

**ABNT-Associação
Brasileira de
Normas Técnicas**

Sede:
Rio de Janeiro
Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar
CEP 20003-900 - Caixa Postal 1680
Rio de Janeiro - RJ
Tel.: PABX (21) 210-3122
Fax: (21) 220-1762/220-6436
Endereço Telegráfico:
www.abnt.org.br

Copyright © 1997,
ABNT-Associação Brasileira
de Normas Técnicas
Printed in Brazil/
Impresso no Brasil
Todos os direitos reservados

MAIO 1997 | NBR 6409

Tolerâncias geométricas - Tolerâncias de forma, orientação, posição e batimento - Generalidades, símbolos, definições e indicações em desenho

Origem: Projeto NBR 6409:1996
CB-04 - Comitê Brasileiro de Máquinas e Equipamentos Mecânicos
CE-04:005.06 - Comissão de Estudo de Tolerâncias e Ajustes
NBR 6409 - Geometrical tolerancing - Tolerances of form, orientation, location and run-out - Generalities, symbols, definitions and indications on drawings
Descriptors: Technical drawing. Form tolerance. Location tolerance
Esta Norma foi baseada na ISO 1101:1983
Válida a partir de 30.06.1997

Palavras-chave: Desenho técnico. Tolerância de forma. Tolerância de posição. Tolerância de batimento

19 páginas

Prefácio

A ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (CB) e dos Organismos de Normalização Setorial (ONS), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Os Projetos de Norma Brasileira, elaborados no âmbito dos CB e ONS, circulam para Votação Nacional entre os associados da ABNT e demais interessados.

1 Objetivo

Esta Norma estabelece os princípios gerais para indicação das tolerâncias de forma, orientação, posição e batimento, e, ainda, as definições geométricas apropriadas.

2 Referência normativa

A norma relacionada a seguir contém disposições que, ao serem citadas neste texto, constituem prescrições para esta Norma. A edição indicada estava em vigor no momento desta publicação. Como toda norma está sujeita a revisão, recomenda-se àqueles que realizam acordos com base nesta que verifiquem a conveniência de se usar a edição mais recente da norma citada a seguir. A ABNT possui a informação das normas em vigor em um dado momento.

NBR 6158:1995 - Sistemas de tolerâncias e ajustes - Procedimento

3 Definições

Para os efeitos desta Norma, aplicam-se as seguintes definições.

3.1 elemento de referência: Elemento real a partir do qual as tolerâncias de orientação, posição ou batimento são desenvolvidas.

3.2 elemento tolerado: Elemento real ao qual estão associadas tolerâncias de orientação, posição ou batimento.

4 Requisitos gerais

4.1 As tolerâncias de forma e posição devem ser indicadas quando necessárias, ou seja, para assegurar requisitos funcionais, intercambiabilidade e processos de manufatura.

4.2 O fato de se indicar uma tolerância de forma ou posição não implica necessariamente o emprego de um processo particular de fabricação ou medição.

4.3 A tolerância geométrica para um elemento (ponto, linha, superfície ou plano de simetria) define o campo dentro do qual a posição do elemento deve estar contido.

4.4 O elemento de referência pode ser uma superfície, uma linha ou um ponto.

4.5 Dependendo das características a serem toleradas e da maneira que a tolerância é indicada, o campo de tolerância é caracterizado por:

- área dentro de um círculo;
- área entre dois círculos concêntricos;
- área entre duas linhas envolventes ou entre duas linhas retas paralelas;
- espaço dentro de um cilindro ou entre dois cilindros coaxiais;
- espaço entre dois planos envolventes ou entre dois planos paralelos;
- espaço dentro de um paralelepípedo.

4.6 As dimensões medidas em qualquer seção transversal de um elemento não podem ultrapassar a envolvente de forma perfeita, definida por:

- dimensão real de um furo, no limite mínimo, ou
- dimensão real de um eixo, no limite máximo.

Exceção feita às matérias-primas que obedecem a tolerâncias específicas.

Para retitude, planeza, circularidade e cilindridade e paralelismo, o valor da tolerância especificada para envolvente de forma perfeita deve ser gradativamente reduzido a zero, devido ao efeito da dimensão ou posição real do elemento (ver NBR 6158).

4.7 Salvo indicação contrária, a tolerância se aplica a todo comprimento ou a toda superfície do elemento considerada (ver 5.6.3 a 5.6.5).

4.8 A posição teórica de um elemento deve ser indicada como cota básica (ver 5.7.1).

4.9 Para as tolerâncias geométricas, os elementos de referência são supostos terem forma geométrica perfeita. Na realidade, os elementos de referência não são perfeitos, mas devem ser entendidos como suficientemente precisos para essa tolerância de forma para o elemento de referência. Em alguns casos, pode ser necessário especificar a localização de certos pontos que constituem elementos de referência auxiliar para fabricação, bem como para inspeção.

4.10 A tolerância de planeza e retitude é definida por dois planos ou retas paralelas que envolvam o perfil real e tenham distância mínima.

4.11 A orientação da superfície ideal será A_1, B_1 , de forma que h_1 seja o menor possível. O valor h_1 deverá ser igual ou inferior à tolerância especificada (ver figura 1).

4.12 Para definição de circularidade e cilindridade devem ser escolhidos dois círculos concêntricos ou cilíndricos coaxiais, de maneira que a distância radial entre eles seja mínima.

Para exemplo de localização de dois círculos concêntricos ou eixos de dois cilindros coaxiais e suas distâncias radiais mínima, ver figura 2.

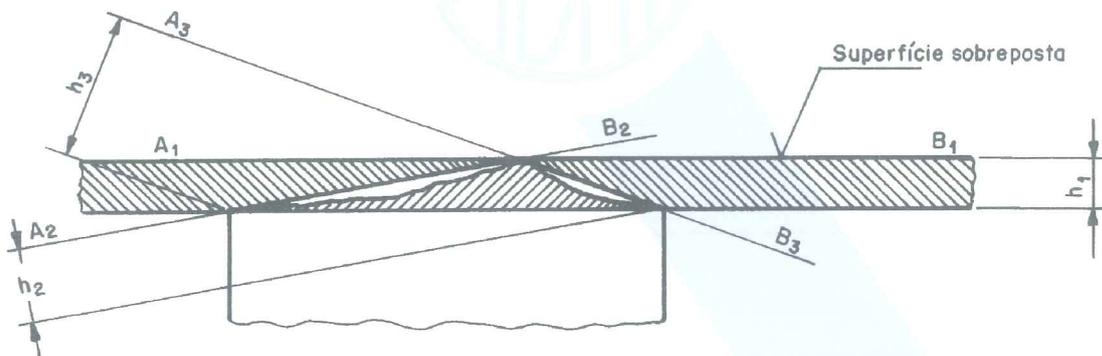
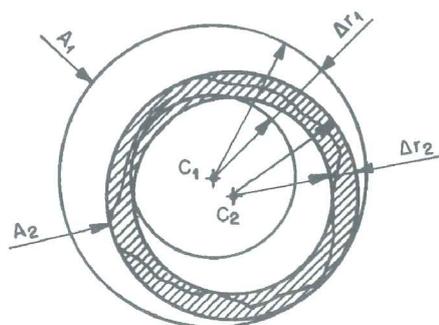


Figura 1



Centro C_2 de A_2 define dois círculos com distância radial mínima.

Distância radial correspondente: Δr_1 e Δr_2

$$\Delta r_2 < \Delta r_1$$

Desta maneira a distância radial r_2 deve ser menor ou igual que a tolerância especificada.

Figura 2

4.13 Roscas - as tolerâncias geométricas e os elementos de referência de rosca se aplicam ao diâmetro de flanco.

4.14 Modificador - quando não estiver indicado o (M) , a tolerância de forma e posição se aplica independentemente da dimensão real do elemento.

5 Tolerâncias geométricas

5.1 Símbolos para característica tolerada

Nas tabelas 1 e 2, são apresentados os símbolos com seus significados correspondentes.

Tabela 1 - Símbolos para característica tolerada

Característica tolerada		Símbolo	Item	
Para elementos isolados 	Forma	Retitude		5.9.1
		Planeza		5.9.2
		Circularidade		5.9.3
		Cilindricidade		5.9.4
Para elementos isolados ou associados		Perfil de linha qualquer		5.9.5
		Perfil de superfície qualquer		5.9.6
Para elementos associados	Orientação	Paralelismo		5.9.7
		Perpendicularidade		5.9.8
		Inclinação		5.9.9
	Posição	Posição		5.9.10
		Concentricidade		5.9.11
		Coaxialidade		5.9.12
		Simetria		5.9.13
	Batimento	Circular		5.9.14.1
		Total		5.9.14.2

Tabela 2 - Símbolos para indicação de referência e modificadores

Indicação em desenho		Símbolo	Item
Elemento tolerado	Direto		5.3.2
	Indireto		5.4.1
Elemento de referência	Direto		5.5.5
	Indireto		5.5.3
Dimensão teoricamente correta (cota básica)			5.7.1
Tolerância projetada			5.7.2
Condição de máximo material			5.7.3

5.2 Indicações no quadro de tolerância

5.2.1 Nos desenhos, as tolerâncias de forma e posição devem ser inscritas em um quadro retangular, dividido em duas ou mais partes. Nessas divisões são inscritos da esquerda para direita e na seguinte ordem:

- o símbolo da característica;
- o valor da tolerância na unidade usada para dimensões lineares. Este valor é precedido pelo símbolo \emptyset , se a zona de tolerância for circular ou cilíndrica;
- quando for o caso, letra ou letras para identificar o elemento ou os elementos de referência (ver figuras 3, 4 e 5).



Figura 3

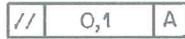


Figura 4

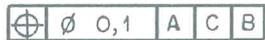


Figura 5

5.2.2 Se a tolerância se aplicar a vários elementos, isto deve ser escrito com sinal de multiplicação ou na forma de uma nota sobre o quadro de tolerâncias (ver figuras 6 e 7).



Figura 6

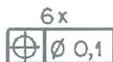


Figura 7

5.2.3 Indicação qualificando a forma do elemento deve estar escrita próxima ao quadro de tolerâncias e pode estar ligada a este por uma linha (ver figuras 8 e 9).



Figura 8

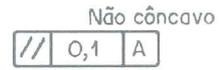


Figura 9

5.2.4 Se for necessário indicar mais do que uma tolerância para o elemento, as especificações das tolerâncias são dadas em quadros colocados um sobre o outro (ver figura 10).

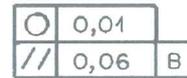


Figura 10

5.3 Indicação do elemento tolerado

O quadro de tolerância deve ser ligado ao elemento tolerado por uma linha de chamada, terminada por uma flecha, que toca:

- o contorno de um elemento ou o prolongamento do contorno (mas não uma linha de cota), se a tolerância se aplicar à linha ou à própria superfície (ver figuras 11 e 12);

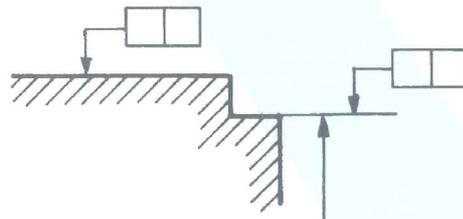


Figura 11

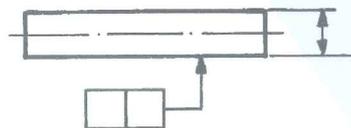


Figura 12

- a linha de extensão, em prolongamento à linha de cota, quando a tolerância for aplicada ao eixo ou ao plano médio do elemento cotado (ver figuras 13, 14 e 15);

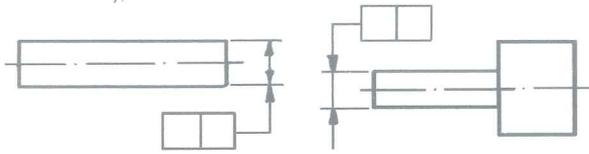


Figura 13

Figura 14

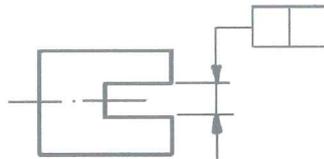


Figura 15

- o eixo, quando a tolerância for aplicada ao eixo ou ao plano médio de todos os elementos comuns a este eixo ou este plano médio (ver figuras 16, 17 e 18).

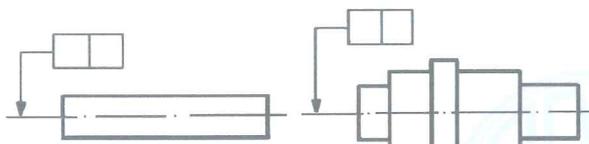


Figura 16

Figura 17

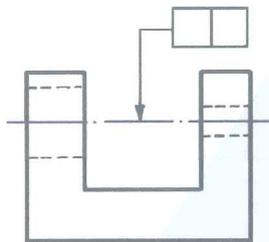


Figura 18

5.4 Indicação do campo de tolerância

5.4.1 A tolerância se aplica na direção da flecha da linha de chamada que liga o quadro de tolerância do elemento a ser tolerado, a menos que o valor da tolerância esteja precedido pelo símbolo \varnothing (ver figuras 19 e 20).

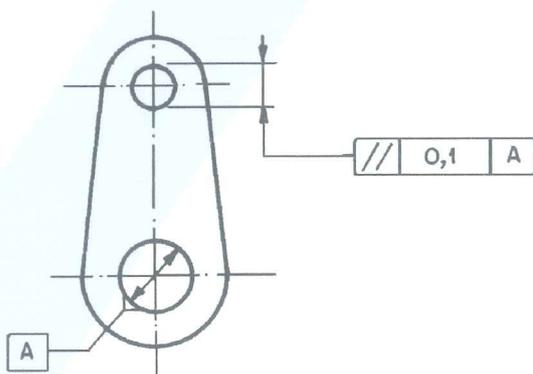


Figura 19

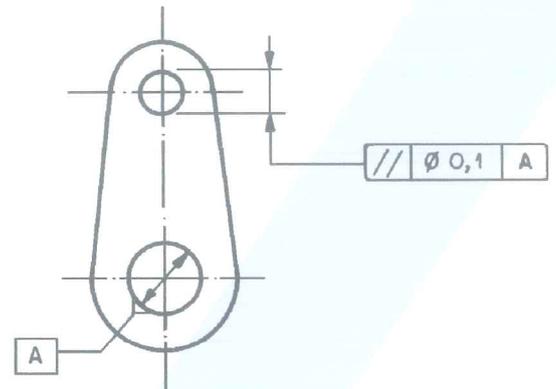


Figura 20

5.4.2 De modo geral a tolerância se aplica na direção perpendicular à geometria da peça (ver figuras 21 e 22).

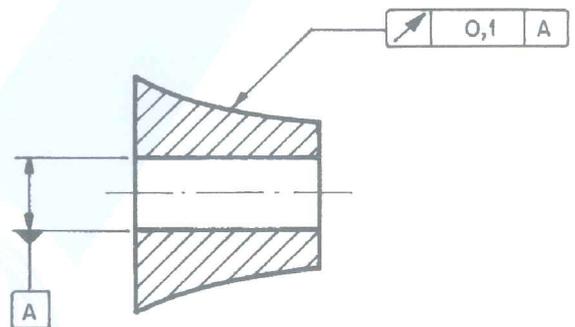


Figura 21

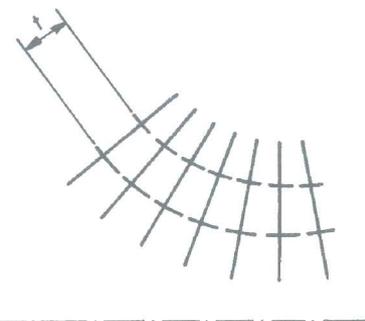


Figura 22

5.4.3 Quando a direção da aplicação da tolerância não for perpendicular à geometria da peça, ela deve ser indicada no desenho (ver figuras 23 e 24).

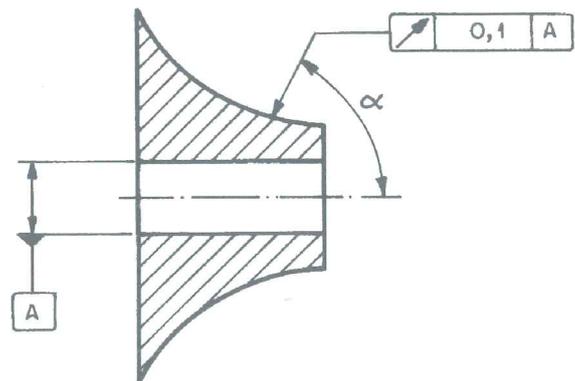


Figura 23

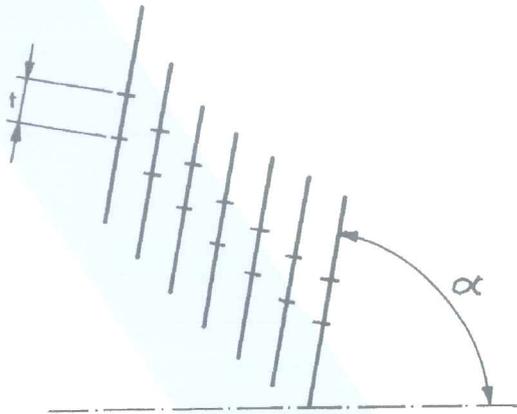


Figura 24

5.4.4 Campos de tolerâncias individuais de mesmo valor, aplicados a vários elementos distintos, podem ser especificados como mostrado nas figuras 25 e 26.

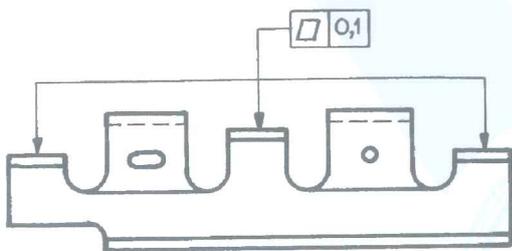


Figura 25

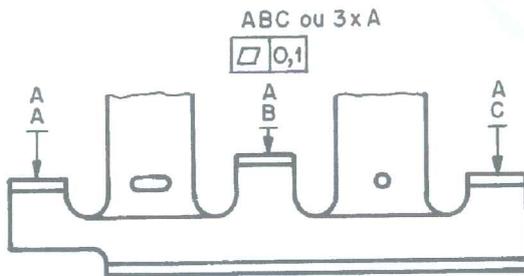


Figura 26

5.4.5 Quando um campo de tolerância comum é aplicado a diferentes elementos distribuídos, esta exigência é indicada pela palavra "comum", sobre o quadro de tolerância (ver figuras 27 e 28).

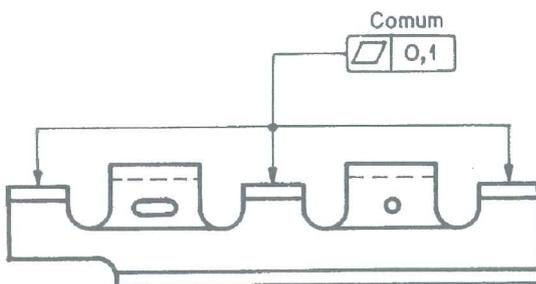


Figura 27

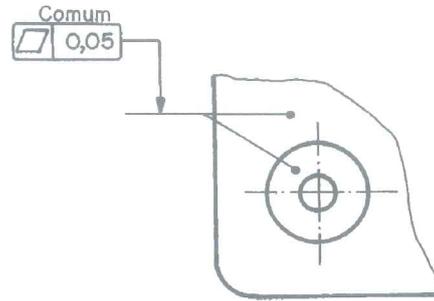


Figura 28

5.5 Indicação no elemento de referência

5.5.1 O elemento ou os elementos de referência são identificados por uma letra maiúscula enquadrada, conectada a um triângulo cheio ou vazio. Esta mesma letra deve ser repetida no quadro de tolerância (ver figuras 29 e 30).

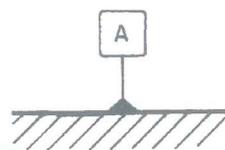


Figura 29

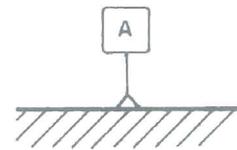


Figura 30

5.5.2 A base do triângulo está localizada no contorno do elemento ou no prolongamento do contorno (mas não sobre uma linha de cota), se o elemento de referência for a linha ou a superfície representada (ver figura 31).

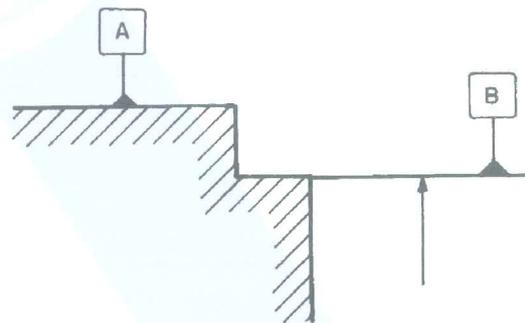


Figura 31

5.5.3 A base do triângulo está localizada em uma extensão da linha de cota, quando o elemento de referência for um eixo ou um plano médio da parte cotada (ver figuras 32, 33 e 34).

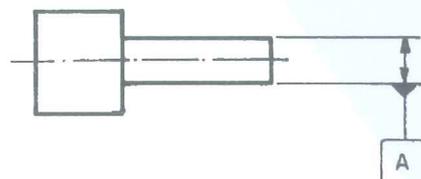


Figura 32

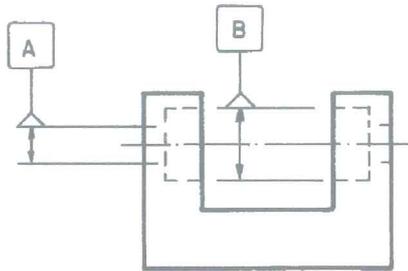


Figura 33

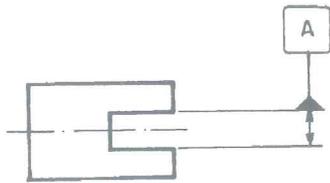


Figura 34

NOTA - Se não houver espaço suficiente para o triângulo e as setas, uma das setas pode ser substituída pelo triângulo (ver figuras 33 e 34).

5.5.4 A base do triângulo está localizada sobre o eixo ou plano médio, quando o elemento de referência for:

- a) o eixo ou plano médio de um elemento único, por exemplo um cilindro;
- b) o eixo comum ou plano formado por dois elementos (ver figura 35).

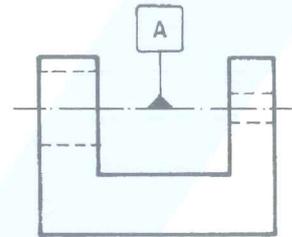


Figura 35

5.5.5 Se o quadro de tolerância puder ser ligado diretamente ao elemento de referência por uma linha de chamada, a letra de referência pode ser omitida (ver figuras 36 e 37).

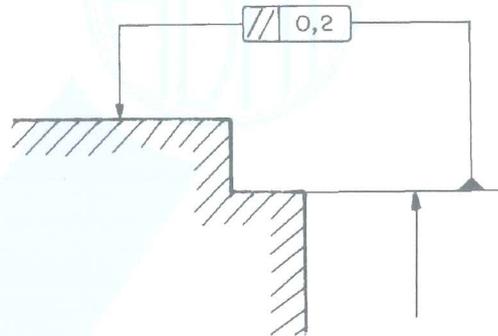


Figura 36

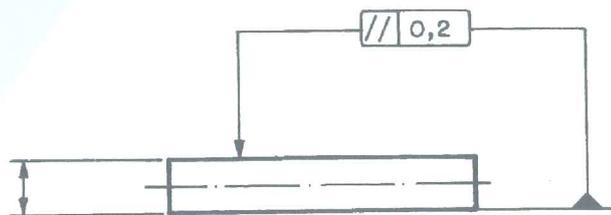


Figura 37

5.5.6 Um único elemento isolado de referência é identificado por uma letra maiúscula (ver figura 38).



Figura 38

5.5.7 Um elemento de referência comum, formado por dois elementos, é identificado por duas letras separadas por um hífen (ver figura 39).



Figura 39

5.5.8 Se dois ou mais elementos de referência forem importantes, as letras são colocadas em diferentes compartimentos, onde a seqüência da esquerda para a direita indica a ordem de prioridade (ver figura 40).



Figura 40

5.5.9 Se a ordem de prioridade de dois ou mais elementos de referência for importante, as letras são indicadas no mesmo compartimento (ver figura 41).



Figura 41

5.6 Indicações de restrições

5.6.1 Se a tolerância for aplicada para um comprimento restrito ao longo do elemento, este comprimento deve ser especificado após o valor da tolerância e separado por um traço.

No caso de superfície, a mesma indicação é utilizada. Isto significa que a tolerância se aplica a todas as linhas com comprimento restrito, em qualquer posição e em qualquer direção (ver figura 42).



Figura 42

5.6.2 Se uma tolerância menor, de mesma característica, for adicionada à tolerância do elemento como um todo, mas restritiva a um comprimento limitado, ela deve ser indicada em um compartimento abaixo da tolerância principal (ver figura 43).

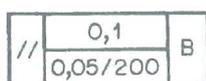


Figura 43

5.6.3 Se a tolerância for aplicável a uma parte limitada de um comprimento ou superfície (tolerância parcial), isto deve ser indicado conforme a figura 44.

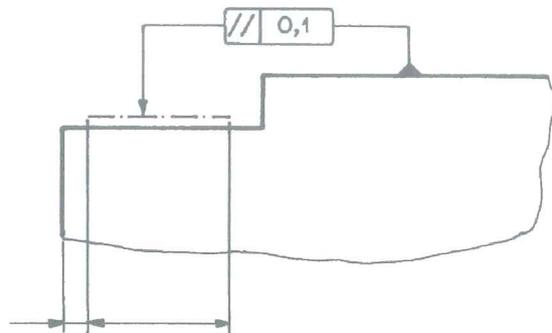


Figura 44

5.6.4 Se o elemento de referência for aplicado a uma parte restrita do elemento, isto deve ser representado conforme a figura 45.

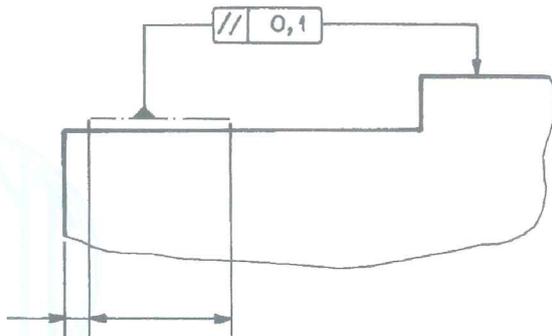


Figura 45

5.6.5 Restrições quanto à forma dentro da zona de tolerância devem ser indicadas conforme a figura 46.

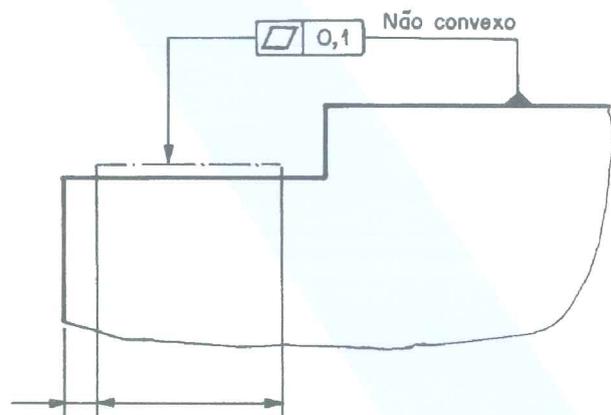


Figura 46

5.7 Modificadores

5.7.1 Cota básica

Se uma tolerância de posição, forma ou inclinação for especificada para um elemento, as cotas básicas que definem a posição, a forma ou a inclinação não devem ser toleradas. As cotas básicas são emolduradas (por exemplo 30). As cotas ou dimensões reais da peça estão sujeitas às tolerâncias de posição, forma ou inclinação especificadas no quadro de tolerâncias (ver figuras 47 e 48).

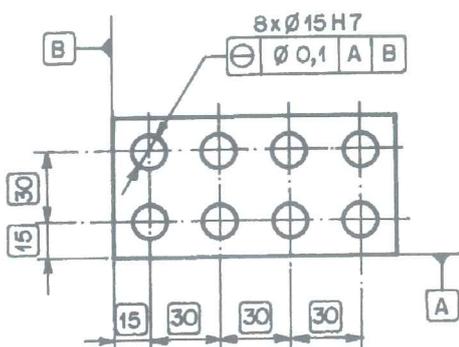


Figura 47

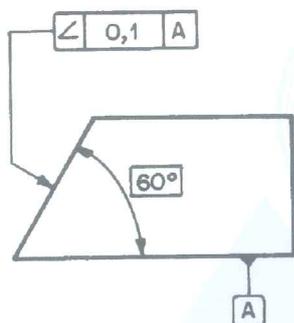


Figura 48

5.7.2 Campo de tolerância projetado

A tolerância de orientação e localização não deve ser aplicada ao próprio elemento, mas ao seu prolongamento. Tal campo, denominado campo de tolerância projetado, deve ser indicado pelo símbolo $\text{\textcircled{P}}$ (ver figura 49).

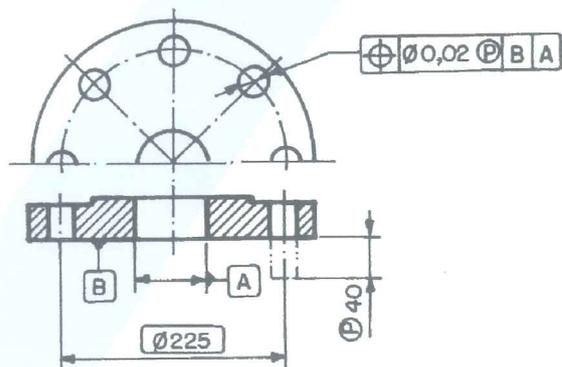


Figura 49

5.7.3 Condição de máximo material

A indicação da condição de máximo material é dada pelo símbolo $\text{\textcircled{M}}$, colocado após:

- o valor da tolerância (ver figura 50);



Figura 50

- o valor da referência (ver figura 51);



Figura 51

- o valor da tolerância e o valor da referência (ver figura 52).



Figura 52

5.8 Interpretação da tolerância

5.8.1 Quando necessário, por razões funcionais, uma ou mais características devem ser toleradas para definir a precisão geométrica do elemento. Quando a precisão geométrica de um elemento for definida por certos tipos de tolerância, outros erros deste elemento, em alguns casos, são limitados por esta tolerância (por exemplo, erro de retitude é limitado pela tolerância de paralelismo). Assim, raramente é necessário indicar todas estas características, uma vez que os outros erros estão incluídos no campo de tolerância definido pelo símbolo especificado.

NOTA - Alguns tipos de tolerância não controlam outros erros (por exemplo, tolerância de retitude não limita erros de paralelismo).

5.8.2 Alguns campos de tolerância (por exemplo, retitude de uma linha ou de um eixo em uma direção apenas) podem ser representados graficamente de duas maneiras diferentes:

- por dois planos paralelos afastados de uma distância "t" (ver figura 53);

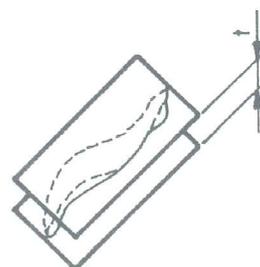


Figura 53

- por duas linhas retas paralelas afastadas de uma distância "t" (ver figura 54).

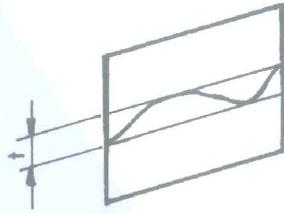


Figura 54

NOTA - Não há diferença de significado nas duas representações (a tolerância é válida para a direção indicada pela seta). A representação simplificada (figura 54) é a normalmente adotada nesta Norma.

5.9 Descrição das tolerâncias

5.9.1 Retitude de uma linha

5.9.1.1 O campo de tolerância é limitado por duas linhas paralelas afastadas de uma distância "t", se a tolerância for especificada somente em um plano (ver figura 55). Ver exemplos de aplicação nas figuras 56 e 57.



Figura 55

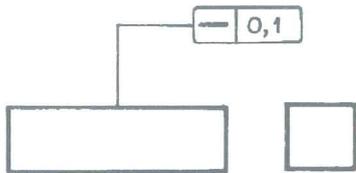


Figura 56

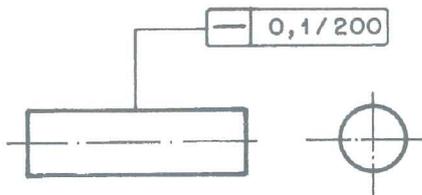


Figura 57

A superfície deve, em cada seção, estar contida entre duas linhas retas paralelas, afastadas em 0,1 mm (ver figura 56). Em cada comprimento, livremente escolhido, de 200 mm, cada geratriz deve estar contida dentro de duas linhas retas paralelas, afastadas em 0,1 mm (ver figura 57).

5.9.1.2 O campo de tolerância é limitado por um paralelepípedo de seção transversal "t₁ x t₂", se a tolerância for especificada em dois planos perpendiculares entre si (ver figura 58). Ver exemplo de aplicação na figura 59.

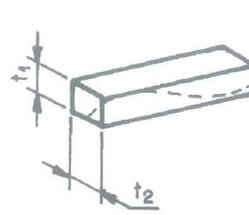


Figura 58

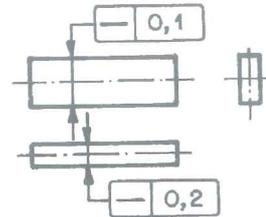


Figura 59

A linha de centro da peça deve estar contida dentro de um paralelepípedo de seção transversal 0,1 mm na vertical e 0,2 mm na horizontal (ver figura 59).

5.9.1.3 O campo de tolerância é limitado por um cilindro com diâmetro "t", se o valor da tolerância for precedido pelo símbolo Ø (ver figura 60). Ver exemplo de aplicação na figura 61.

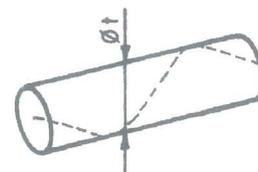


Figura 60

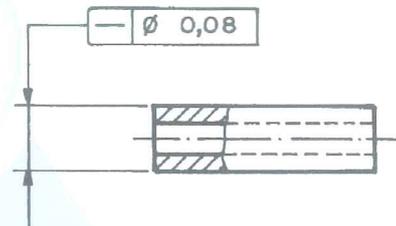


Figura 61

A linha de centro do cilindro tolerado deve estar contida dentro de um cilindro com diâmetro 0,08 mm (ver figura 61).

5.9.2 Tolerância de planeza

O campo de tolerância é limitado por dois planos paralelos afastados de uma distância "t" (ver figura 62). Ver exemplo na figura 63.

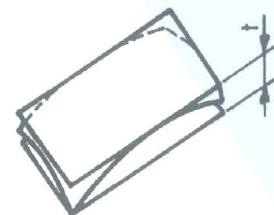


Figura 62

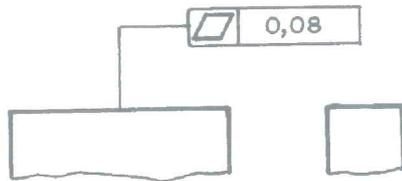


Figura 63

A superfície deve estar contida entre dois planos afastados em 0,08 mm (ver figura 63).

5.9.3 Tolerância de circularidade

O campo de tolerância é limitado na seção de medição por dois círculos concêntricos, afastados de uma distância "t" (ver figura 64). Ver exemplos de aplicação nas figuras 65 e 66.

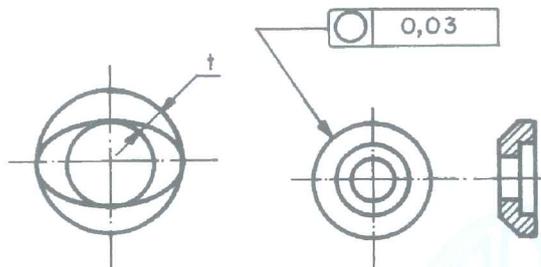


Figura 64



Figura 65

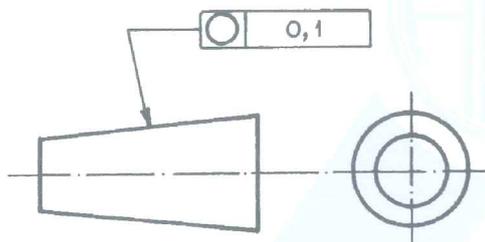


Figura 66

A circunferência deve estar contida entre dois círculos concêntricos no mesmo plano, afastados em 0,03 mm (ver figura 65).

A circunferência deve, em cada seção, estar contida dentro de dois círculos concêntricos, afastados em 0,1 mm (ver figura 66).

5.9.4 Tolerância de cilindridade

O campo de tolerância é limitado por dois cilindros coaxiais, afastados de uma distância "t" (ver figura 67). Ver exemplo de aplicação na figura 68.

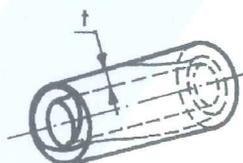


Figura 67

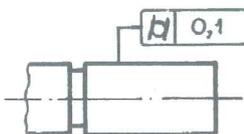


Figura 68

A superfície do cilindro deve estar contida entre dois cilindros coaxiais, afastados em 0,1 mm (ver figura 68).

5.9.5 Tolerância de forma de uma linha qualquer

O campo de tolerância é limitado por duas linhas geradas por círculo de diâmetro "t", cujo centro situa-se sobre a linha geométrica teórica (ver figura 69). Ver exemplo de aplicação na figura 70.



Figura 69

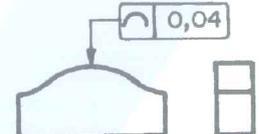


Figura 70

Em cada seção paralela ao plano de projeção, o perfil considerado deve estar contido entre duas linhas geradas por círculos com 0,04 mm de diâmetro, cujos centros se situam sobre uma linha geométrica teórica (ver figura 70).

5.9.6 Tolerância de forma de uma superfície qualquer

O campo de tolerância é limitado por duas superfícies geradas por esfera de diâmetro "t", cujos centros situam-se sobre a superfície geométrica teórica (ver figura 71). Ver exemplo de aplicação na figura 72.



Figura 71

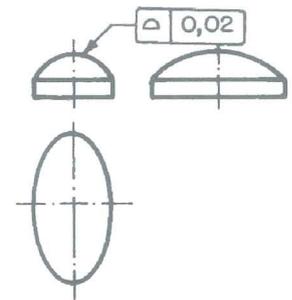


Figura 72

A superfície deve estar compreendida entre duas superfícies geradas por esferas com 0,02 mm de diâmetro, cujos centros situam-se sobre a superfície geométrica teórica (ver figura 72).

5.9.7 Tolerância de paralelismo

5.9.7.1 Tolerância de paralelismo de uma linha em relação a uma linha de referência

5.9.7.1.1 O campo de tolerância é limitado por duas linhas retas paralelas, afastadas de uma distância "t" e paralelas à linha de referência, se a tolerância for especificada em um só plano (ver figura 73). Ver exemplo de aplicação nas figuras 74 e 75.

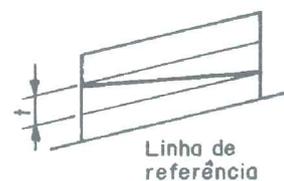


Figura 73

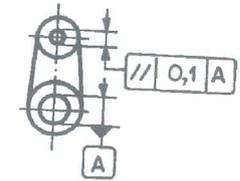


Figura 74

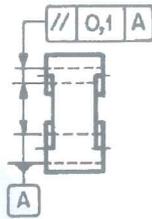


Figura 75

A linha de centro do furo superior deve estar contida entre duas retas afastadas em 0,1 mm, que são paralelas à linha de centro do furo inferior (linha de referência A). A tolerância se aplica somente no plano vertical (ver figuras 74 e 75).

5.9.7.1.2 O campo de tolerância, quando projetado em um plano, é limitado por duas retas paralelas, afastadas de uma distância "t" e paralelas à reta de referência, se a tolerância for especificada em uma única direção (ver figuras 73 e 76). Ver exemplo de aplicação na figura 77.

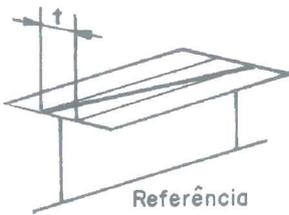


Figura 76

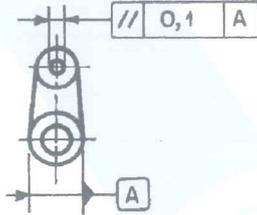


Figura 77

A linha de centro do furo superior deve estar contida entre duas retas afastadas em 0,1 mm, que são paralelas à linha de centro do furo inferior (linha de referência A). A tolerância somente se aplica no plano horizontal (ver figura 77).

5.9.7.1.3 O campo de tolerância é limitado por um paralelepípedo de seção transversal $t_1 \times t_2$ e paralelo à linha de referência, se a tolerância for especificada em duas direções perpendiculares entre si (ver figura 78). Ver exemplos de aplicação nas figuras 79 e 80.

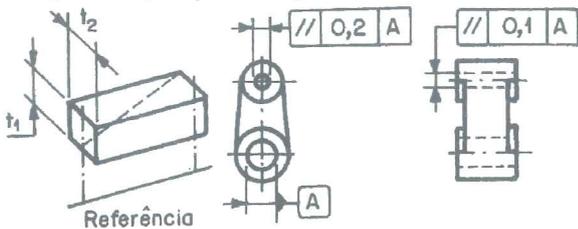


Figura 78

Figura 79

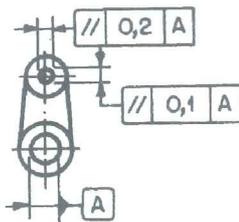


Figura 80

A linha de centro do furo superior deve estar contida no paralelepípedo de seção transversal 0,1 mm na vertical e 0,2 mm na horizontal. O paralelepípedo deve estar paralelo à linha de centro do furo inferior (linha de referência A) (ver figuras 79 e 80).

5.9.7.1.4 O campo de tolerância é limitado por um círculo de diâmetro "t" paralelo à linha de referência, se o valor for precedido pelo símbolo \varnothing (ver figura 81). Ver exemplo de aplicação na figura 82.

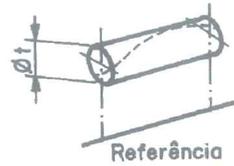


Figura 81

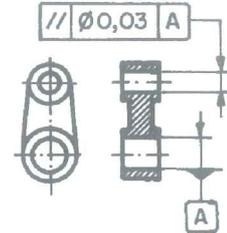


Figura 82

A linha do furo superior deve estar contida dentro de um campo cilíndrico de diâmetro 0,03 mm, paralelo à linha de centro do furo inferior (linha de referência A) (ver figura 82).

5.9.7.2 Tolerância de paralelismo de uma linha em relação a uma superfície de referência

O campo de tolerância é limitado por dois planos paralelos, afastados de uma distância "t" e paralelos à superfície de referência (ver figura 83). Ver exemplo de aplicação na figura 84.

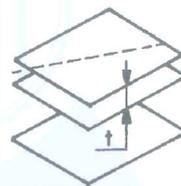


Figura 83

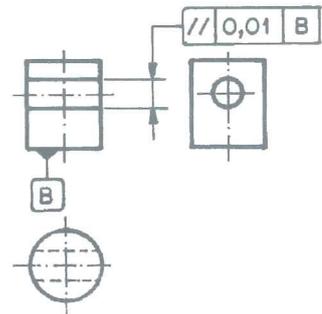


Figura 84

A linha de centro do furo deve estar contida entre dois planos afastados em 0,01 mm e paralelos à superfície de referência B (ver figura 84).

5.9.7.3 Tolerâncias de paralelismo de uma superfície em relação a uma linha de referência

O campo de tolerância é limitado por dois planos paralelos afastados de uma distância "t" e paralelos a uma linha de referência (ver figura 85). Ver exemplo de aplicação na figura 86.

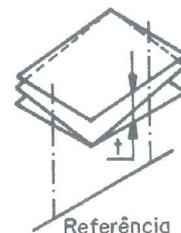


Figura 85

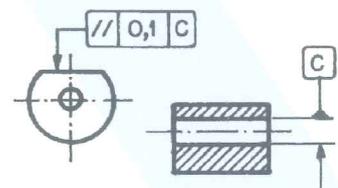


Figura 86

A superfície superior deve estar contida entre dois planos paralelos, afastados em 0,1 mm e paralelos à linha de centro do furo (linha de referência C) (ver figura 86).

5.9.7.4 Tolerância de paralelismo de uma superfície em relação a uma superfície de referência

O campo de tolerância é limitado por dois planos paralelos afastados de uma distância "t" e paralelos à superfície de referência (ver figura 87). Ver exemplo de aplicação nas figuras 88 e 89.



Figura 87

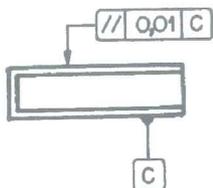


Figura 88

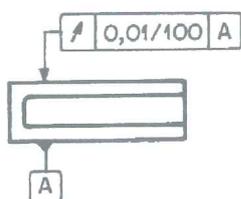


Figura 89

A superfície superior deve estar contida entre dois planos paralelos afastados em 0,01 mm e paralelos à superfície inferior (superfície de referência D) (ver figura 88).

Todos os pontos, em qualquer comprimento de 100 mm da superfície superior, devem estar contidos entre dois planos paralelos, afastados em 0,01 mm e paralelos à superfície superior (plano de referência A) (ver figura 89).

5.9.8 Tolerância de perpendicularidade

5.9.8.1 Tolerância de perpendicularidade de uma linha em relação a uma linha de referência

O campo de tolerância, quando projetado em um plano, é limitado por duas retas paralelas, afastadas de uma distância "t" e perpendiculares à linha de referência (ver figura 90). Ver exemplo de aplicação na figura 91.

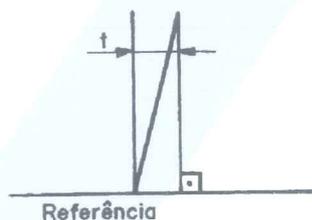


Figura 90

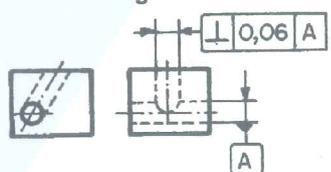


Figura 91

A linha de centro do furo inclinado deve estar contida entre duas linhas paralelas, afastadas de 0,06 mm e perpendiculares à linha de centro do furo horizontal (linha de referência A).

5.9.8.2 Tolerância de perpendicularidade de uma linha em relação a uma superfície de referência

5.9.8.2.1 O campo de tolerância, quando projetado em um plano é limitado por duas retas paralelas, afastadas de uma distância "t" e perpendiculares à superfície de referência, se a tolerância for especificada somente em uma direção (ver figura 92). Ver exemplo de aplicação na figura 93.

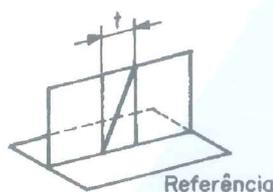


Figura 92

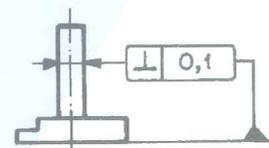


Figura 93

A linha de centro do cilindro deve estar contida entre duas retas paralelas, afastadas em 0,1 mm e perpendiculares à superfície da base (superfície de referência) (ver figura 93).

5.9.8.2.2 O campo de tolerância é limitado por um paralelepípedo de seção transversal $t_1 \times t_2$ e perpendicular ao plano de referência, se a tolerância for especificada em duas direções perpendiculares entre si (ver figura 94). Ver exemplo de aplicação na figura 95.

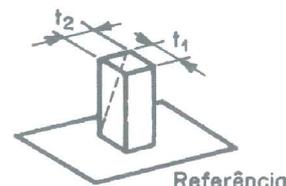


Figura 94

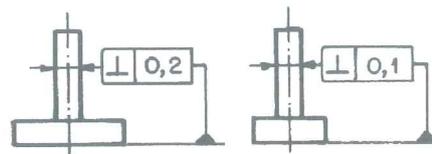


Figura 95

A linha de centro do cilindro deve estar contida em um paralelepípedo de seção transversal 0,1 x 0,2 mm, que é perpendicular à superfície da base (superfície de referência) (ver figura 95).

5.9.8.2.3 O campo de tolerância é limitado por um cilindro de diâmetro "t" perpendicular à superfície de referência, se o valor da tolerância for precedido pelo símbolo \varnothing (ver figura 96). Ver exemplo de aplicação na figura 97.

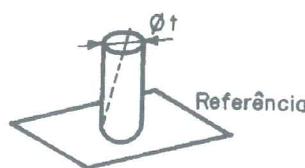


Figura 96

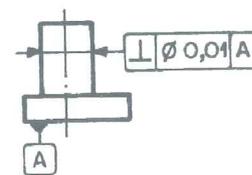


Figura 97

A linha de centro da peça deve estar contida em um cilindro de diâmetro 0,01 mm perpendicular à superfície da base (superfície de referência A).

5.9.8.3 Tolerância de perpendicularidade de uma superfície em relação a uma linha de referência

O campo de tolerância é limitado por dois planos paralelos afastados de uma distância "t" e perpendiculares à linha de referência (ver figura 98). Ver exemplo de aplicação na figura 99.

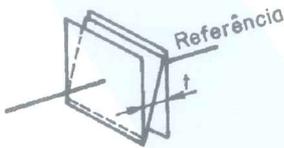


Figura 98

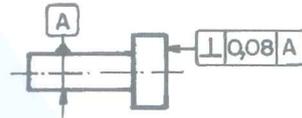


Figura 99

A superfície deve estar contida entre dois planos paralelos, afastados em 0,08 mm e perpendiculares ao eixo (linha de referência A).

5.9.8.4 Tolerância de perpendicularidade de uma superfície em relação a uma superfície de referência

O campo de tolerância é limitado por dois planos paralelos, afastados de uma distância "t" e perpendiculares à superfície de referência (ver figura 100). Ver exemplo de aplicação na figura 101.

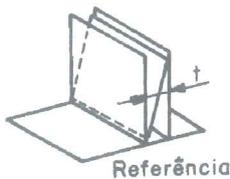


Figura 100

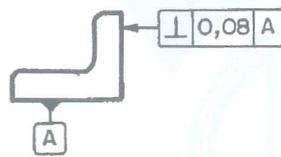


Figura 101

A superfície deve estar contida entre dois planos paralelos, afastados em 0,08 mm e perpendiculares à superfície horizontal (superfície de referência A) (ver figura 101).

5.9.9 Tolerância de inclinação

5.9.9.1 Tolerância de inclinação de uma linha em relação a uma linha de referência

5.9.9.1.1 Linha e linha de referência em um mesmo plano

O campo de tolerância é limitado por duas retas paralelas, afastadas de uma distância "t" e inclinadas em relação à linha de referência com ângulo especificado (ver figura 102). Ver exemplo de aplicação na figura 103.

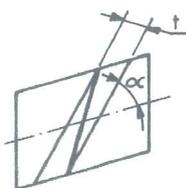


Figura 102

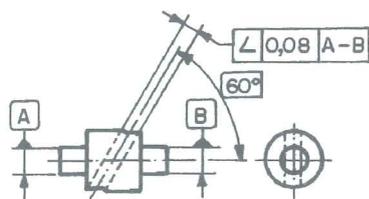


Figura 103

A linha de centro do furo deve estar contida entre duas retas paralelas, afastadas em 0,08 mm e inclinadas em 60° em relação à linha de centro (linha de referência A-B) (ver figura 103).

5.9.9.1.2 Linha e linha de referência em dois planos distintos

Se a linha considerada e a linha de referência estiverem em planos diferentes, o campo de tolerância é aplicado à projeção da linha considerada em um plano contendo a linha de referência e paralelo à linha considerada (ver figura 104). Ver exemplo de aplicação na figura 105.

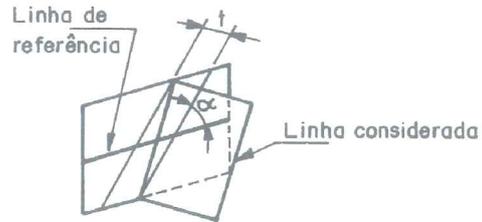


Figura 104

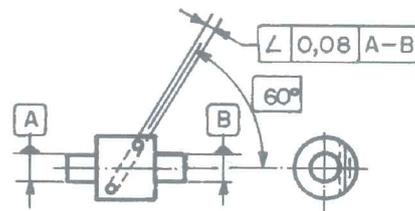


Figura 105

A linha de centro do furo, projetada em um plano contendo a linha de referência A-B, deve estar contida entre duas retas paralelas afastadas em 0,08 mm e inclinadas em 60° em relação à linha de referência A-B (ver figura 105).

5.9.9.2 Tolerância de inclinação de uma linha em relação a uma superfície de referência

O campo de tolerância, quando projetado em um plano, é limitado por duas retas paralelas, afastadas de uma distância "t" e inclinadas em relação à superfície de referência com ângulo especificado (ver figura 106). Ver exemplo de aplicação na figura 107.

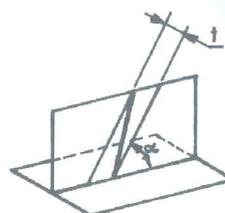


Figura 106

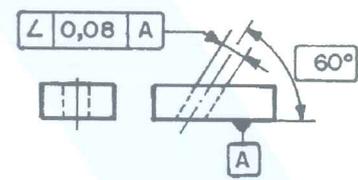


Figura 107

A linha de centro do furo deve estar contida entre duas retas paralelas, afastadas em 0,08 mm e inclinadas em 60°, em relação à superfície de referência A (ver figura 107).

5.9.9.3 Tolerância de inclinação de uma superfície em relação a uma linha de referência

O campo de tolerância é limitado por dois planos paralelos, afastados de uma distância "t" e inclinados em relação à linha de referência, com ângulo especificado (ver figura 108). Ver exemplo de aplicação na figura 109.

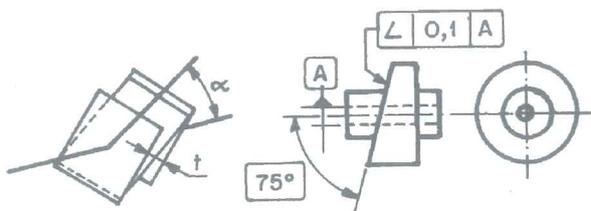


Figura 108

Figura 109

A superfície inclinada deve estar contida entre dois planos paralelos, afastados em 0,1 mm e inclinados em 75° em relação à linha de referência A (ver figura 109).

5.9.9.4 Tolerância de inclinação de uma superfície em relação a uma superfície de referência

O campo de tolerância é limitado por dois planos paralelos, afastados de uma distância "t" e inclinados em relação à superfície de referência com o ângulo especificado (ver figura 110). Ver exemplo de aplicação na figura 111.

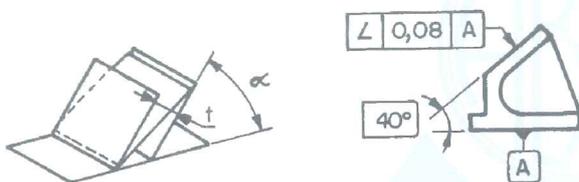


Figura 110

Figura 111

A superfície inclinada deve estar contida entre dois planos paralelos, afastados em 0,08 mm e inclinados em 40° em relação à superfície de referência A (ver figura 111).

5.9.10 Tolerância de posição

5.9.10.1 Tolerância de posição de um ponto

O campo de tolerância é limitado por um círculo de diâmetro "t", com o centro na posição teórica (ver figura 112). Ver exemplo de aplicação na figura 113.

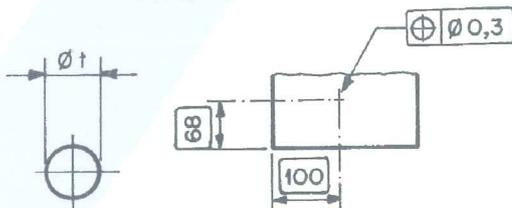


Figura 112

Figura 113

O ponto de interseção deve estar contido no círculo com o diâmetro 0,3 mm e centro na posição teórica de interseção (ver figura 113).

5.9.10.2 Tolerância de forma e posição de uma linha

5.9.10.2.1 O campo de tolerância é limitado por duas retas paralelas, afastadas de uma distância "t" e dispostas simetricamente em relação à posição teórica das linhas consideradas, se a tolerância for especificada em uma única direção (ver figura 114). Ver exemplo de aplicação na figura 115.

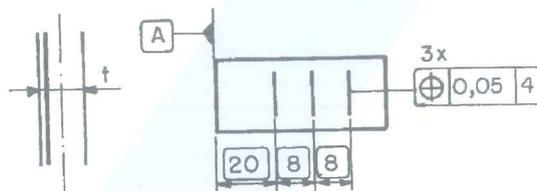


Figura 114

Figura 115

Cada uma das linhas deve estar contida entre duas retas paralelas, afastadas em 0,05 mm e dispostas simetricamente em relação à posição teórica (ver figura 115).

5.9.10.2.2 O campo de tolerância é limitado por um paralelepípedo de seção transversal $t_1 \times t_2$, cuja linha de centro está na posição teórica, se a tolerância for especificada em direções perpendiculares entre si (ver figura 116). Ver exemplo de aplicação na figura 117.

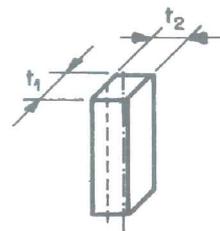


Figura 116

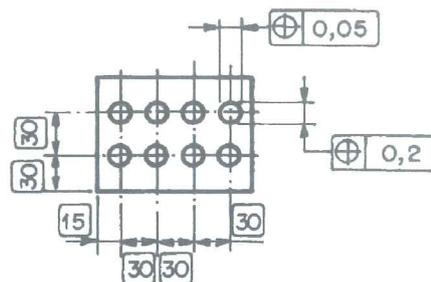


Figura 117

5.9.10.2.3 O campo de tolerância é limitado por um cilindro de diâmetro "t" e com linha de centro na posição teórica, se o valor tolerado for precedido pelo símbolo \varnothing (ver figura 118). Ver exemplo de aplicação nas figuras 119 e 120.

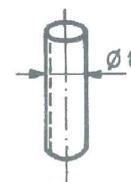


Figura 118

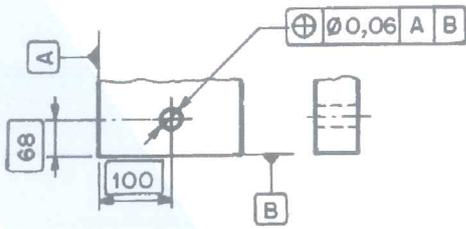


Figura 119

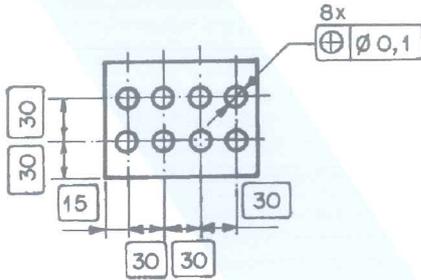


Figura 120

A linha de centro do furo deve estar contida dentro de um cilindro de diâmetro 0,06 mm e com linha de centro na posição teórica do furo (ver figura 119).

A linha de centro de cada um dos oito furos deve estar contida dentro de um cilindro de diâmetro 0,1 mm e linha de centro na posição teórica dos centros dos furos (ver figura 120).

5.9.10.3 Tolerância de posição de uma superfície plana ou de um plano médio

O campo de tolerância é limitado por dois planos paralelos, afastados de uma distância "t" e dispostos simetricamente em relação à posição teórica da superfície considerada (ver figura 121). Ver exemplo de aplicação na figura 122.

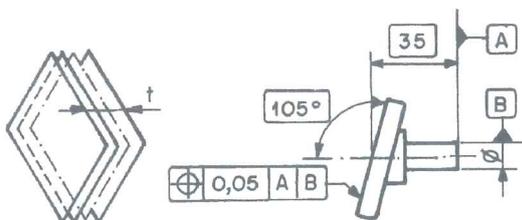


Figura 121

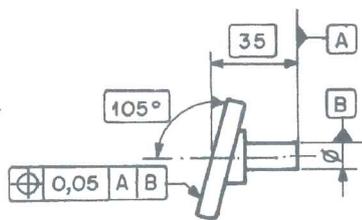


Figura 122

A superfície inclinada deve estar contida entre dois planos paralelos, afastados em 0,05 mm e simetricamente dispostos em relação à posição teórica da superfície considerada em relação à superfície de referência A e à linha de referência B (ver figura 122).

5.9.11 Tolerância de concentricidade

5.9.11.1 Tolerância de concentricidade de um ponto

O campo de tolerância é limitado por um círculo de diâmetro "t", cujo centro coincide com o centro de referência, se o valor da tolerância for precedido pelo símbolo \varnothing (ver figura 123). Ver exemplo de aplicação na figura 124.



Figura 123

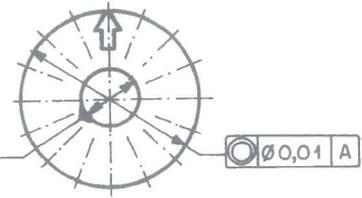


Figura 124

O centro de um círculo ao qual o quadro de tolerância está ligado deve estar contido em um círculo de diâmetro 0,01 mm, concêntrico com o centro do círculo A (centro de referência) (ver figura 124).

5.9.12 Tolerância de coaxialidade

5.9.12.1 Tolerância de coaxialidade de um eixo

O campo de tolerância é limitado por um cilindro de diâmetro "t", cuja linha de centro coincide com a linha de referência, se o valor da tolerância for precedido pelo símbolo \varnothing (ver figura 125). Ver exemplo de aplicação na figura 126.

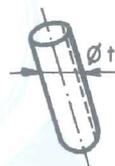


Figura 125

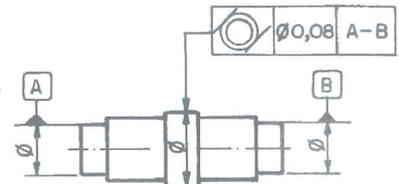


Figura 126

A linha de centro do cilindro ao qual o quadro de tolerância está ligado deve estar contida em um campo cilíndrico de diâmetro 0,08 mm, coaxial com a linha de centro A-B (ver figura 126).

5.9.13 Tolerância de simetria

5.9.13.1 Tolerância de simetria de um plano médio

O campo de tolerância é limitado por dois planos paralelos, afastados de uma distância "t" e dispostos simetricamente em relação à linha de referência ou plano de referência (ver figura 127). Ver exemplo de aplicação na figura 128.



Figura 127

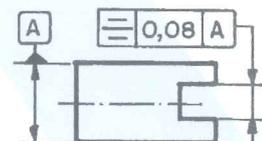


Figura 128

O plano médio do rasgo deve estar contido entre dois planos paralelos, afastados em 0,08 mm e simetricamente dispostos em torno do plano médio do elemento de referência A (ver figura 128).

5.9.13.2 Tolerância de simetria de uma linha ou de um eixo

5.9.13.2.1 O campo de tolerância é limitado por duas retas paralelas, ou dois planos paralelos, afastados de uma distância "t" e dispostos simetricamente em relação à linha de referência ou plano de referência, se a tolerância for especificada em uma única direção (ver figura 129). Ver exemplo de aplicação na figura 130.

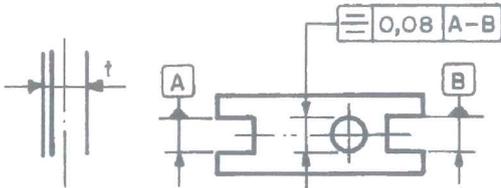


Figura 129

Figura 130

A linha de centro de um furo deve estar contida entre dois planos paralelos que estão afastados em 0,08 mm e simetricamente dispostos em relação ao plano médio comum dos rasgos de referência A e B (ver figura 130).

5.9.13.2.2 O campo de tolerância é limitado por um paralelepípedo de seção transversal $t_1 \times t_2$, cuja linha de centro coincide com a linha de referência, se a tolerância for especificada em duas direções perpendiculares entre si (ver figura 131). Ver exemplo de aplicação na figura 132.

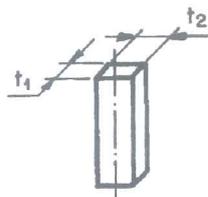


Figura 131

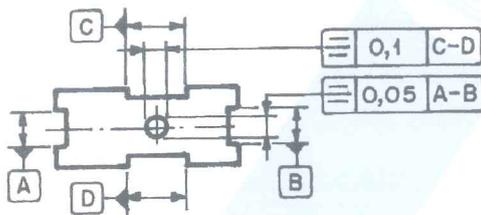


Figura 132

A linha de centro do furo deve estar contida em um paralelepípedo de 0,1 mm x 0,05 mm e sua linha de centro coincide com a linha definida pela interseção dos planos médios A-B e C-D (ver figura 132).

5.9.14 Tolerância de batimento

5.9.14.1 Tolerância de batimento circular

5.9.14.1.1 Tolerância de batimento circular radial

O campo de tolerância é limitado, em qualquer plano perpendicular à linha de centro, por dois círculos concêntricos, afastados de uma distância "t", cujos centros coincidem com a linha de referência (ver figura 133).

Esta definição pode também ser aplicada a setores de círculo (ver figura 134).

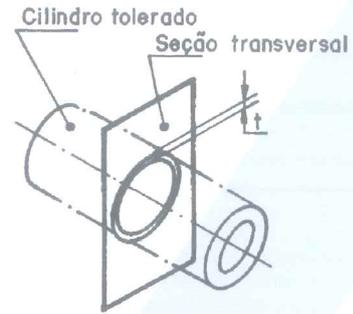


Figura 133

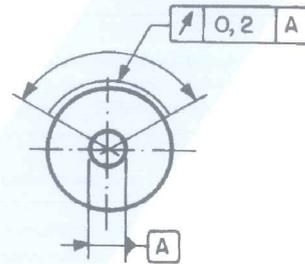


Figura 134

O batimento radial não deve ser maior que 0,1 mm em qualquer plano, durante uma rotação completa em torno da linha de centro comum de A e B (eixo de referência) (ver figura 135).

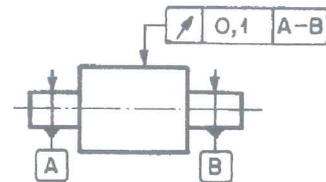


Figura 135

O batimento radial, na parte tolerada, não deve ser maior que 0,2 mm em qualquer plano durante a rotação em torno do centro do furo A (ver figura 136).

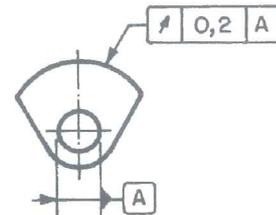


Figura 136

5.9.14.1.2 Tolerância de batimento circular axial

O campo de tolerância é limitado em qualquer posição radial por duas circunferências idênticas, afastadas axialmente de uma distância "t", definindo uma superfície cilíndrica cuja linha de centro coincide com a linha de referência (ver figura 137). Ver exemplo de aplicação na figura 138.



Figura 137

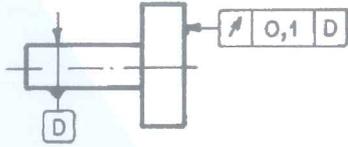


Figura 138

O batimento não deve ser maior que 0,1 mm em qualquer posição radial, durante uma rotação em torno da linha de referência D (ver figura 128).

5.9.14.1.3 Tolerância de batimento circular em qualquer direção

O campo de tolerância é limitado por duas circunferências, afastadas radialmente de uma distância "t", pertencentes a uma superfície de revolução cuja linha de centro coincide com a linha de referência. A menos que especificado em contrário, a direção de medição é perpendicular à superfície (ver figura 139). Ver exemplo de aplicação na figura 140.

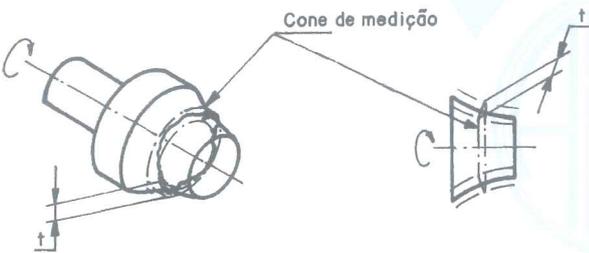


Figura 139

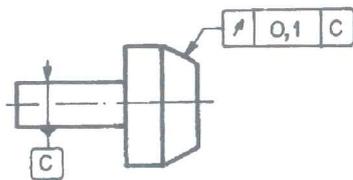


Figura 140

O batimento não deve ser maior que 0,1 mm na direção da seta, quando medida em qualquer seção transversal durante uma rotação em torno da linha de referência C (ver figura 140).

O batimento não deve ser maior que 0,1 mm em uma direção perpendicular à tangente da superfície em qualquer seção transversal durante uma rotação em torno da linha de referência C (ver figura 141).

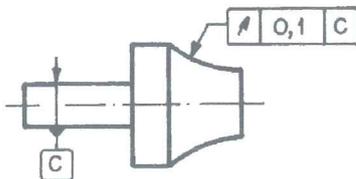


Figura 141

5.9.14.1.4 Tolerância de batimento circular em uma direção especificada

O campo de tolerância é limitado por duas circunferências, afastadas radialmente de uma distância "t", pertencentes a qualquer superfície de revolução com ângulo especificado, cuja linha de centro coincide com a linha de referência (ver figura 142). Ver exemplo de aplicação na figura 143.

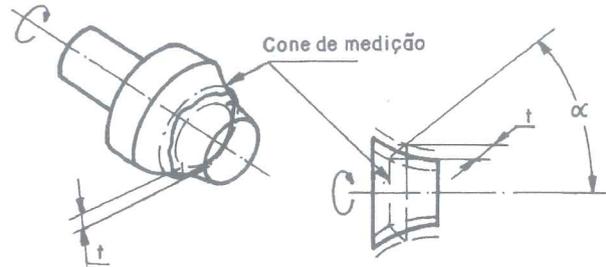


Figura 142

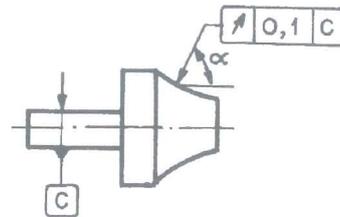


Figura 143

O batimento, na direção especificada, não deve ser maior que 0,1 mm em qualquer seção transversal, durante uma rotação, em torno da linha de referência C (ver figura 143).

5.9.14.2 Tolerância de batimento total

5.9.14.2.1 Tolerância de batimento total radial

O campo de tolerância é limitado por duas superfícies cilíndricas coaxiais, afastadas de uma distância "t", cujas linhas de centro coincidem com a linha de referência (ver figura 144). Ver exemplo de aplicação na figura 145.

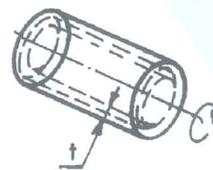


Figura 144

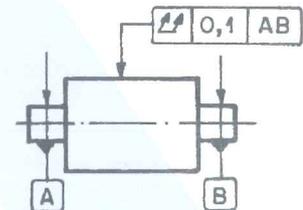


Figura 145

O batimento total radial não deve ser maior que 0,1 mm em qualquer ponto especificado da superfície, durante várias rotações em torno da linha de referência A-B e com movimento axial relativo entre peça e instrumento de medição. No movimento relativo o instrumento de medição, ou a peça, deve ser guiado ao longo de uma linha, tendo forma teórica perfeita e posição correta em relação à linha de referência (ver figura 145).

5.9.14.2.2 Tolerância de batimento total axial

O campo de tolerância é limitado por dois planos paralelos, afastados de uma distância "t" e perpendicular à linha de referência (ver figura 146). Ver exemplo de aplicação na figura 147.

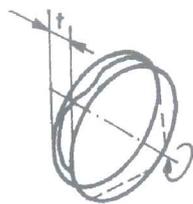


Figura 146

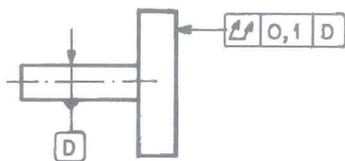


Figura 147

O batimento da superfície não deve ser maior que 0,1 mm em qualquer ponto especificado da superfície, durante várias rotações em torno da linha de referência D e com movimentos radiais relativos entre o instrumento de medição e a peça. No movimento relativo, o instrumento de medição, ou a peça, deve ser guiado ao longo de uma linha, tendo forma teórica perfeita e posição correta em relação à linha de referência (ver figura 147).