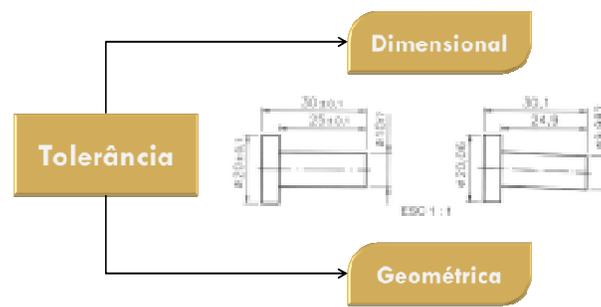


## Tolerâncias

As medidas das peças têm variabilidade e, dentro de certos limites, a qualidade da peça não é prejudicada.

Tolerância é uma variação permitida da dimensão ou na geometria da peça.



### Normas técnicas para tolerâncias

ABNT NBR 14646:2001 - Tolerâncias geométricas - Requisitos de máximo e requisitos de mínimo material: Esta Norma define e descreve o princípio de máximo material e especifica sua aplicação. A utilização do princípio de máximo material facilita a fabricação sem prejuízo da intercambiabilidade onde há uma dependência mútua de dimensão e geometria.

ABNT NBR 14699:2001 - Desenho técnico - Representação de símbolos aplicados a tolerâncias geométricas - Proporções e dimensões: Esta Norma fixa as condições exigíveis de proporções e dimensões para representação gráfica de símbolos de tolerância geométrica em desenho técnico.

ABNT NBR 6158:1995 - Sistema de tolerâncias e ajustes: Esta Norma fixa o conjunto de princípios, regras e tabelas que se aplicam à tecnologia mecânica, a fim de permitir escolha racional de tolerâncias e ajustes, visando a fabricação de peças intercambiáveis.

ABNT NBR 6173:1980 - Terminologia de tolerâncias e ajustes: Esta Norma tem por fim definir os termos técnicos usados na norma de tolerâncias e ajustes.

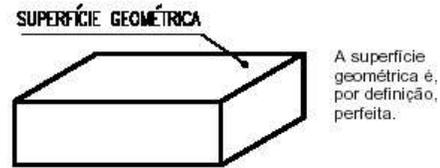
ABNT NBR 6409:1997 - Tolerâncias geométricas - Tolerâncias de forma, orientação, posição e batimento - Generalidades, símbolos, definições e indicações em desenho: Esta Norma estabelece os princípios gerais para indicação das tolerâncias de forma, orientação, posição e batimento, e ainda, as definições geométricas apropriadas.

ABNT NBR ISO 2768-1:2001 - Tolerâncias gerais - Parte 1: Tolerâncias para dimensões lineares e angulares sem indicação de tolerância individual: Esta parte da NBR ISO 2768 tem como objetivo simplificar as indicações em desenhos e especificar tolerâncias gerais para dimensões lineares e angulares sem indicação individual de tolerância.

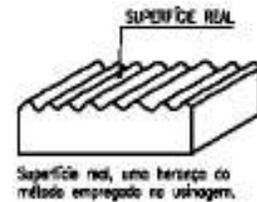
ABNT NBR ISO 2768-2:2001 - Tolerâncias gerais - Parte 2: Tolerâncias geométricas para elementos sem indicação de tolerância individual: Esta parte da ABNT NBR ISO 2768 tem por objetivo simplificar as indicações em desenhos e especificar tolerâncias geométricas gerais para controlar aqueles elementos nos desenhos que não tenham indicação individual de tolerância. Ela especifica tolerâncias geométricas gerais para três classes de tolerâncias.

## Conceitos básicos

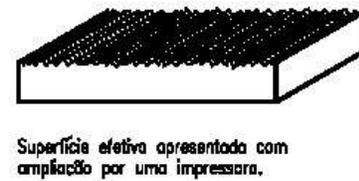
**Superfície geométrica:** Superfície ideal prescrita no projeto, na qual não existem erros de forma e acabamento. Por exemplo: superfícies planas, cilíndricas, etc., que sejam, por definição, perfeitas. Na realidade isso não existe; trata-se apenas de uma referência. A superfície geométrica é, por definição, perfeita.



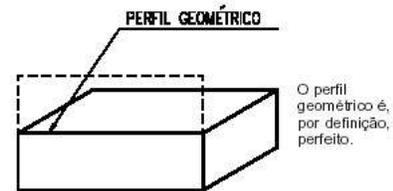
**Superfície real:** Superfície que limita o corpo e o separa do meio que o envolve; é a superfície que resulta do método empregado na sua produção. Por exemplo: torneamento, retífica, ataque químico, etc. É aquela que podemos ver e tocar.



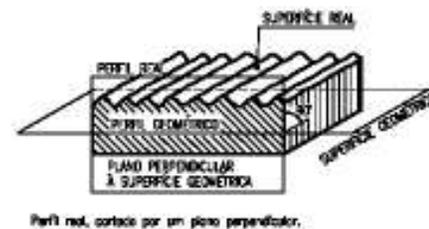
**Superfície efetiva:** Superfície avaliada pela técnica de medição, com forma aproximada da superfície real de uma peça; é a superfície apresentada e analisada pelo aparelho de medição. É importante esclarecer que existem diferentes sistemas e condições de medição que apresentam diferentes superfícies efetivas.



**Perfil geométrico:** Intersecção da superfície geométrica com um plano perpendicular. Por exemplo: uma superfície plana perfeita, cortada por um plano perpendicular, originará um perfil geométrico que será uma linha reta. O perfil geométrico é, por definição, perfeito.



**Perfil real:** Intersecção da superfície real com um plano perpendicular. Neste caso o plano perpendicular (imaginário) cortará a superfície que resultou do método de usinagem e originará uma linha irregular.



Com instrumentos, não é possível o exame de toda uma superfície de uma só vez. Por isso, examina-se um corte dessa superfície de cada vez.

Assim, define-se:

- Perfil real: corte da superfície real;
- Perfil geométrico: corte da superfície geométrica;
- Perfil efetivo: corte da superfície efetiva.

As diferenças entre o perfil efetivo e o perfil geométrico são os erros apresentados pela superfície em exame e são genericamente classificados em dois grupos:

- Erros macro-geométricos: detectáveis por instrumentos convencionais. Exemplos: ondulações acentuadas, conicidade, ovalização, etc...
- Erros micro-geométricos: detectáveis somente por rugosímetros, perfiloscópios, etc... São também definidos como rugosidade.

## Tolerância geométrica

São quatro tipos: de forma, de orientação, de posição e de batimento

### Tolerância geométrica de forma

Característica	Símbolo	Item norma
Retitude		5.9.1
Planeza		5.9.2
Circularidade		5.9.3
Cilindricidade		5.9.4
Perfil de linha qualquer		5.9.5
Perfil de superfície qualquer		5.9.6

O erro de forma corresponde à diferença entre a superfície real e a forma geométrica teórica. A forma de um elemento\* será correta quando cada um dos seus pontos for igual ou inferior ao valor da tolerância dada.

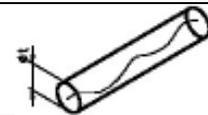
A diferença de forma deve ser medida perpendicularmente à forma geométrica teórica, tomando-se cuidado para que a peça esteja apoiada corretamente no dispositivo de inspeção, para não se obter um falso valor. \*Elemento pode ser um ponto, uma reta ou um plano.

Os erros de forma podem ser ocasionados por vibrações, imperfeições na geometria da máquina, defeitos nos mancais e nas árvores, etc. Tais erros podem ser detectados e medidos com instrumentos convencionais e de verificação, tais como réguas, micrômetros, comparadores ou aparelhos específicos para quantificar esses desvios.

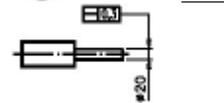
#### Retitude

É a condição pela qual cada linha deve estar limitada dentro do valor de tolerância especificada.

Se o valor da tolerância (t) for precedido pelo símbolo, o campo de tolerância será limitado por um cilindro "t", conforme figura ao lado.



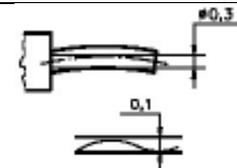
Interpretação: O eixo do cilindro de 20mm de diâmetro deverá estar compreendido em uma zona cilíndrica de 0,3mm de diâmetro.



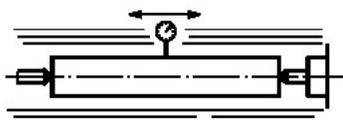
Interpretação: Se a tolerância de retitude é aplicada nas duas direções de um mesmo plano, o campo de tolerância daquela superfície é de 0,5mm na direção da figura da esquerda, e de 0,1mm na direção da figura da direita.



Interpretação: Uma parte qualquer da geratriz do cilindro com comprimento igual a 100mm deve ficar entre duas retas paralelas, distantes 0,1mm.

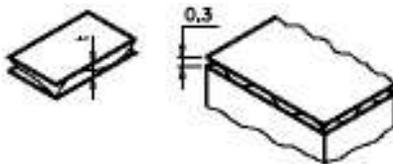


Método de medição da retitude:



### Planeza

É a condição pela qual toda superfície deve estar limitada pela zona de tolerância “t”, compreendida entre dois planos paralelos, distantes de “t”.



Quando, no desenho do produto, não é especifica a tolerância de planeza, admite-se que ela possa variar desde que não ultrapasse a tolerância dimensional.

Especificação do desenho	Interpretação

Observa-se, pela última figura, que a tolerância de planeza é independente da tolerância dimensional especificada pelos limites de medida. Conclui-se que a zona de tolerância de forma (planeza) poderá variar de qualquer maneira, dentro dos limites dimensionais. Mesmo assim, satisfará às especificações da tolerância. A tolerância de planeza tem uma importante aplicação na construção de máquinas-ferramenta, principalmente guias de assento de carros, cabeçote, etc.

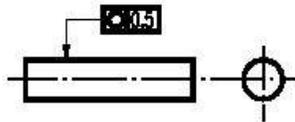
Geralmente, os erros de planeza ocorrem devido a fatores como:

- Variação de dureza da peça ao longo do plano de usinagem;
- Desgaste prematuro do fio de corte;
- Deficiência de fixação da peça, provocando movimentos indesejáveis durante a usinagem;
- Má escolha dos pontos de locação e fixação da peça, ocasionando deformação;
- Folga nas guias da máquina;
- Tensões internas decorrentes da usinagem, deformando a superfície.

As tolerâncias admissíveis de planeza mais aceitas são: torneamento: 0,01 a 0,03mm; fresamento: 0,02 a 0,05mm; retífica: 0,005 a 0,01mm.

### Circularidade

É a condição pela qual qualquer círculo deve estar dentro de uma faixa definida por dois círculos concêntricos, distantes no valor da tolerância especificada.



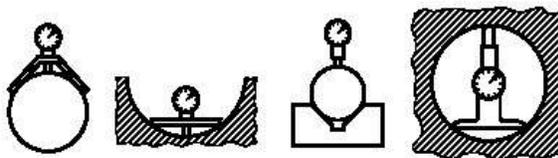
Especificação do desenho	Interpretação
	O campo de tolerância em qualquer seção transversal é limitado por dois círculos concêntricos e distantes 0,5mm.
	O contorno de cada seção transversal deve estar compreendido numa coroa circular de 0,1mm de largura.

Normalmente, não será necessário especificar tolerâncias de circularidade, pois, se os erros de forma estiverem dentro das tolerâncias dimensionais, eles serão suficientemente pequenos para se obter a montagem e o funcionamento adequados da peça.

Entretanto, há casos em que os erros permissíveis, devido a razões funcionais, são tão pequenos que a tolerância apenas dimensional não atenderia à garantia funcional. Se isso ocorrer, será necessário especificar tolerâncias de circularidade. É o caso típico de cilindros dos motores de combustão interna, nos quais a tolerância dimensional pode ser aberta (H11), porém a tolerância de circularidade tem de ser estreita, para evitar vazamentos.

### Métodos de Medição da Circularidade

O erro de circularidade é verificado na produção com um dispositivo de medição entre centros. Se a peça não puder ser medida entre centros, essa tolerância será difícil de ser verificada devido à infinita variedade de erros de forma que podem ocorrer em virtude da dificuldade de se estabelecer uma superfície padrão, com a qual a superfície pudesse ser comparada. Em geral, adota-se um prisma em "V" e um relógio comparador, ou um relógio comparador que possa fazer medidas em três pontos.



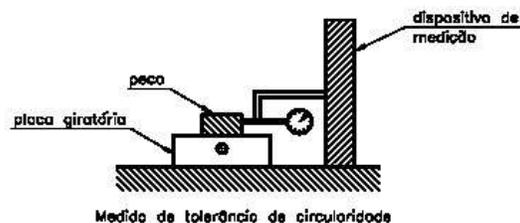
Sistemas de verificação de circularidade em peças sem centros

A medição mais adequada de circularidade é feita por aparelhos especiais de medida de circularidade utilizados em metrologia, cujo esquema é mostrado abaixo.

A linha de centro de giro é perpendicular à face da peça, e passa pelo centro determinado por dois diâmetros perpendiculares da peça (considerada no seu plano da face).

Na usinagem em produção, podemos adotar os valores de circularidade:

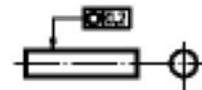
- Torneamento: até 0,01mm;
- Mandrilamento: 0,01 a 0,015mm;
- Retificação: 0,005 a 0,015mm.



Medida de tolerância de circularidade

### Cilindricidade

É a condição pela qual a zona de tolerância especificada é a distância radial entre dois cilindros coaxiais.



Especificação do desenho	Interpretação
	Interpretação: A superfície considerada deve estar compreendida entre dois cilindros coaxiais, cujos raios diferem 0,2mm.

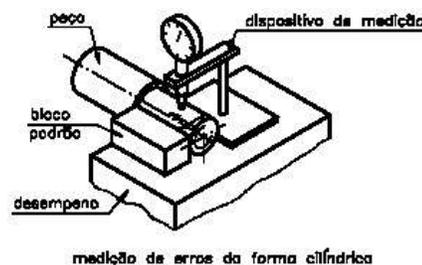
A circularidade é um caso particular de cilindridade, quando se considera uma seção do cilindro perpendicular a sua geratriz.

A tolerância de cilindridade engloba:

- Tolerâncias admissíveis na seção longitudinal do cilindro, que compreende conicidade, concavidade e convexidade;
- Tolerância admissível na seção transversal do cilindro, que corresponde a circularidade.

### Método de Medição da Cilindricidade

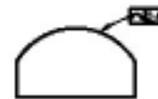
Para se medir a tolerância de cilindridade, utiliza-se o dispositivo abaixo.



A peça é medida nos diversos planos de medida, e em todo o comprimento. A diferença entre as indicações máxima e mínima não deve ultrapassar, em nenhum ponto do cilindro, a tolerância especificada.

### Forma de uma linha qualquer

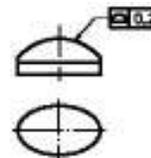
O campo de tolerância é limitado por duas linhas envolvendo círculos cujos diâmetros sejam iguais à tolerância especificada e cujos centros estejam situados sobre o perfil geométrico correto da linha.



Especificação do desenho	Interpretação
	Em cada seção paralela ao plano de projeção, o perfil deve estar compreendido entre duas linhas envolvendo círculos de 0,4mm de diâmetro, centrados sobre o perfil geométrico correto.

### Forma de uma superfície qualquer

O campo de tolerância é limitado por duas superfícies envolvendo esferas de diâmetro igual à tolerância especificada e cujos centros estão situados sobre uma superfície que tem a forma geométrica correta.



Especificação do desenho	Interpretação
	A superfície considerada deve estar compreendida entre duas superfícies envolvendo esferas de 0,2mm de diâmetro, centradas sobre o perfil geométrico correto.

## Tolerância geométrica de orientação

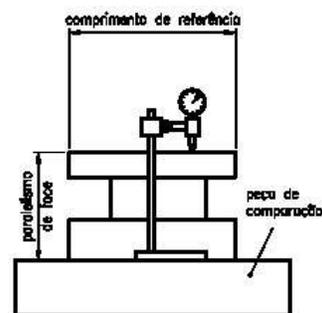
Característica	Símbolo	Item norma
Paralelismo		5.9.7
Perpendicularidade		5.9.8
Inclinação		5.9.9

### Paralelismo

É a condição de uma linha ou superfície ser equidistante em todos os seus pontos de um eixo ou plano de referência.

Especificação do desenho	Interpretação
	O eixo superior deve estar compreendido em uma zona cilíndrica de 0,03mm de diâmetro, paralelo ao eixo inferior 'A', se o valor da tolerância for precedido pelo símbolo
	A superfície superior deve estar compreendida entre dois planos distantes 0,1mm e paralelos ao eixo do furo de referência 'B'
	O eixo do furo deve estar compreendido entre dois planos distantes 0,2mm e paralelos ao plano de referência 'C'.

O paralelismo é sempre relacionado a um comprimento de referência. Na figura abaixo está esquematizada a forma correta para se medir o paralelismo das faces. Supõe-se, para rigor da medição, que a superfície tomada como referência seja suficientemente plana.

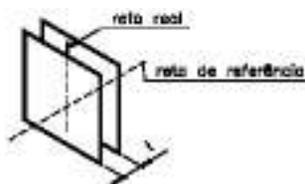


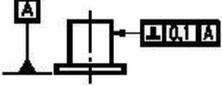
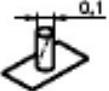
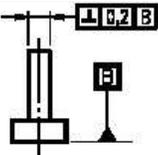
### Perpendicularidade

É a condição pela qual o elemento deve estar dentro do desvio angular, tomado como referência o ângulo reto entre uma superfície, ou uma reta, e tendo como elemento de referência uma superfície ou uma reta, respectivamente. Assim, podem ser considerados os seguintes casos de perpendicularidade:

#### Tolerância de perpendicularidade entre duas retas

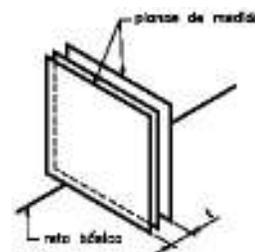
O campo de tolerância é limitado por dois planos paralelos, distantes no valor especificado 't', e perpendiculares à reta de referência.



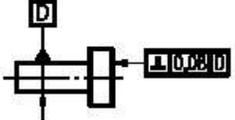
Especificação do desenho	Interpretação
	<p>O eixo do cilindro deve estar compreendido em um campo cilíndrico de 0,1mm de diâmetro, perpendicular à superfície de referência 'A'.</p> 
	<p>O eixo do cilindro deve estar compreendido entre duas retas paralelas, distantes 0,2mm e perpendiculares à superfície de referência 'B'. A direção do plano das retas paralelas é a indicada abaixo.</p> 

*Tolerância de perpendicularidade entre um plano e uma reta*

O campo de tolerância é limitado por dois planos paralelos, distantes no valor especificado e perpendiculares à reta de referência.

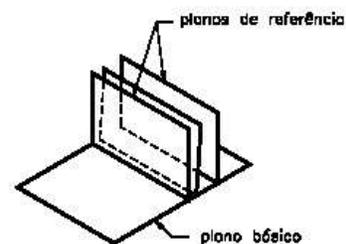


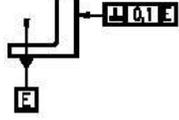
*Tolerância de perpendicularidade entre uma superfície e uma reta*

Especificação do desenho	Interpretação
	<p>A face à direita da peça deve estar compreendida entre dois planos paralelos distantes 0,08mm e perpendiculares ao eixo 'D'.</p> 

*Tolerância de perpendicularidade entre dois planos*

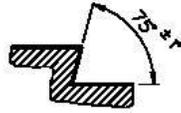
A tolerância de perpendicularidade entre uma superfície e um plano tomado como referência é determinada por dois planos paralelos distanciados da tolerância especificada e respectivamente perpendiculares ao plano referencial.



Especificação do desenho	Interpretação
	<p>A face à direita da peça deve estar compreendida entre dois planos paralelos, distantes 0,1mm e perpendiculares à superfície de referência 'E'.</p> 

## Inclinação

Existem dois métodos para especificar a tolerância angular, pela variação angular, especificando o ângulo máximo e o ângulo mínimo.



A indicação  $75^{\circ} \pm 1^{\circ}$  significa que entre as duas superfícies, em qualquer medição angular, não se deve achar um ângulo menor que  $74^{\circ}$  ou maior que  $76^{\circ}$ . Pela indicação de tolerância de orientação, especificando o elemento que será medido e sua referência.

### Tolerância de inclinação de uma linha em relação a uma reta de referência

O campo de tolerância é limitado por duas retas paralelas, cuja distância é a tolerância, e inclinadas em relação à reta de referência do ângulo especificado.

Especificação do desenho	Interpretação
	<p>O eixo do furo deve estar compreendido entre duas retas paralelas com distância de 0,09mm e inclinação de <math>60^{\circ}</math> em relação ao eixo de referência 'A'.</p>

### Tolerância de inclinação de uma superfície em relação a uma reta de base

O campo de tolerância é limitado por dois planos paralelos, de distância igual ao valor da tolerância, e inclinados do ângulo especificado em relação à reta de referência.

Especificação do desenho	Interpretação
	<p>O plano inclinado deve estar compreendido entre dois planos distantes 0,1mm e inclinados <math>75^{\circ}</math> em relação ao eixo de referência 'D'.</p>

### Tolerância de inclinação de uma superfície em relação a um plano de referência

O campo de tolerância é limitado por dois planos paralelos, cuja distância é o valor da tolerância, e inclinados em relação à superfície de referência do ângulo especificado.

Especificação do desenho	Interpretação
	<p>O plano inclinado deve estar entre dois planos paralelos, com distância de 0,08mm e inclinados <math>40^{\circ}</math> em relação à superfície de referência 'E'.</p>

## Tolerância geométrica de posição

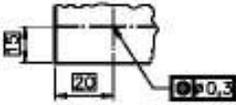
Característica	Símbolo	Item norma
Posição		5.9.10
Concentricidade		5.9.11
Coaxilidade		5.9.12
Simetria		5.9.13

### Posição de um elemento

A tolerância de posição pode ser definida, de modo geral, como o desvio tolerado de um determinado elemento (ponto, reta, plano) em relação a sua posição teórica. A aplicação dessa tolerância de posição é importante, por exemplo, para especificar as posições relativas de furos em uma carcaça para que ela possa ser montada sem nenhuma necessidade de ajuste.

#### Tolerância de posição do ponto

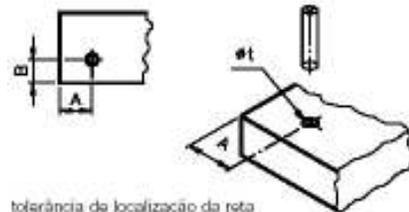
É a tolerância determinada por uma superfície esférica ou um círculo cujo diâmetro mede a tolerância especificada. O centro do círculo deve coincidir com a posição teórica do ponto considerado (medidas nominais).

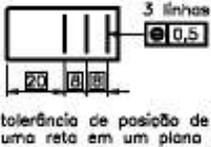
Especificação do desenho	Interpretação
	O ponto de intersecção deve estar contido em um círculo de 0,3mm de diâmetro, cujo centro coincide com a posição teórica do ponto considerado.

#### Tolerância de posição da reta

A tolerância de posição de uma reta é determinada por um cilindro com diâmetro 't', cuja linha de centro é a reta na sua posição nominal, no caso de sua indicação numérica ser precedida pelo respectivo símbolo.

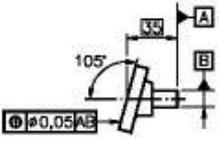
Quando o desenho do produto indicar posicionamento de linhas que não podem variar entre si além de certos limites em relação às suas cotas nominais, a tolerância de localização será determinada pela distância de duas retas paralelas, dispostas simetricamente à reta considerada nominal.



Especificação do desenho	Interpretação
	O eixo do furo deve situar-se dentro da zona cilíndrica de diâmetro 0,3mm, cujo eixo se encontra na posição teórica da linha considerada.
	Cada linha deve estar compreendida entre duas retas paralelas, distantes 0,5mm, e dispostas simetricamente em relação à posição teórica da linha considerada.

### Tolerância de posição de um plano

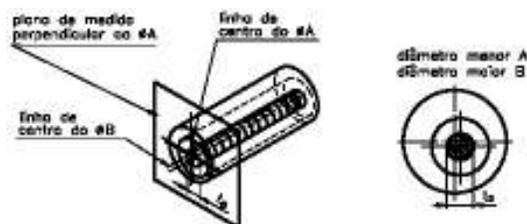
A tolerância de posição de um plano é determinada por dois planos paralelos distanciados, de tolerância especificada e dispostos simetricamente em relação ao plano considerado normal.

Especificação do desenho	Interpretação
	<p>A superfície inclinada deve estar contida entre dois planos paralelos, distantes 0,05mm, dispostos simetricamente em relação à posição teórica especificada do plano considerado, com relação ao plano de referência A e ao eixo de referência B.</p> 

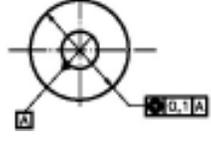
As tolerâncias de posição, consideradas isoladamente como desvio de posições puras, não podem ser adotadas na grande maioria dos casos práticos, pois não se pode separá-las dos desvios de forma dos respectivos elementos.

### Concentricidade

Define-se concentricidade como a condição segundo a qual os eixos de duas ou mais figuras geométricas, tais como cilindros, cones etc., são coincidentes. Na realidade, não existe essa coincidência teórica. Há sempre uma variação do eixo de simetria de uma das figuras em relação a um outro eixo tomado como referência, caracterizando uma excentricidade. Pode-se definir como tolerância de concentricidade a excentricidade  $t_e$  considerada em um plano perpendicular ao eixo tomado como referência. Nesse plano, têm-se dois pontos que são: a intersecção do eixo de referência e do eixo que se quer saber a excentricidade; o segundo ponto deverá estar contido em um círculo de raio  $t_e$ , tendo como centro o ponto considerado do eixo de referência.

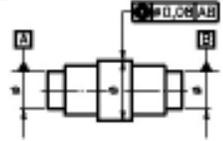
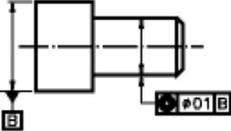


O diâmetro B deve ser concêntrico com o diâmetro A, quando a linha de centro do diâmetro B estiver dentro do círculo de diâmetro  $t_e$ , cujo centro está na linha de centro do diâmetro A. A tolerância de excentricidade poderá variar de ponto para ponto, ao se deslocar o plano de medida paralelo a si mesmo e perpendicular à linha de centro de referência. Conclui-se, portanto, que os desvios de excentricidade constituem um caso particular dos desvios de coaxialidade.

Especificação do desenho	Interpretação
	<p>O centro do círculo maior deve estar contido em um círculo com diâmetro de 0,1mm, concêntrico em relação ao círculo de referência A.</p> 

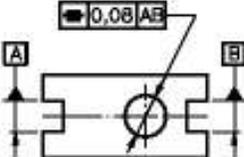
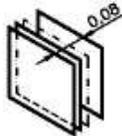
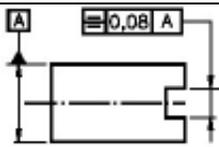
### Coaxilidade

A tolerância de coaxilidade de uma reta em relação à outra, tomada como referência, é definida por um cilindro de raio  $t_c$ , tendo como geratriz a reta de referência, dentro do qual deverá se encontrar a outra reta. A tolerância de coaxilidade deve sempre estar referida a um comprimento de referência. O desvio de coaxilidade pode ser verificado pela medição do desvio de concentricidade em alguns pontos.

Especificação do desenho	Interpretação
	<p>O eixo do diâmetro central deve estar contido em uma zona cilíndrica de 0,08mm de diâmetro, coaxial ao eixo de referência AB.</p> 
	<p>O eixo do diâmetro menor deve estar contido em uma zona cilíndrica de 0,1mm de diâmetro, coaxial ao eixo de referência B.</p>

### Simetria

A tolerância de simetria é semelhante à de posição de um elemento, porém utilizada em condição independente, isto é, não se leva em conta a grandeza do elemento. O campo de tolerância é limitado por duas retas paralelas, ou por dois planos paralelos, distantes do valor especificado e dispostos simetricamente em relação ao eixo (ou plano) de referência.

Especificação do desenho	Interpretação
	<p>O eixo do furo deve estar compreendido entre dois planos paralelos, distantes 0,08mm, e dispostos simetricamente em relação ao plano de referência AB.</p> 
	<p>O plano médio do rasgo deve estar compreendido entre dois planos paralelos, distantes 0,08mm, e dispostos simetricamente em relação ao plano médio do elemento de referência A.</p>

### Batimento

Na usinagem de elementos de revolução, tais como cilindros ou furos, ocorrem variações em suas formas e posições, o que provoca erros de ovalização, conicidade, excentricidade etc., em relação aos seus eixos. Tais erros são aceitáveis até certos limites, desde que não comprometam seu funcionamento. Daí a necessidade de se estabelecer um dimensionamento conveniente para os elementos.

Além desses desvios, fica difícil determinar na peça o seu verdadeiro eixo de revolução. Nesse caso, a medição ou inspeção deve ser feita a partir de outras referências que estejam relacionadas ao eixo de simetria. Essa variação de referencial geralmente leva a uma composição de erros, envolvendo a superfície medida, a superfície de referência e a linha de centro teórica.

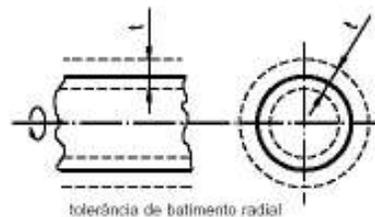
Para que se possa fazer uma conceituação desses erros compostos, são definidos os desvios de batimento, que nada mais são do que desvios compostos de forma e posição de superfície de revolução, quando medidos a partir de um eixo ou superfície de referência.

O batimento representa a variação máxima admissível da posição de um elemento, considerado ao girar a peça de uma rotação em torno de um eixo de referência, sem que haja deslocamento axial. A tolerância de batimento é aplicada separadamente para cada posição medida. Se não houver indicação em contrário, a variação máxima permitida deverá ser verificada a partir do ponto indicado pela seta no desenho.

O batimento pode delimitar erros de circularidade, coaxialidade, excentricidade, perpendicularidade e planeza, desde que seu valor, que representa a soma de todos os erros acumulados, esteja contido na tolerância especificada. O eixo de referência deverá ser assumido sem erros de retitude ou de inclinação.

#### *Batimento Radial*

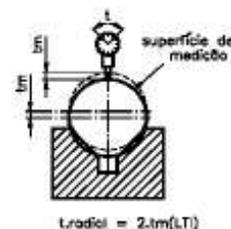
A tolerância de batimento radial é definida como um campo de distância 't' entre dois círculos concêntricos, medidos em um plano perpendicular ao eixo considerado.



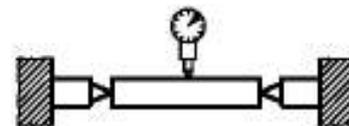
Especificação do desenho	Interpretação
	<p>A peça, girando apoiada em dois prismas, não deverá apresentar a LTI (Leitura Total do Indicador) superior a 0,1mm.</p>

#### *Métodos de medição do batimento radial*

- a) A peça é apoiada em prismas: A figura mostra uma seção reta de um eixo no qual se quer medir o desvio de batimento. A LTI indicará um erro composto, constituído do desvio de batimento radial, adicionado ao erro decorrente da variação de posição do centro.



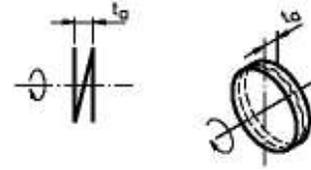
- b) A peça é apoiada entre centros: Quando se faz a medição da peça locada entre centros, tem-se o posicionamento correto da linha de centro e, portanto, a LTI é realmente o desvio de batimento radial.



A medição, assim executada, independe das dimensões da peça, não importando se ela esteja na condição de máximo material (diâmetro maior) ou de mínimo material (diâmetro menor, em se tratando de eixo).

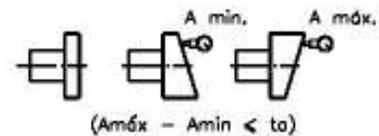
### Batimento Axial

A tolerância de batimento axial  $t_a$  é definida como o campo de tolerância determinado por duas superfícies, paralelas entre si e perpendiculares ao eixo de rotação da peça, dentro do qual deverá estar a superfície real quando a peça efetuar uma volta, sempre referida ao seu eixo de rotação.



Na tolerância de batimento axial estão incluídos os erros compostos de forma (planicidade) e de posição (perpendicularidade das faces em relação à linha de centro).

Para se medir a tolerância de batimento axial faz-se girar a peça em torno de um eixo perpendicular à superfície que será medida, bloqueando seu deslocamento no sentido axial.

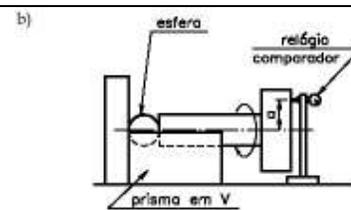
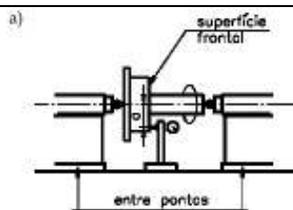


medição de tolerância de batimento axial

Caso não haja indicação da região em que deve ser efetuada a medição, ela valerá para toda a superfície. A diferença entre as indicações  $A_{máx.} - A_{mín.}$  (obtida a partir da leitura de um relógio comparador) determinará o desvio de batimento axial, o qual deverá ser menor ou igual à tolerância  $t_a$ .

$$A_{máx.} - A_{mín.} \leq t_a$$

Normalmente, o desvio de batimento axial é obtido por meio das montagens indicadas abaixo:



sistema de medição do desvio do batimento axial

A figura (a) mostra a medição feita entre pontas. Na figura (b), a superfície de referência está apoiada em um prisma em V.

Especificação do desenho	Interpretação
	<p>O desvio radial não deve ultrapassar 0,1mm em cada ponto de medida, durante uma rotação completa em torno do eixo AB.</p>
	<p>O desvio na direção da flecha sobre cada cone de medição não deve ultrapassar 0,1mm, durante uma rotação completa em torno do eixo C.</p>
	<p>O desvio não deve ultrapassar 0,1mm sobre cada cilindro de medição, durante uma rotação completa em torno do eixo D.</p>

### Referências bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 4287**: Especificações geométricas do produto (GPS) – Rugosidade: Método do perfil – Termos, definições e parâmetros da rugosidade, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR6158 NB86**: Sistema de tolerâncias e ajustes, 06/1995

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR6173 TB35**, Terminologia de tolerâncias e ajustes, 12/1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6409 NB273**, Tolerâncias geométricas – Tolerâncias de forma, orientação, posição e batimento – Generalidades, símbolos, definições e indicações em desenho, 05/1997.

Telecurso 2000. **Curso Profissionalizante - Mecânica - Metrologia**, 2000