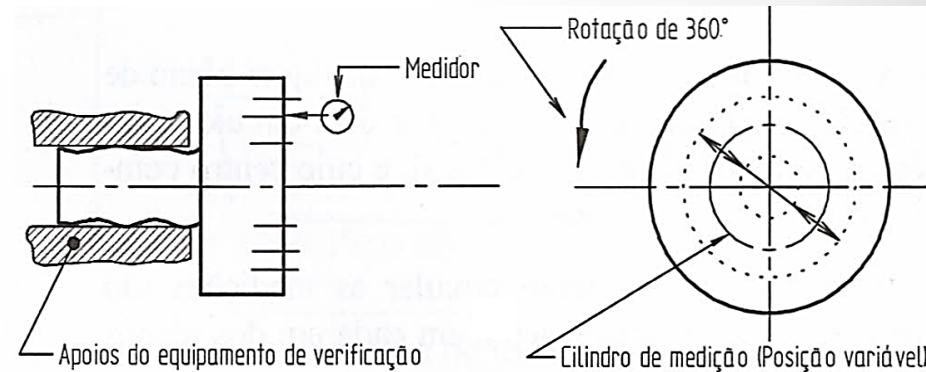
### 2) Batimento circular-axial



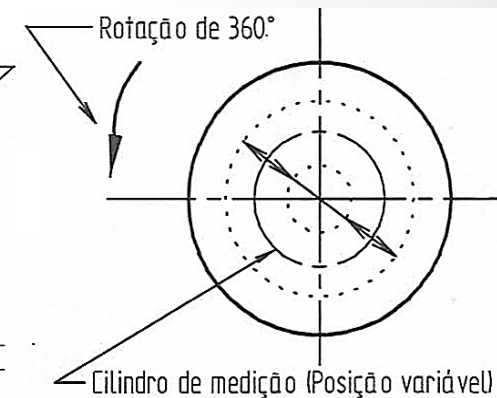
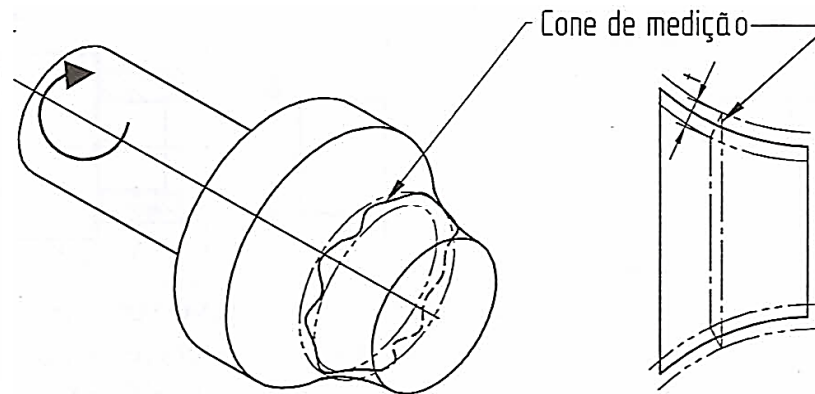
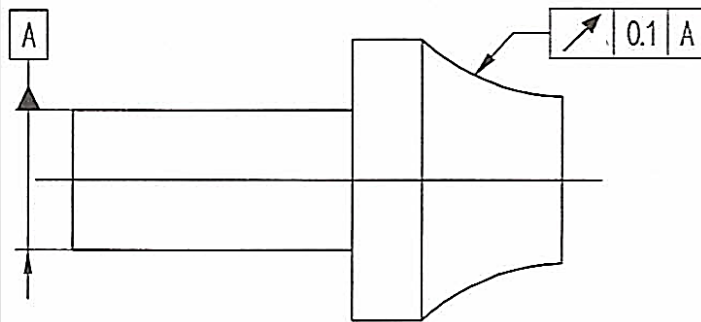
## Zona de tolerância



## Interpretação



### 3) Batimento circular em qualquer direção





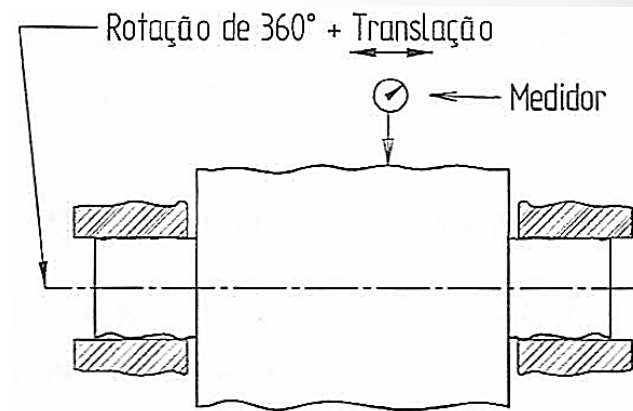
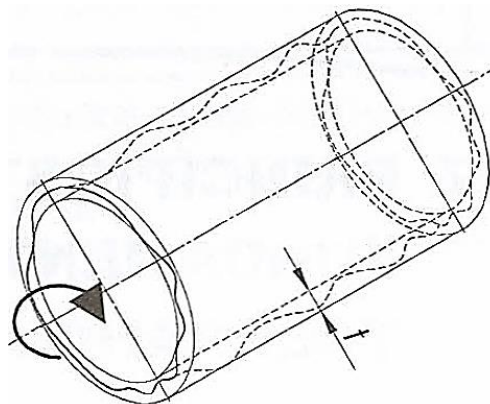
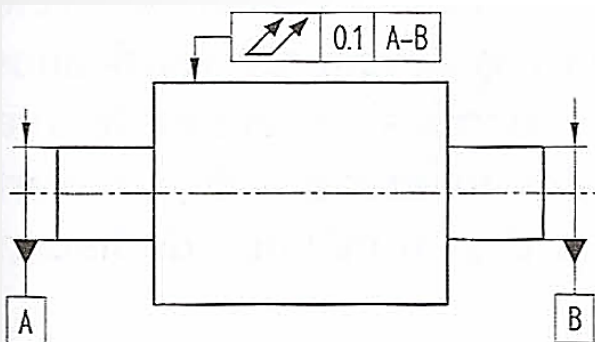
O batimento total é verificado simultaneamente para todas as secções transversais da peça.

## Indicação nos desenhos

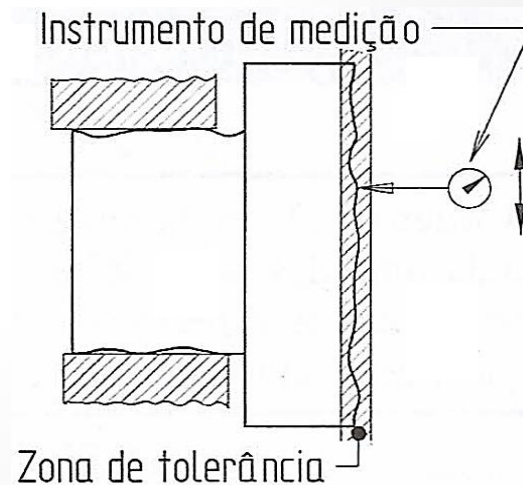
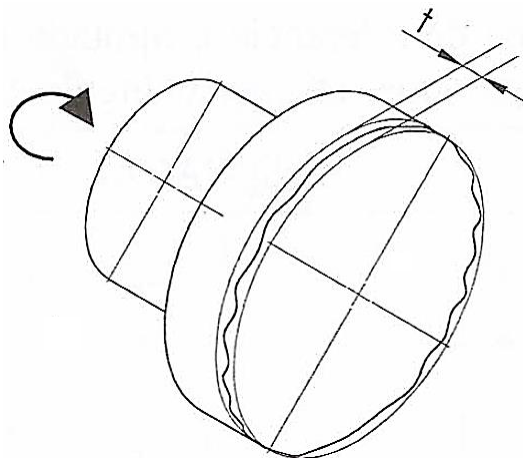
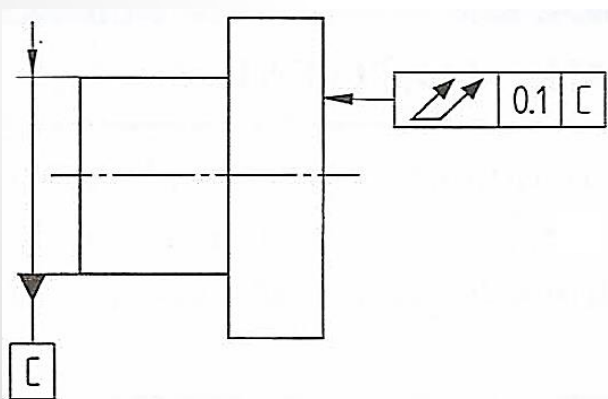
## Zona de tolerância

## Interpretação

### 1) Batimento Total – radial



### 2) Batimento Total – axial





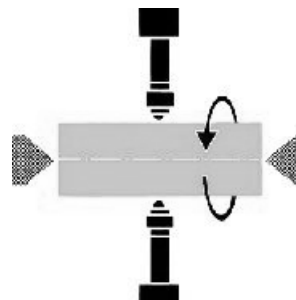


# Regras para a aplicação do Toleranciamento Geométrico

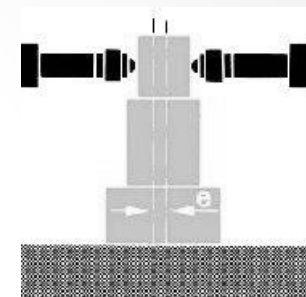
- **Precisão:** Peças ou elementos são especificados de uma forma mais precisa e rigorosa.
- **Montagem:** A aplicação dos princípios do toleranciamento é fundamental, de modo a que, sem prejudicar a montagem, se obtenham tolerâncias mais elevadas, reduzindo os custos de fabrico.
- **Peças ou elementos a aplicar:**
  - 1) O toleranciamento geométrico não deve ser aplicado indiscriminadamente (não deve ser especificado, por exemplo, para elementos cujos erros geométricos não prejudiquem a sua função)
  - 2) Devem ser especificados com rigor para peças montadas, como por exemplo peças móveis de um motor, tais como, cilindros e êmbolos.
- **Processo de fabrico:** As tolerâncias especificadas não obrigam à utilização de um determinado processo de fabrico, podendo no entanto, em certos casos condicionar o/os processo de fabrico a usar.
- **Controlo de qualidade e inspeção:** O toleranciamento geométrico facilita a inspeção das peças fabricadas.



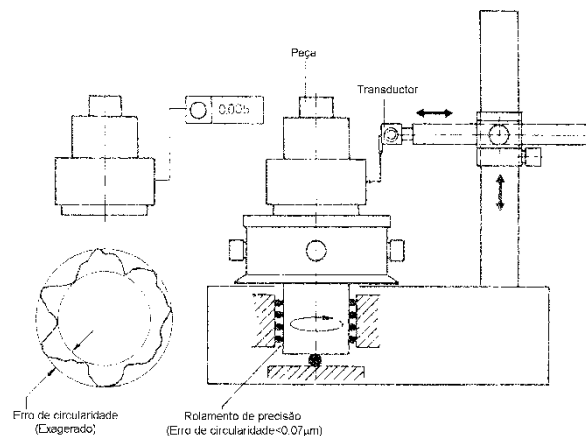
# Técnicas e equipamentos de verificação



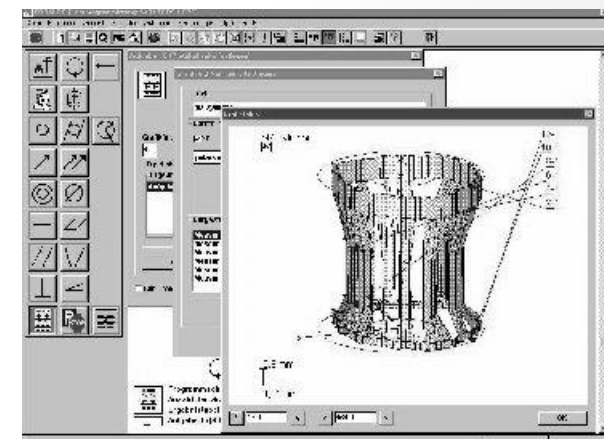
Circularidade



Coaxialidade



Circularidade



*Software* para tratamento dos dados obtidos



