

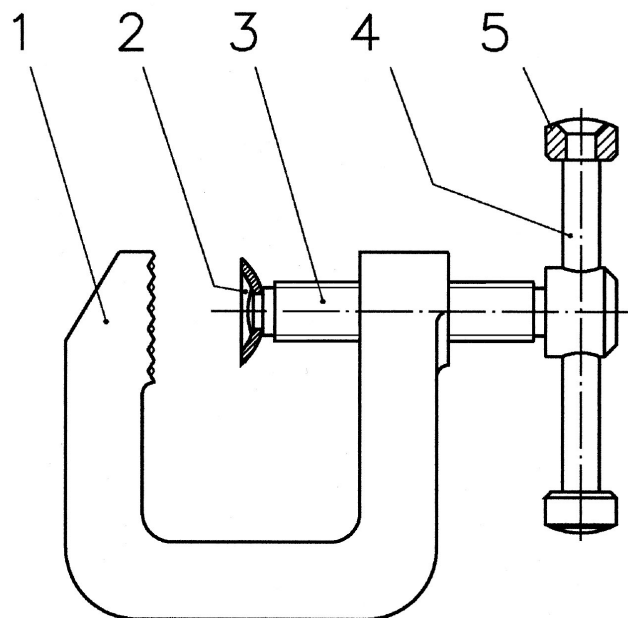
SENAI

Curso Técnico de Mecatrônica

Desenho Técnico

DET

Volume 3



1º semestral

Desenho Técnico

© SENAI- SP, 1999

Trabalho elaborado pela Escola SENAI Roberto Simonsen- Centro Nacional de Tecnologia em Mecânica, do Departamento Regional de São Paulo.

<i>Coordenação Geral</i>	<i>Dionisio Pretel</i>
<i>Coordenação</i>	<i>Paulo Roberto Martins Laur Scalzaretto</i>
<i>Organização</i>	<i>Adriano Ruiz Secco Sílvio Audi</i>
<i>Editoração</i>	<i>Adriano Ruiz Secco Écio Gomes Lemos da Silva Sílvio Audi</i>

Adaptado de

*TC 2000 - Profissionalizante - Leitura e Interpretação de Desenho Técnico Mecânico
Iniciação ao Desenho (Desenho I) - SENAI-SP
Desenho com Instrumentos (Desenho II) - SENAI-SP*

*Escola SENAI Roberto Simonsen
Centro Nacional de Tecnologia em Mecânica
Rua Monsenhor Andrade, 298 – Brás
CEP 03008-000- São Paulo, SP
Tel. 011 229-5099 Fax 011.229-5099 r 229
E-mail rsimonsen@senai101.com.br
Home page: <http://www.senai101.com.br>*

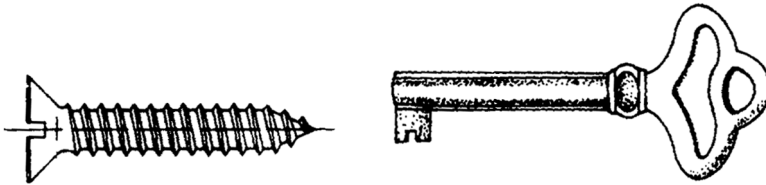
Sumário

	página
Escalas	3
Tolerância dimensional	17
Estado de superfície	45
Tolerância geométrica	67
Chavetas	93
Parafusos	103
Roscas	119
Rebites	128
Porcas	137
Rolamentos	144
Conjuntos mecânicos	156
Referências bibliográficas	191

Escalas

Antes de representar objetos, modelos, peças, etc. deve-se estudar o seu tamanho real. Tamanho real é a grandeza que as coisas têm na realidade.

Existem coisas que podem ser representadas no papel em tamanho real.



Mas, existem objetos, peças, animais, etc. que não podem ser representados em seu tamanho real. Alguns são muito grandes para caber numa folha de papel. Outros são tão pequenos, que se os reproduzíssemos em tamanho real seria impossível analisar seus detalhes.

Para resolver tais problemas, é necessário reduzir ou ampliar as representações destes objetos.

Manter, reduzir ou ampliar o tamanho da representação de alguma coisa é possível através da representação em escala. Escala é o assunto que você vai estudar nesta aula.

Escala

A escala é uma forma de representação que mantém as proporções das medidas lineares do objeto representado.

Em desenho técnico, a escala indica a relação do tamanho do desenho da peça com o tamanho real da peça. A escala permite representar, no papel, peças de qualquer tamanho real.

Nos desenhos em escala, as medidas lineares do objeto real ou são mantidas, ou então são aumentadas ou reduzidas proporcionalmente.

As dimensões angulares do objeto permanecem inalteradas. Nas representações em escala, as formas dos objetos reais são mantidas.

Exemplo.

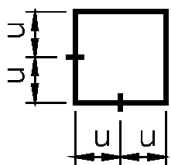


Figura A

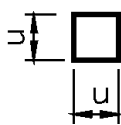


Figura B

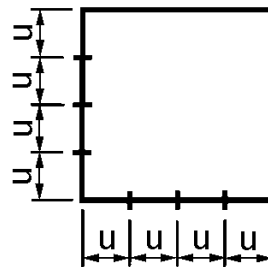


Figura C

A figura A é um quadrado, pois tem 4 lados iguais e quatro ângulos retos. Cada lado da figura A mede $2u$ (duas unidades de medida).

B e C são figuras semelhantes a A: Também possuem quatro lados iguais e quatro ângulos iguais. Mas, as medidas dos lados do quadrado B foram reduzidas proporcionalmente em relação às medidas dos lados do quadrado A. Cada lado de B é uma vez menor que cada lado correspondente de A.

Já os lados do quadrado C foram aumentados proporcionalmente, em relação aos lados do quadrado A. Cada lado de C é igual a duas vezes cada lado correspondente de A.

Note que as três figuras apresentam medidas dos lados proporcionais e ângulos iguais.

Então, podemos dizer que as figuras B e C estão representadas em escala em relação a figura A.

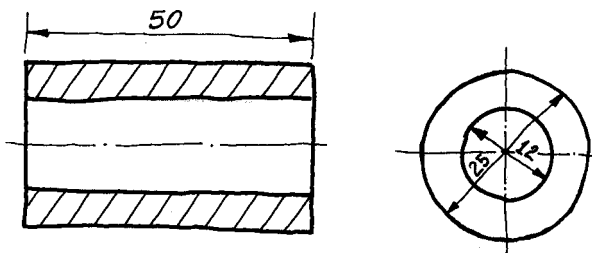
Existem três tipos de escala: natural, de redução e de ampliação.

A seguir você vai aprender a interpretar cada uma destas escalas, representadas em desenhos técnicos. Mas, antes saiba qual a importância da escala no desenho técnico rigoroso.

Desenho técnico em escala

O desenho técnico que serve de base para a execução da peça é, em geral, um desenho técnico rigoroso. Este desenho, também chamado de desenho técnico definitivo, é feito com instrumentos: compasso, régua, esquadro, ou até por computador.

Mas, antes do desenho técnico rigoroso é feito um esboço cotado, quase sempre à mão livre. O esboço cotado serve de base para o desenho rigoroso. Ele contém todas as cotas da peça bem definidas e legíveis, mantendo a forma da peça e as proporções aproximadas das medidas. Veja, a seguir, o esboço de uma bucha.

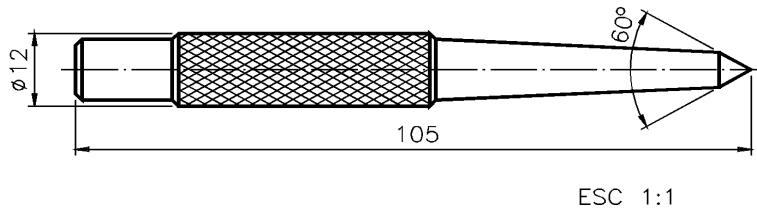


No esboço cotado, as medidas do objeto não são reproduzidas com exatidão.

No desenho técnico rigoroso, ao contrário, existe a preocupação com o tamanho exato da representação. O desenho técnico rigoroso deve ser feito em escala e esta escala deve vir indicada no desenho.

Escala natural

Escala natural é aquela em que o tamanho do desenho técnico é igual ao tamanho real da peça. Veja um desenho técnico em escala natural.



Você observou que no desenho aparece um elemento novo? É a indicação da escala em que o desenho foi feito.

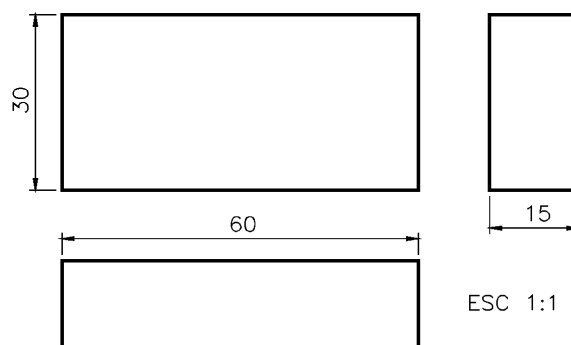
A indicação da escala do desenho é feita pela abreviatura da palavra escala: ESC , seguida de dois numerais separados por dois pontos. O numeral à esquerda dos dois pontos representa as medidas do desenho técnico. O numeral à direita dos dois pontos representa as medidas reais da peça.

Na indicação da escala natural os dois numerais são sempre iguais. Isso porque o tamanho do desenho técnico é igual ao tamanho real da peça.

A relação entre o tamanho do desenho e o tamanho do objeto é de 1:1 (lê-se um por um). A escala natural é sempre indicada deste modo: ESC 1:1.

Verificando o entendimento

Meça, com uma régua milimetrada, as dimensões do desenho técnico abaixo. Ele representa o modelo de plástico nº 31.

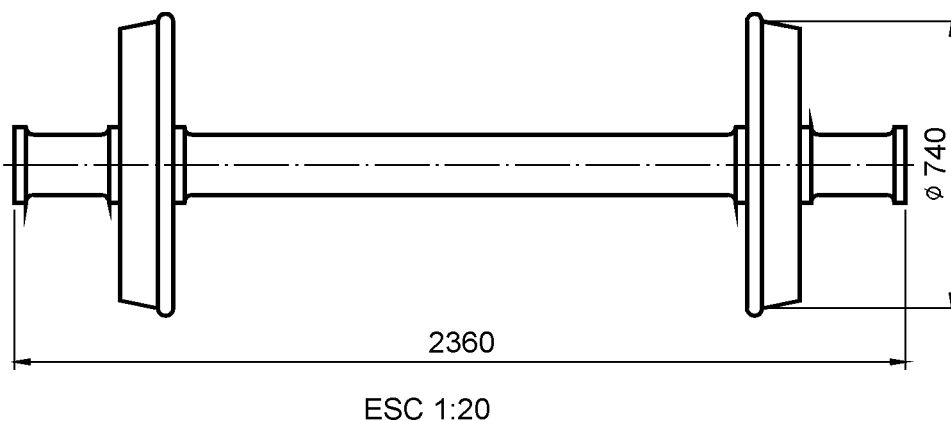


- a) As medidas do desenho coincidem com os valores numéricos indicados nas cotas? R.:
- b) Por que isso ocorre? R.:

As respostas esperadas são: a) sim, as medidas do desenho coincidem com as cotas indicadas; b) isso ocorre porque o desenho foi feito em escala natural. O tamanho do desenho é exatamente igual ao tamanho real do modelo.

Escala de redução

Escala de redução é aquela em que o tamanho do desenho técnico é menor que o tamanho real da peça. Veja um desenho técnico em escala de redução.



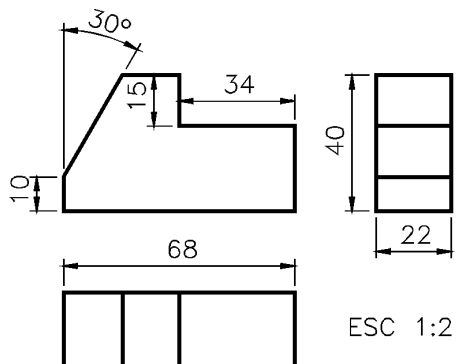
As medidas deste desenho são vinte vezes menores que as medidas correspondentes do rodeiro de vagão real. A indicação da escala de redução também vem junto do desenho técnico.

Na indicação da escala de redução o numeral à esquerda dos dois pontos é sempre 1. O numeral à direita é sempre maior que 1.

No desenho acima o objeto foi representado na escala de 1:20 (que se lê: um por vinte).

Verificando o entendimento

- a) Quantas vezes as medidas deste desenho são menores que as medidas correspondentes da peça real?

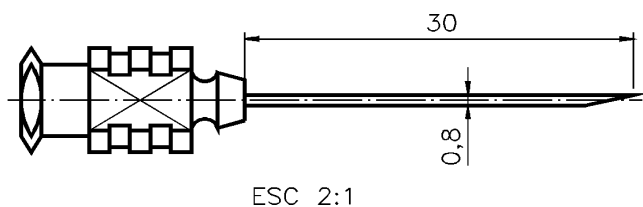


R.:

Veja bem! O desenho acima está representado em escala de redução porque o numeral que representa o tamanho do desenho é 1 e o numeral que representa o tamanho da peça é maior que 1. Neste exemplo, a escala usada é de 1:2 (um por dois). Logo, as medidas lineares deste desenho técnico são duas vezes menores que as medidas correspondentes da peça real. Se você medir as dimensões lineares do desenho verá que elas correspondem à metade da cota.

Escala de ampliação

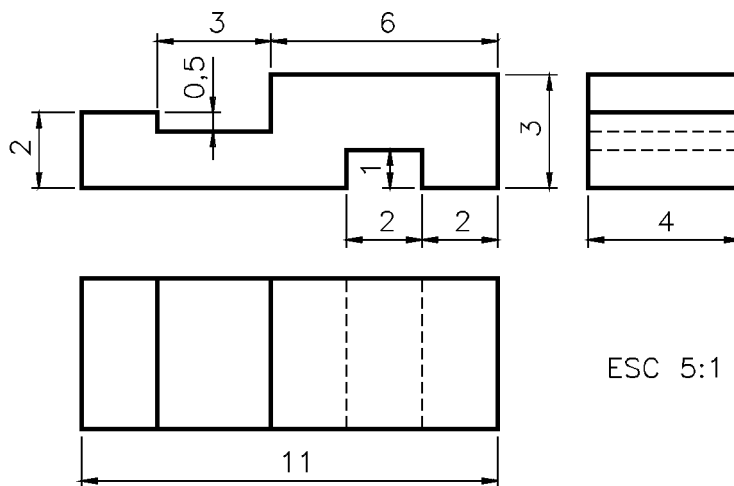
Escala de ampliação é aquela em que o tamanho do desenho técnico é maior que o tamanho real da peça. Veja o desenho técnico de uma agulha de injeção em escala de ampliação.



As dimensões deste desenho são duas vezes maiores que as dimensões correspondentes da agulha de injeção real. Este desenho foi feito na escala 2:1 (lê-se: dois por um).

A indicação da escala é feita no desenho técnico como nos casos anteriores: a palavra escala aparece abreviada (ESC), seguida de dois numerais separados por dois pontos. Só que, neste caso, o numeral da esquerda, que representa as medidas do desenho técnico, é maior que 1. O numeral da direita é sempre 1 e representa as medidas reais da peça.

Examine o próximo desenho técnico, também representado em escala e depois complete as questões.



Verificando o entendimento

- Na indicação da escala o numeral **5** refere-se às do desenho, enquanto o numeral **1** refere-se às medidas reais da representada.
- As medidas do desenho técnico são vezes maiores que as medidas reais da peça.

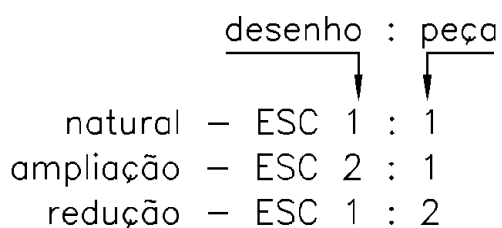
Veja, a seguir, as palavras que completam corretamente os espaços em branco: medidas, peça, cinco.

Lembre-se: na escala de ampliação o numeral que representa o tamanho do desenho técnico é sempre maior que o numeral que representa o tamanho real da peça.

Agora você já sabe, também, como se interpretam desenhos técnicos em escala de ampliação.

Escalas recomendadas

Você já aprendeu a ler e interpretar desenhos técnicos em escala natural, de redução e de ampliação. Recorde essas escalas:



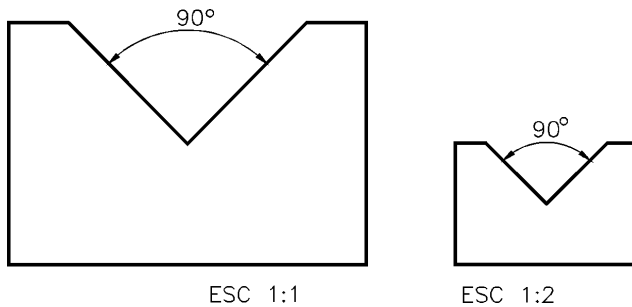
Nas escalas de ampliação e de redução os lugares ocupados pelo numeral **2** podem ser ocupados por outros numerais. Mas, a escolha da escala a ser empregada no desenho técnico não é arbitrária.

Veja, a seguir, as escalas recomendadas pela ABNT, através da norma técnica NBR 8196:1983

Categoria	Escalas recomendadas		
Escalas de ampliação	20 : 1	50 : 1	10 : 1
	2 : 1	5 : 1	
Escala Natural	1 : 1		
Escalas de redução	1 : 2	1 : 5	1 : 10
	1 : 20	1 : 5	1 : 100
	1 : 200	1 : 500	1 : 1 000
	1 : 2 000	1 : 5 000	1 : 10 000

Cotagem de ângulos em diferentes escalas

Observe os dois desenhos a seguir. O desenho da esquerda está representado em escala natural (1 : 1) e o desenho da direita, em escala de redução (1 : 2). As cotas que indicam a medida do ângulo (90°) aparecem nos dois desenhos.

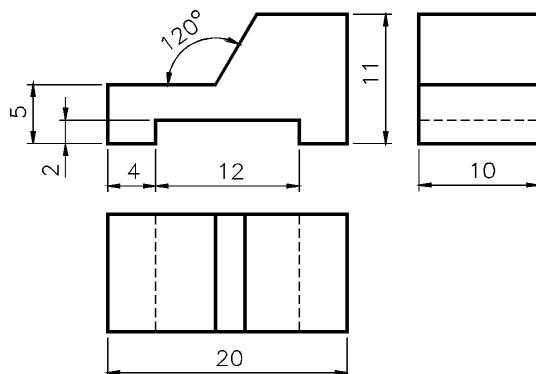


Além das cotas que indicam a medida do ângulo permanecerem as mesmas, neste caso, a abertura do ângulo também não muda. Variam apenas os tamanhos lineares dos lados do ângulo, que não influem no valor da sua medida em graus.

As duas peças são semelhantes, porém as medidas lineares da peça da direita são duas vezes menores que as medidas da peça da esquerda porque o desenho está representado em escala de redução.

Verificando o entendimento

Observe o modelo representado, meça suas dimensões e depois complete as questões nos espaços em branco, escolhendo a alternativa correta.



- a) Este desenho está representado em escala
..... (natural, de ampliação, de redução).
- b) As dimensões deste desenho são (duas, cinco)
vezes (maior, menor) que as dimensões reais da peça.
- c) A medida real do comprimento da peça é (20, 40);
logo, a medida do comprimento da peça no desenho é
..... (20, 40)
- d) A abertura do ângulo da peça, no desenho, é
(maior que, igual a, menor que) a abertura real do ângulo.
- e) O comprimento do lado do ângulo, no desenho é
..... (o mesmo, maior que, menor que) o comprimento
real do lado do ângulo na peça.

Agora, vamos às respostas.

- a) Este desenho está representado em escala de ampliação (2 : 1).
- b) As dimensões deste desenho são duas vezes maiores que as
dimensões reais da peça.
- c) A medida real do comprimento da peça é 20 mm, logo a me-
dida do comprimento da peça no desenho é 40 mm.
- d) A abertura do ângulo da peça, no desenho, é igual à abertura
real do ângulo (120°).
- e) O comprimento do lado do ângulo, no desenho, é maior que o
comprimento real do lado do ângulo, na peça.

Se você respondeu acertadamente a todos os itens, parabéns!
Você já pode passar para os exercícios de fixação desta aula
para treinar um pouco mais a leitura e a interpretação de dese-
nhos cotados em diversas escalas. Se você errou algum item é
melhor reler a instrução e voltar a analisar os exemplos com
muita atenção.

Exercícios

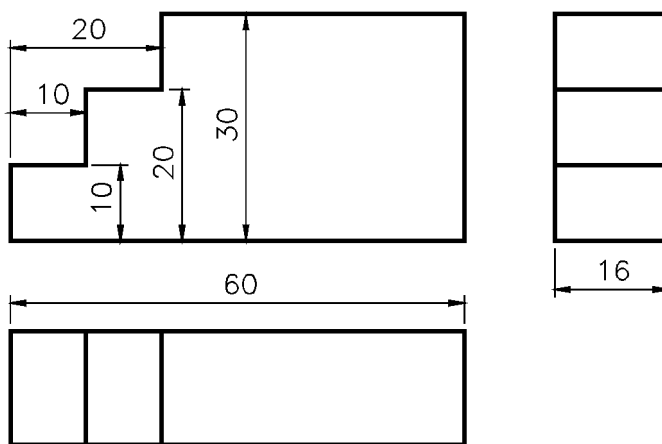
1. Complete as frases nas linhas indicadas, escrevendo a alter-
nativa correta.
 - a) Em escala natural o tamanho do desenho técnico é
..... tamanho real da peça.
 - maior que o;

- igual ao;
- menor que o.

b) Na indicação da escala, o numeral à esquerda dos dois pontos representa as

- medidas reais do objeto.
- medidas do desenho técnico.

2. Escreva na linha junto do desenho técnico a indicação de escala natural.



3. Complete as frases na linha indicada escrevendo a alternativa correta.

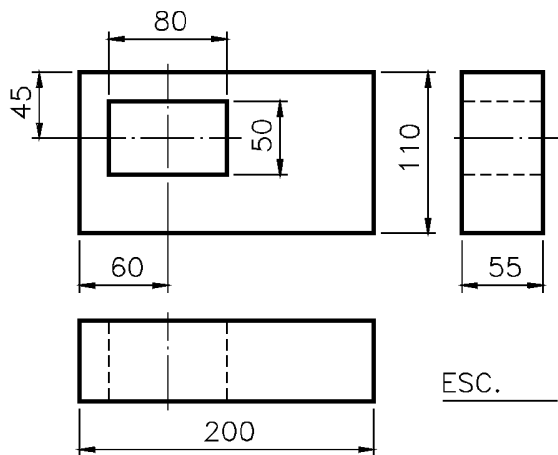
a) Em escala de redução o tamanho do desenho técnico é tamanho real da peça;

- maior que o;
- igual ao;
- menor que o.

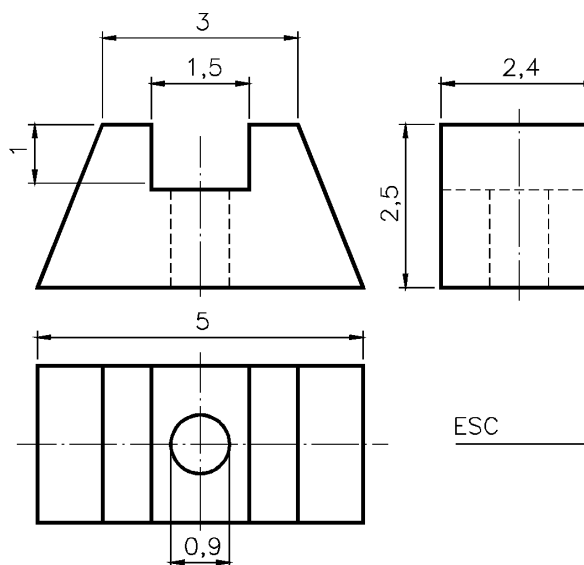
b) Na escala de redução, o numeral à direita dos dois pontos é sempre

- maior que 1;
- igual a 1;
- menor que 1.

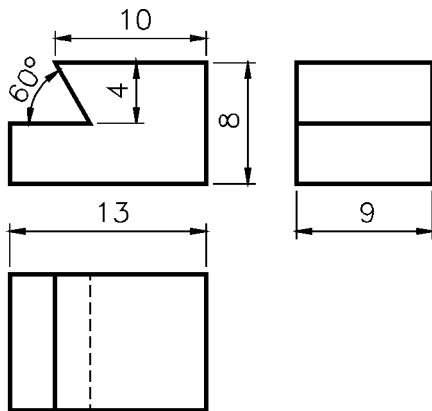
4. Meça as dimensões do desenho técnico abaixo e indique, na linha junto do desenho técnico, a escala em que ele está representado.



5. Assinale com um **X** a alternativa correta: o tamanho do desenho técnico em escala de ampliação é sempre:
- igual ao tamanho real da peça;
 - menor que o tamanho real da peça;
 - maior que o tamanho real da peça.
6. Faça um círculo em volta do numeral que representa as medidas da peça: ESC 10:1
7. Meça as dimensões do desenho técnico abaixo e indique a escala em que ele está representado.



8. Observe o desenho técnico abaixo e escreva C ao lado das afirmações corretas e E, ao lado das erradas.

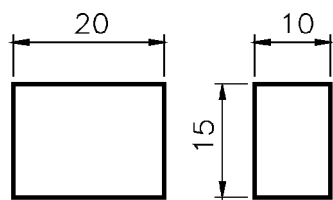


- a) () Este desenho técnico está representado em escala natural.
 b) () As medidas lineares do desenho são duas vezes menores que as medidas da peça representada.
 c) () A abertura do ângulo está ampliada em relação ao tamanho real do ângulo.
 d) () As medidas básicas desta peça são 13 mm, 8 mm e 9 mm.

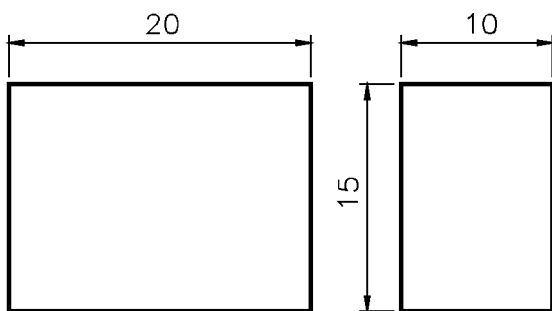
9. Complete as lacunas com os valores correspondentes:

Dimensão do desenho	Escala	Dimensão da peça
	1 : 1	42
18	1 : 2	
	5 : 1	6
16	2 : 1	
10		100
12		60

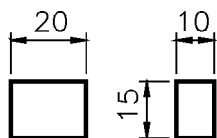
10. A peça abaixo está representada em escala natural. Qual das alternativas representa a mesma peça em escala 2 : 1 ?



a) ()



b) ()

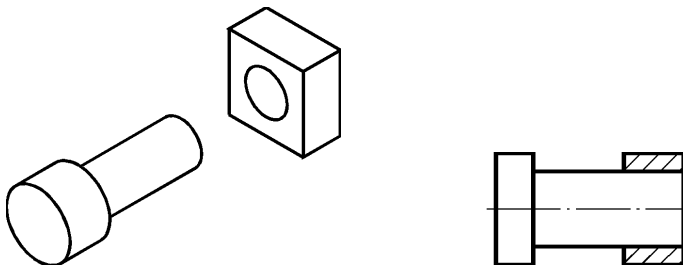


Tolerância dimensional

É muito difícil executar peças com as medidas rigorosamente exatas porque todo processo de fabricação está sujeito a imprecisões. Sempre acontecem variações ou desvios das cotas indicadas no desenho. Entretanto, é necessário que peças semelhantes, tomadas ao acaso, sejam intercambiáveis, isto é, possam ser substituídas entre si, sem que haja necessidade de reparos e ajustes. A prática tem demonstrado que as medidas das peças podem variar, dentro de certos limites, para mais ou para menos, sem que isto prejudique a qualidade. Esses desvios aceitáveis nas medidas das peças caracterizam o que chamamos de tolerância dimensional, que é o assunto que você vai aprender nesta aula.

As tolerâncias vêm indicadas, nos desenhos técnicos, por valores e símbolos apropriados. Por isso, você deve identificar essa simbologia e também ser capaz de interpretar os gráficos e as tabelas correspondentes.

As peças, em geral, não funcionam isoladamente. Elas trabalham associadas a outras peças, formando conjuntos mecânicos que desempenham funções determinadas. Veja um exemplo.



Num conjunto, as peças se ajustam, isto é, se encaixam umas nas outras de diferentes maneiras e você também vai aprender a

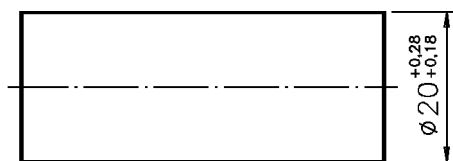
reconhecer os tipos de ajustes possíveis entre peças de conjuntos mecânicos.

No Brasil, o sistema de tolerâncias recomendado pela ABNT segue as normas internacionais ISO (International Organization For Standardization). A observância dessas normas, tanto no planejamento do projeto como na execução da peça, é essencial para aumentar a produtividade da indústria nacional e para tornar o produto brasileiro competitivo em comparação com seus similares estrangeiros.

As cotas indicadas no desenho técnico são chamadas de dimensões nominais. É impossível executar as peças com os valores exatos dessas dimensões porque vários fatores interferem no processo de produção, tais como imperfeições dos instrumentos de medição e das máquinas, deformações do material e falhas do operador. Então, procura-se determinar desvios, dentro dos quais a peça possa funcionar corretamente. Esses desvios são chamados de afastamentos.

Afastamentos

Os afastamentos são desvios aceitáveis das dimensões nominais, para mais ou menos, que permitem a execução da peça sem prejuízo para seu funcionamento e intercambiabilidade. Eles podem ser indicados no desenho técnico como mostra a ilustração a seguir:



ESC 1:1

Neste exemplo, a dimensão nominal do diâmetro do pino é 20mm. Os afastamentos são: + 0,28mm (vinte e oito centésimos de milímetro) e + 0,18mm (dezoito centésimos de milímetro). O sinal + (mais) indica que os afastamentos são positivos, isto é, que as variações da dimensão nominal são para valores maiores.

O afastamento de maior valor (0,28 mm, no exemplo) é chamado de afastamento superior; o de menor valor (0,18 mm) é chamado de afastamento inferior. Tanto um quanto outro indicam os limites máximo e mínimo da dimensão real da peça.

Somando o afastamento superior à dimensão nominal obtemos a dimensão máxima, isto é, a maior medida aceitável da cota depois de executada a peça. Então, no exemplo dado, a dimensão máxima do diâmetro corresponde a: $20\text{mm} + 0,28\text{mm} = 20,28\text{mm}$.

Somando o afastamento inferior à dimensão nominal obtemos a dimensão mínima, isto é, a menor medida que a cota pode ter depois de fabricada. No mesmo exemplo, a dimensão mínima é igual a $20\text{mm} + 0,18\text{mm}$, ou seja, $20,18\text{mm}$.

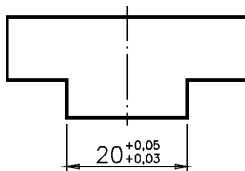
Assim, os valores: $20,28\text{mm}$ e $20,18\text{mm}$ correspondem aos limites máximo e mínimo da dimensão do diâmetro da peça.

Depois de executado, o diâmetro da peça pode ter qualquer valor dentro desses dois limites.

A dimensão encontrada, depois de executada a peça, é a dimensão efetiva ou real; ela deve estar dentro dos limites da dimensão máxima e da dimensão mínima.

Verificando o entendimento

Analise a vista ortográfica cotada.



b) Complete os espaços com os valores correspondentes:

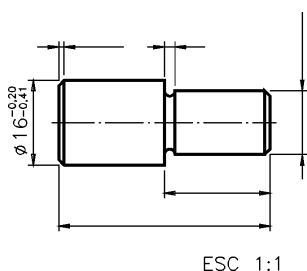
- afastamento superior:
- afastamento inferior:
- dimensão máxima:
- dimensão mínima:

b) Dentre as medidas abaixo, assinale com um X as cotas que podem ser dimensões efetivas deste ressalto:

20,5 () 20,04 () 20,06 () 20,03 ()

Veja se você acertou: a) afastamento superior: +0,05 mm; afastamento inferior: + 0,03 mm; dimensão máxima: 20,05 mm; dimensão mínima: 20,03 mm; b) 20,04 e 20,03 mm.

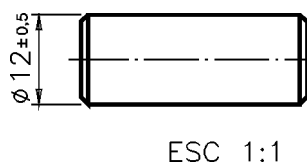
Quando os dois afastamentos são positivos, a dimensão efetiva da peça é sempre maior que a dimensão nominal. Entretanto, há casos em que a cota apresenta dois afastamentos negativos, ou seja, as duas variações em relação à dimensão nominal são para menor, como no próximo exemplo.



A cota $\varnothing 16$ apresenta dois afastamentos com sinal - (menos), o que indica que os afastamentos são negativos: - 0,20 e - 0,41. Quando isso acontece, o afastamento superior corresponde ao de menor valor numérico absoluto. No exemplo, o valor 0,20 é menor que 0,41; logo, o afastamento - 0,20 corresponde ao afastamento superior e - 0,41 corresponde ao afastamento inferior.

Para saber qual a dimensão máxima que a cota pode ter basta subtrair o afastamento superior da dimensão nominal. No exemplo: $16,00 - 0,20 = 15,80$. Para obter a dimensão mínima você deve subtrair o afastamento inferior da dimensão nominal. Então: $16,00 - 0,41 = 15,59$. A dimensão efetiva deste diâmetro pode, portanto, variar dentro desses dois limites, ou seja, entre 15,80 mm e 15,59 mm. Neste caso, de dois afastamentos negativos, a dimensão efetiva da cota será sempre menor que a dimensão nominal.

Há casos em que os dois afastamentos têm sentidos diferentes, isto é, um é positivo e o outro é negativo. Veja:

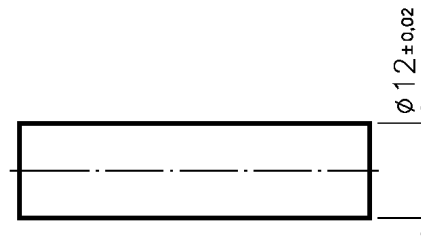


Quando isso acontece, o afastamento positivo sempre corresponde ao afastamento superior e o afastamento negativo corresponde ao afastamento inferior.

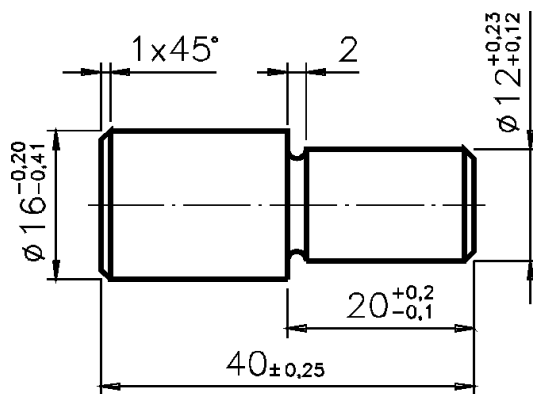
Verificando o entendimento

Analise o pino e indique:

- a) afastamento superior:
- b) afastamento inferior:



Neste caso, os dois afastamentos têm o mesmo valor numérico. O que determina qual é o afastamento superior é o sinal de (mais) e o que determina o afastamento inferior é o sinal de - (menos). Logo: a) afastamento superior: + 0,02; b) afastamento inferior: - 0,02.



ESC 1:1

Numa mesma peça, as cotas podem vir acompanhadas de diferentes afastamentos, de acordo com as necessidades funcionais de cada parte. Analise o desenho técnico do pino com rebaixo, ao lado. Depois, interprete as cotas pedidas.

Verificando o entendimento

Observe o desenho técnico e complete os espaços em branco.

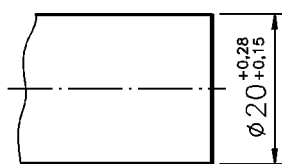
- A dimensão nominal do comprimento da peça é.....; o afastamento superior é e o afastamento inferior é.....;
- O diâmetro da parte rebaixada tem dois afastamentos positivos: e; logo; a dimensão efetiva deste diâmetro deve ser um valor entre e.....;
- A dimensão máxima do comprimento da parte rebaixada é e a dimensão mínima é.....;
- O diâmetro maior da peça tem 2 afastamentos negativos, logo a dimensão efetiva desta cota é que a dimensão nominal.

Confira suas respostas:

- 40, + 0,25 e - 0,25;
- b) + 0,23 e + 0,12; 12,23 mm e 12,12 mm;
- 20,2 mm e 19,9 mm;
- d) menor.

Tolerância

Tolerância é a variação entre a dimensão máxima e a dimensão mínima. Para obtê-la, calculamos a diferença entre uma e outra dimensão. Acompanhe o cálculo da tolerância.



Dimensão máxima	Dimensão mínima
20,00	20,00
+ <u>0,28</u>	+ <u>0,15</u>
20,28	20,15

Cálculo da tolerância

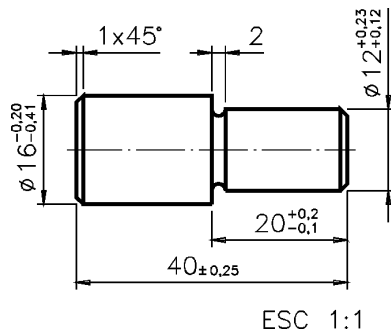
ESC 1:1

Dimensão máxima:	20,28
Dimensão mínima:	- <u>20,15</u>
Tolerância:	0,13

Na cota $20^{+0,15}_{+0,28}$, a tolerância é 0,13 mm (treze centésimos de milímetro).

Verificando o entendimento

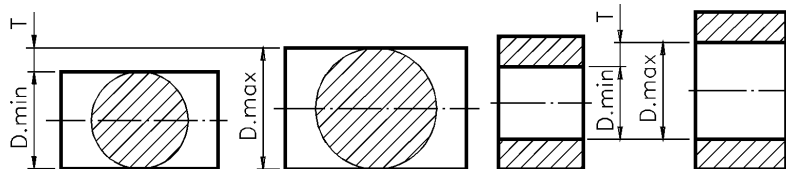
Calcule a tolerância da cota indicada no desenho.



Tolerância:

Nesse exemplo, os dois afastamentos são negativos. Assim, tanto a dimensão máxima como a dimensão mínima são menores que a dimensão nominal e devem ser encontradas por subtração. Para a cota $\varnothing 16$ mm, a tolerância é de 0,21 mm (vinte e um centésimos de milímetro).

A tolerância pode ser representada graficamente. Veja:



Nessa representação, os valores dos afastamentos estão exagerados. O exagero tem por finalidade facilitar a visualização do campo de tolerância, que é o conjunto dos valores compreendidos entre o afastamento superior e o afastamento inferior; corresponde ao intervalo que vai da dimensão mínima à dimensão máxima.

Qualquer dimensão efetiva entre os afastamentos superior e inferior, inclusive a dimensão máxima e a dimensão mínima, está dentro do campo de tolerância.

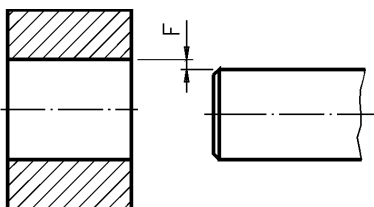
As tolerâncias de peças que funcionam em conjunto dependem da função que estas peças vão exercer. Conforme a função, um tipo de ajuste é necessário. É o que você vai aprender a seguir.

Ajustes

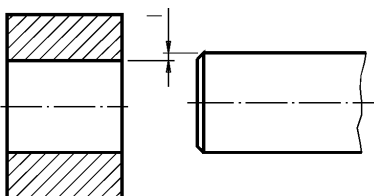
Para entender o que são ajustes precisamos antes saber o que são eixos e furos de peças. Quando falamos em ajustes, eixo é o nome genérico dado a qualquer peça, ou parte de peça, que funciona alojada em outra. Em geral, a superfície externa de um eixo trabalha acoplada, isto é, unida à superfície interna de um furo. Veja, a seguir, um eixo e uma bucha. Observe que a bucha está em corte para mostrar seu interior que é um furo.



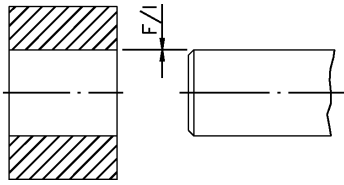
Eixos e furos de formas variadas podem funcionar ajustados entre si. Dependendo da função do eixo, existem várias classes de ajustes. Se o eixo se encaixa no furo de modo a deslizar ou girar livremente, temos um ajuste com folga.



Quando o eixo se encaixa no furo com certo esforço, de modo a ficar fixo, temos um ajuste com interferência.



Existem situações intermediárias em que o eixo pode se encaixar no furo com folga ou com interferência, dependendo das suas dimensões efetivas. É o que chamamos de ajuste incerto.

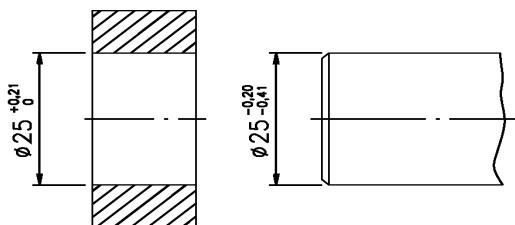


Em geral, eixos e furos que se encaixam têm a mesma dimensão nominal. O que varia é o campo de tolerância dessas peças.

O tipo de ajuste entre um furo e um eixo depende dos afastamentos determinados. A seguir, você vai estudar cada classe de ajuste mais detalhadamente.

Ajuste com folga

Quando o afastamento superior do eixo é menor ou igual ao afastamento inferior do furo, temos um ajuste com folga.

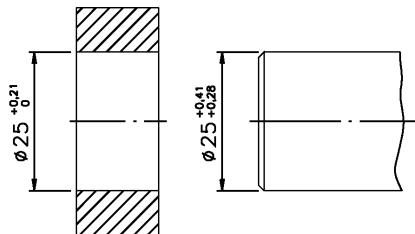


Os diâmetros do furo e do eixo têm a mesma dimensão nominal: 25 mm. O afastamento superior do eixo é - 0,20; a dimensão máxima do eixo é: 25 mm - 0,20 mm = 24,80 mm; a dimensão mínima do furo é: 25,00 mm - 0,00 mm = 25,00 mm.

Portanto, a dimensão máxima do eixo (24,80 mm) é menor que a dimensão mínima do furo (25,00 mm) o que caracteriza um ajuste com folga. Para obter a folga, basta subtrair a dimensão do eixo da dimensão do furo. Neste exemplo, a folga é 25,00 mm - 24,80 mm = 0,20 mm.

Ajuste com interferência

Neste tipo de ajuste o afastamento superior do furo é menor ou igual ao afastamento inferior do eixo. Veja.

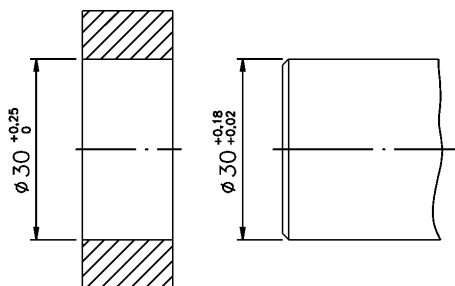


Na cota do furo $25 \begin{smallmatrix} +0,21 \\ 0 \end{smallmatrix}$, o afastamento superior é + 0,21; na cota do eixo: $25 \begin{smallmatrix} +0,41 \\ +0,28 \end{smallmatrix}$, o afastamento inferior é + 0,28. Portanto, o primeiro é menor que o segundo, confirmando que se trata de um ajuste com interferência.

Para obter o valor da interferência, basta calcular a diferença entre a dimensão efetiva do eixo e a dimensão efetiva do furo. Imagine que a peça pronta ficou com as seguintes medidas efetivas: diâmetro do eixo igual a 25,28mm e diâmetro do furo igual a 25,21mm. A interferência corresponde a: $25,28\text{mm} - 25,21\text{mm} = 0,07\text{mm}$. Como o diâmetro do eixo é maior que o diâmetro do furo, estas duas peças serão acopladas sob pressão.

Ajuste incerto

É o ajuste intermediário entre o ajuste com folga e o ajuste com interferência. Neste caso, o afastamento superior do eixo é maior que o afastamento inferior do furo, e o afastamento superior do furo é maior que o afastamento inferior do eixo. Acompanhe o próximo exemplo com bastante atenção.



Compare: o afastamento superior do eixo (+0,18) é maior que o afastamento inferior do furo (0,00) e o afastamento superior do furo (+ 0,25) é maior que o afastamento inferior do eixo (+ 0,02). Logo, estamos falando de um ajuste incerto.

Este nome está ligado ao fato de que não sabemos, de antemão, se as peças acopladas vão ser ajustadas com folga ou com interferência. Isso vai depender das dimensões efetivas do eixo e do furo.

Sistema de tolerância e ajustes ABNT/ISO

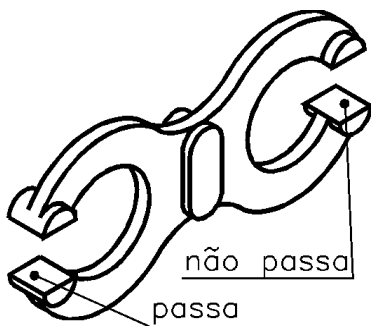
As tolerâncias não são escolhidas ao acaso. Em 1926, entidades internacionais organizaram um sistema normalizado que acabou sendo adotado no Brasil pela ABNT: o sistema de tolerâncias e ajustes ABNT/ISO (NBR 6158).

O sistema ISO consiste num conjunto de princípios, regras e tabelas que possibilita a escolha racional de tolerâncias e ajustes de modo a tornar mais econômica a produção de peças mecânicas intercambiáveis. Este sistema foi estudado, inicialmente, para a produção de peças mecânicas com até 500 mm de diâmetro; depois, foi ampliado para peças com até 3150 mm de diâmetro. Ele estabelece uma série de tolerâncias fundamentais que determinam a precisão da peça, ou seja, a qualidade de trabalho, uma exigência que varia de peça para peça, de uma máquina para outra.

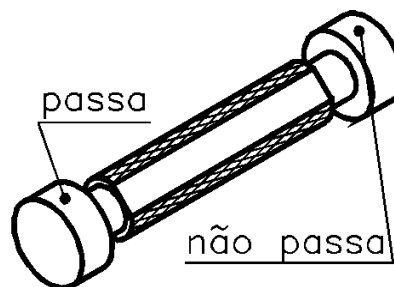
A norma brasileira prevê 18 qualidades de trabalho. Essas qualidades são identificadas pelas letras: IT seguidas de numerais. A cada uma delas corresponde um valor de tolerância. Observe, no quadro abaixo, as qualidades de trabalho para eixos e furos.

		Qualidade de trabalho																	
		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16
Eixos		mecânica					mecânica						mecânica						
Furos		extra-precisa					corrente						grosseira						

A letra I vem de ISO e a letra T vem de tolerância; os numerais: 01, 0, 1, 2,... 16, referem-se às 18 qualidades de trabalho; a qualidade IT 01 corresponde ao menor valor de tolerância. As qualidades 01 a 3, no caso dos eixos, e 01 a 4, no caso dos furos, estão associadas à mecânica extra-precisa. É o caso dos calibradores, que são instrumentos de alta precisão. Eles servem para verificar se as medidas das peças produzidas estão dentro do campo de tolerância especificado. Veja:



Calibrador para eixos



Calibrador para furos

No extremo oposto, as qualidades 11 a 16 correspondem às maiores tolerâncias de fabricação. Essas qualidades são aceitáveis para peças isoladas, que não requerem grande precisão; daí o fato de estarem classificadas como mecânica grosseira.

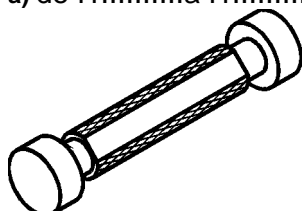
Peças que funcionam acopladas a outras têm, em geral, sua qualidade estabelecida entre IT 4 e IT 11, se forem eixos; já os furos têm sua qualidade entre IT 5 e IT 11. Essa faixa corresponde à mecânica corrente, ou mecânica de precisão.

Verificando o entendimento

Observe as ilustrações de peças e escreva, nas linhas correspondentes, as faixas de tolerância ISO aceitáveis para cada caso.

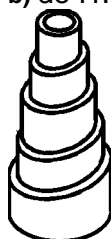
Calibrador para furo

a) de IT.....a IT.....



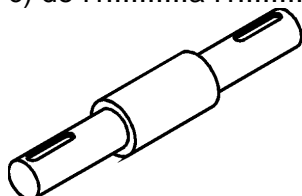
Mola cônica de compressão

b) de IT.....a IT.....



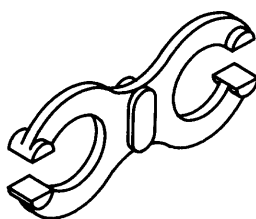
Eixo

c) de IT.....a IT.....



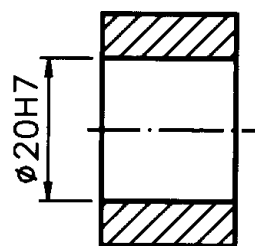
Calibrador

d) de IT.....a IT.....



As respostas corretas: a) mostra um calibrador para furos, que é um instrumento de alta precisão. Logo, a qualidade de trabalho do eixo do calibrador deve estar na faixa de IT 01 a IT3; b) temos uma mola cônica de compressão. Seu funcionamento não depende de ajustes precisos. A qualidade de trabalho pode variar entre IT 12 e IT 16; c) é um eixo, que funciona acoplado a furos. Neste caso, a qualidade de trabalho pode variar entre IT 4 e IT 11; d) um calibrador de eixos. A parte do calibrador que serve para verificar as medidas dos eixos tem a forma de furo. Portanto, a qualidade de trabalho deve estar entre IT 01 e IT 4.

Nos desenhos técnicos com indicação de tolerância, a qualidade de trabalho vem indicada apenas pelo numeral, sem o IT. Antes do numeral vem uma ou duas letras, que representam o campo de tolerância no sistema ISO. Veja um exemplo.



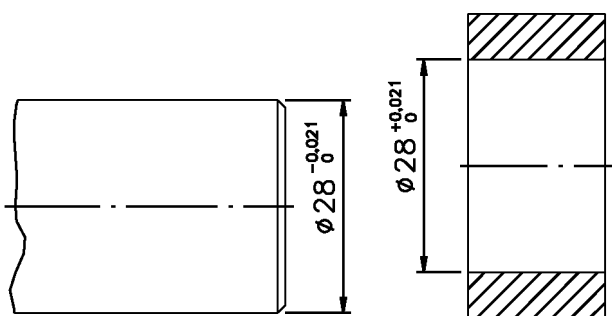
ESC 1:1

A dimensão nominal da cota é 20 mm. A tolerância é indicada por H7. O número 7, você já sabe, indica a qualidade de trabalho; ele está associado a uma qualidade de trabalho da mecânica corrente.

A seguir, você vai aprender a interpretar o significado da letra que vem antes do numeral.

Campos de tolerância ISO

Compare os desenhos das duas peças, a seguir.

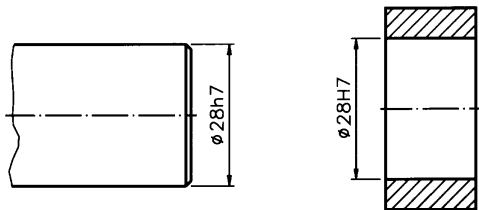


Observe que eixo e o furo têm a mesma dimensão nominal: 28 mm. Veja, também, que os valores das tolerâncias, nos dois casos, são iguais:

	Eixo	Furo
Dimensão máxima:	28,000	28,021
Dimensão mínima:	- <u>27,979</u>	- <u>28,000</u>
Tolerância:	0,021	0,021

Como os valores de tolerâncias são iguais (0,021mm), concluímos que as duas peças apresentam a mesma qualidade de trabalho. Mas, atenção: os campos de tolerâncias das duas peças são diferentes! O eixo compreende os valores que vão de 27,979 mm a 28,000 mm; o campo de tolerância do furo está entre 28,000 mm e 28,021 mm. Como você vê, os campos de tolerância não coincidem.

No sistema ISO, essas tolerâncias devem ser indicadas como segue.



A tolerância do eixo vem indicada por h7. O numeral 7 é indicativo da qualidade de trabalho e, no caso, corresponde à mecânica corrente. A letra h identifica o campo de tolerância, ou seja, o conjunto de valores aceitáveis após a execução da peça, que vai da dimensão mínima até a dimensão máxima.

O sistema ISO estabelece 28 campos de tolerâncias, identificados por letras do alfabeto latino. Cada letra está associada a um determinado campo de tolerância. Os campos de tolerância para eixo são representados por letras minúsculas.

a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	j	js	k
m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	x	za	zb	zc

Volte a examinar o desenho técnico do furo. Observe que a tolerância do furo vem indicada por H7. O numeral 7 mostra que a qualidade de trabalho é a mesma do eixo analisado anteriormente. A letra H identifica o campo de tolerância.

Os 28 campos de tolerância para furos são representados por letras maiúsculas.

A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	J	JS	K
M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	X	ZA	ZB	ZC

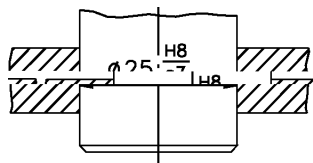
Verificando o entendimento

Analise as cotas com indicação de tolerância ISO e escreva F para as que se referem a furos e E para as que se referem a eixos.

- a) 21H6 ()
- b) 18f7 ()
- c) 30h5 ()
- d) 150h7 ()
- e) 485E9 ()
- f) 500M8 ()

Sabendo que os campos de tolerância dos furos são identificados por letras maiúsculas você deve ter escrito a letra **F** nas alternativas: a, e, f. Como os campos de tolerância dos eixos são identificados por letras minúsculas, você deve ter escrito a letra **E** nas alternativas b, c, d.

Enquanto as tolerâncias dos eixos referem-se a medidas exteriores, as tolerâncias de furos referem-se a medidas interiores. Eixos e furos geralmente funcionam acoplados, por meio de ajustes. No desenho técnico de eixo e furo, o acoplamento é indicado pela dimensão nominal comum às duas peças ajustadas, seguida dos símbolos correspondentes. Veja um exemplo a seguir.



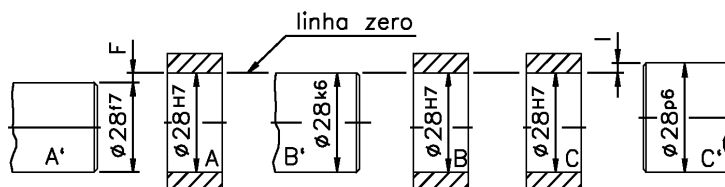
A dimensão nominal comum ao eixo e ao furo é 25 mm. A tolerância do furo vem sempre indicada ao alto: H8; a do eixo vem indicada abaixo: g7.

São inúmeras as possibilidades de combinação de tolerâncias de eixos e furos, com a mesma dimensão nominal, para cada classe de ajuste. Mas, para economia de custos de produção, apenas algumas combinações selecionadas de ajustes são recomendadas, por meio de tabelas divulgadas pela ABNT. Antes de apren-

der a consultar essas tabelas, porém, é importante que você conheça melhor os ajustes estabelecidos no sistema ABNT/ISO: sistema furo-base e sistema eixo-base.

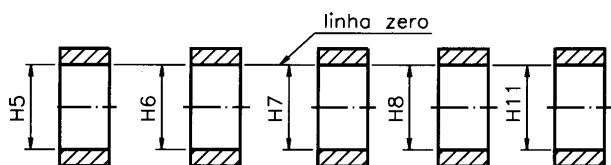
Sistema furo-base

Observe o desenho a seguir:



Imagine que este desenho representa parte de uma máquina com vários furos, onde são acoplados vários eixos. Note que todos os furos têm a mesma dimensão nominal e a mesma tolerância H7; já as tolerâncias dos eixos variam: f7, k6, p6. A linha zero, que você vê representada no desenho, serve para indicar a dimensão nominal e fixar a origem dos afastamentos. No furo A, o eixo A' deve girar com folga, num ajuste livre; no furo B, o eixo B' deve deslizar com leve aderência, num ajuste incerto; no furo C, o eixo C' pode entrar sob pressão, ficando fixo.

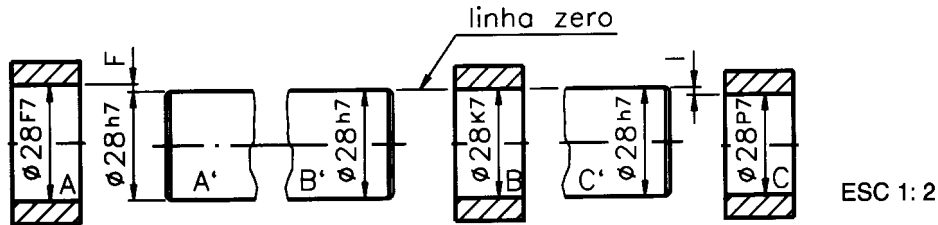
Para obter essas três classes de ajustes, uma vez que as tolerâncias dos furos são constantes, devemos variar as tolerâncias dos eixos, de acordo com a função de cada um. Este sistema de ajuste, em que os valores de tolerância dos furos são fixos, e os dos eixos variam, é chamado de sistema furo-base. Este sistema também é conhecido por furo padrão ou furo único. Veja quais são os sistemas furo-base recomendados pela ABNT.



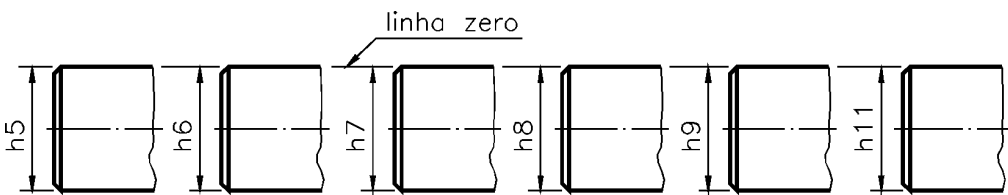
A letra H representa a tolerância do furo base e o numeral indicado ao lado indica a qualidade da mecânica. Agora, conheça outra possibilidade.

Sistema eixo-base

Imagine que o próximo desenho representa parte da mesma máquina com vários furos, onde são acoplados vários eixos, com funções diferentes. Os diferentes ajustes podem ser obtidos se as tolerâncias dos eixos mantiverem-se constantes e os furos forem fabricados com tolerâncias variáveis.



O eixo A' encaixa-se no furo A com folga; o eixo B' encaixa-se no furo B com leve aderência; o eixo C' encaixa-se no furo C com interferência. Veja a seguir alguns exemplos de eixos-base recomendados pela ABNT:

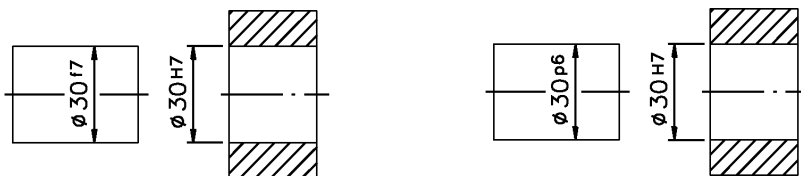


A letra **h** é indicativa de ajuste no sistema eixo-base.

Entre os dois sistemas, o furo-base é o que tem maior aceitação. Uma vez fixada a tolerância do furo, fica mais fácil obter o ajuste recomendado variando apenas as tolerâncias dos eixos.

Verificando o entendimento

Analise o desenho técnico e assinale com um **X** a alternativa que corresponde ao sistema de ajuste utilizado.



- a) () sistema furo-base
b) () sistema eixo-base

Você deve ter observado que enquanto as tolerâncias dos furos mantiveram-se fixas, as tolerâncias dos eixos variaram. Além disso, a letra H é indicativa de sistema furo-base. Portanto, a alternativa correta é (a).

Unidade de medida de tolerância - ABNT/ISO

A unidade de medida adotada no sistema ABNT/ISO é o micrometro, também chamado de micron. Ele equivale à milionésima parte do metro, isto é, se dividirmos o metro em 1 milhão de partes iguais, cada uma vale 1 micron. Sua representação é dada pela letra grega μ (mi) seguida da letra m. Um micron vale um milésimo de milímetro: $1\mu\text{m} = 0,001 \text{ mm}$.

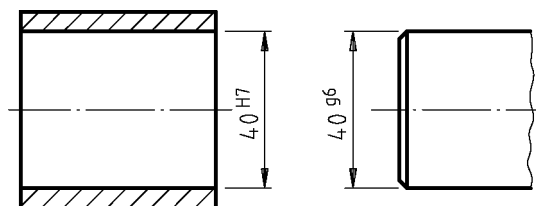
Nas tabelas de tolerâncias fundamentais, os valores de qualidades de trabalho são expressos em micron. Nas tabelas de ajustes recomendados todos os afastamentos são expressos em micron.

Interpretação de tolerâncias no sistema ABNT/ISO

Quando a tolerância vem indicada no sistema ABNT/ISO, os valores dos afastamentos não são expressos diretamente. Por isso, é preciso consultar tabelas apropriadas para identificá-los.

Para acompanhar as explicações, você deve consultar as tabelas apresentadas no final desta aula. Partes dessas tabelas estão reproduzidas no decorrer da instrução, para que você possa compreender melhor o que estamos apresentando.

Observe o próximo desenho técnico, com indicação das tolerâncias.



O diâmetro interno do furo representado neste desenho é 40 H7. A dimensão nominal do diâmetro do furo é 40 mm. A tolerância vem representada por H7; a letra maiúscula H representa tolerância de furo padrão; o número 7 indica a qualidade de trabalho, que no caso corresponde a uma mecânica de precisão.

A tabela que corresponde a este ajuste tem o título de: Ajustes recomendados - sistema furo-base H7. Veja, a seguir, a reprodução do cabeçalho da tabela.

Dimensão nominal mm		furo	E I X O S								
acima de	até	H7	f7	g6	h6	j6	k6	m6	n6	p6	r6

A primeira coluna - Dimensão nominal - mm - apresenta os grupos de dimensões de 0 até 500 mm. No exemplo, o diâmetro do furo é 40 mm. Esta medida situa-se no grupo de dimensão nominal entre 30 e 40. Logo, os valores de afastamentos que nos interessam encontram-se na 9ª linha da tabela, reproduzida a seguir.

Dimensão nominal mm		furo	E I X O								
acima de	até	H7	f7	g6	h6	j6	k6	m6	n6	p6	r6
30	40	0 +25	-25 -50	-9 -25	0 -16	+11 -5	+18 +2	+25 +9	+33 +17	+42 +26	+50 +34

Na segunda coluna - Furo - vem indicada a tolerância, variável para cada grupo de dimensões, do furo base: H7. Volte a examinar a 9ª linha da tabela, onde se encontra a dimensão de 40 mm; na direção da coluna do furo aparecem os afastamentos do furo: 0 (afastamento inferior) e + 25 (afastamento superior). Note que nas tabelas que trazem afastamentos de furos o afastamento inferior, em geral, vem indicado acima do afastamento superior. Isso se explica porque, na usinagem de um furo, parte-se sempre da dimensão mínima para chegar a uma dimensão efetiva, dentro dos limites de tolerância especificados.

Lembre-se de que, nesta tabela, as medidas estão expressas em micron. Uma vez que $1\mu\text{m} = 0,001\text{mm}$, então $25\mu\text{m} = 0,025\text{mm}$. Portanto, a dimensão máxima do furo é: $40\text{mm} + 0,025\text{mm} = 40,025\text{mm}$, e a dimensão mínima é 40mm , porque o afastamento inferior é sempre 0 no sistema furo-base.

Agora, só falta identificar os valores dos afastamentos para o eixo g6. Observe novamente a 9ª linha da tabela anterior, na direção do eixo g6. Nesse ponto são indicados os afastamentos do eixo: $\begin{matrix} -9 \\ -25 \end{matrix}$. O superior - $9\mu\text{m}$, que é o mesmo que - $0,009\text{mm}$. O afastamento inferior é - $25\mu\text{m}$, que é igual a - $0,025\text{mm}$. Acompanhe o cálculo da dimensão máxima do eixo.

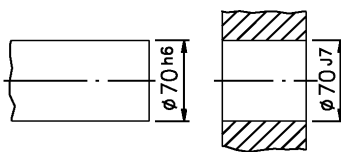
Dimensão nominal: 40,000
 Afastamento superior: - 0,009
 Dimensão máxima: 39,991

E agora veja o cálculo da dimensão mínima do eixo.

Dimensão nominal: 40,000
 Afastamento inferior: - 0,025
 Dimensão máxima: 39,975

Finalmente, comparando os afastamentos do furo e do eixo concluímos que estas peças se ajustarão com folga, porque o afastamento superior do eixo é menor que o afastamento inferior do furo.

No exemplo demonstrado, o eixo e o furo foram ajustados no sistema furo-base, que é o mais comum. Mas quando o ajuste é representado no sistema eixo-base, a interpretação da tabela é semelhante.



A dimensão nominal do eixo é igual à dimensão nominal do furo: 70 mm. A tolerância do furo é J7 e a tolerância do eixo é h6. O h indica que se trata de um ajuste no sistema eixo-base. Então, para identificar os afastamentos do eixo e do furo, você deverá consultar a tabela de Ajustes recomendados - sistema eixo-base h6. A tabela de ajustes recomendados no sistema eixo-base é semelhante à tabela do sistema furo-base. O que a diferenciação são as variações das tolerâncias dos furos.

Primeiro, precisamos identificar em que grupo de dimensões se situa a dimensão nominal do eixo. No exemplo, a dimensão 70 encontra-se no grupo entre 65 e 80 (12ª linha). A seguir, basta localizar os valores dos afastamentos correspondentes ao eixo h6 e ao furo J7, nessa linha.

Dimensão nominal mm		Eixo h6	F U R O S								
acima de	até		afastamento inferior					afastamento superior			
			F7	G7	H7	J7	K7	M7	N7	P7	R7
65	80	0 -19	+30 +49	+10 +40	0 +30	-12 +18	-21 +9	-30 0	-39 -9	-51 -21	-62 -32

A leitura da tabela indica que, quando a dimensão do eixo-base encontra-se no grupo de 65 a 80, o afastamento superior do eixo é 0µm e o inferior é -19µm. Para o furo de tolerância J7, o afastamento superior é +18µm e o afastamento inferior é -12µm.

Verificando o entendimento

Tomando como base o desenho anterior, do eixo e do furo consulte a tabela e calcule:

- dimensão máxima do eixo;
- dimensão mínima do eixo;
- dimensão máxima do furo;
- dimensão mínima do furo.

Em primeiro lugar, você deve ter transformado os microns em milímetros, para facilitar os cálculos. Em seguida você deve ter feito as seguintes contas:

a) dimensão nominal do eixo : 70,000
afastamento superior do eixo: + 0,000
dimensão máxima do eixo: 70,000

b) dimensão nominal do eixo : 70,000
afastamento inferior do eixo: - 0,019
dimensão máxima do eixo: 69,981

c) dimensão nominal do furo 70,000
afastamento superior do furo + 0,018
dimensão máxima do furo 70,018

b) dimensão nominal do furo : 70,000
afastamento inferior do furo: - 0,012
dimensão máxima do furo: 69,988

Verificando o entendimento

Sabendo que o afastamento superior do eixo (0) é maior que o inferior (-0,012 mm) e o afastamento superior do furo (0,018 mm) é maior que o inferior (-0,012 mm), responda:


a) Que tipo de ajuste haverá entre este furo e este eixo? R.:

Analisando os afastamentos, conclui-se que este é um caso de ajuste incerto, pois dependendo das medidas efetivas do eixo e do furo, tanto poderá resultar folga como leve interferência.

A aplicação do sistema de tolerâncias ABNT/ISO tende a se tornar cada vez mais freqüente nas empresas brasileiras que buscam na qualidade de serviços, produtos e processos os meios para enfrentar a concorrência internacional. Qualquer pessoa que deseje participar do progresso tecnológico industrial deve estar bastante familiarizada com este assunto.

AJUSTES RECOMENDADOS - SISTEMA FURO-BASE H7 (*)

Tolerância em milésimos de milímetros (μm)

Dimensão nominal mm		furo af. inf. af. sup. 	EIXOS afastamento superior ₂									
acimade	até	H7	f7	g6	h6	j6	k6	m6	n6	p6	r6	
0	1	0	-6	-2	0	+4	+6	-	+10	+12	+16	
1	3	+10	-16	-8	-6	-2	0		+4	+6	+10	
3	6	0	-10	-4	0	+6	+9	+12	+16	+20	+23	
		+12	-22	-12	-8	-2	+1	+4	+8	+12	+15	
6	10	0	-13	-5	0	+7	+10	+15	+19	+24	+28	
		+15	-28	-14	-9	-2	+1	+6	+10	+15	+19	
10	14	0	-16	-6	0	+8	+12	+18	-23	+29	+34	
14	18	+18	-34	-17	-11	-3	+1	+7	+12	+18	+23	
18	24	0	-20	-7	0	+9	+15	+21	+28	+35	+41	
24	30	+21	-41	-20	-13	-4	+2	+8	+15	+22	+28	
30	40	0	-25	-9	0	+11	+18	+25	+33	+42	+50	
40	50	+25	-50	-25	-16	-5	+2	+9	+17	+26	+34	
50	65	0	-30	-10	0	+12	+21	+30	+39	+51	+39	
											+41	
65	80	+30	-60	-29	-19	-7	+2	+1	+20	+32	+62	
											+43	
80	100	0	-36	-12	0	+13	+25	+35	+45	+59	+73	
											+51	
100	120	+35	-71	-34	-22	-9	+3	+13	+23	+37	+76	
											+54	
120	140	0	-43	-14	-	+14	+28	+40	+52	+68	+88	
											+63	
140	160										+90	
		+40	-83	-39	-25	-11	+3	+15	+27	+43	+65	
160	180										+93	
											+68	
180	200	0	-50	-15	-	+16	+33	+46	+60	+79	+106	
											+77	
200	225										+109	
		+46	-96	-44	-29	-13	+4	+17	+31	+50	+80	
225	250										+113	
											+84	
250	280	0	-56	-17	0	+16	+36	+52	+66	+88	+126	
											+94	
280	315	+52	-108	-49	-32	-16	+4	+20	+34	+56	+130	
											+98	
315	355	-	-62	-18	0	+18	+40	+57	+73	+98	+144	
											+108	
355	400	+57	-119	-54	-36	-18	+4	+21	+37	+62	+150	
											+114	
400	450	0	-68	-20	-	+20	+45	+63	+80	+108	+166	
											+126	
450	500	+63	-131	-60	-40	-20	+5	+23	+40	+68	+172	
											+132	

(*) Reprodução parcial de Tabela ABNT/ISO NBR 6158

AJUSTES RECOMENDADOS - SISTEMA FURO-BASE H6(*)

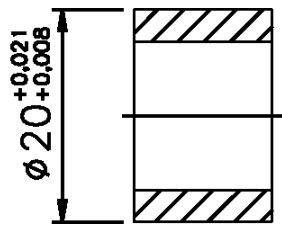
Tolerância em milésimos de milímetros (μm)

Dimensão nominal mm		furo af. sup. af. inf.	FUROS afastamento inferior								
			h6	F6	G7	H7	j7	k7	M7	N7	p7
0	1	0	+6	+2	0	-6	-10	-	-	-16	-20
1	3	-6	-12	+12	+10	+4	0	-	-	-6	-10
3	6	0	+10	+4	0	-6	-9	-12	-16	-20	-23
		-8	+18	+16	+12	+6	+3	0	-4	-8	-11
6	10	0	+13	+5	0	-7	-10	-15	-19	-24	-28
		-9	+22	+20	+15	+8	+5	0	-4	-9	-13
10	14	0	+16	+6	0	-8	-12	-18	-23	-29	-34
14	18	-11	+27	+24	+18	+10	+6	0	-5	-11	-16
18	24	0	+20	+7	0	-9	-15	-21	-28	-35	-41
24	30	-13	+33	+28	+21	+12	+6	0	-7	-14	-20
30	40	0	+25	+9	0	-11	-18	-25	-33	-42	-50
40	50	-16	+41	+34	+25	+14	+7	0	-8	-17	-25
50	65	0	+30	+10	0	+12	-21	-30	-39	-51	-60
65	80	-19	+49	+40	+30	+18	+9	0	-9	-21	-30
		-32	-32	-32							
80	100	0	+36	+12	0	+13	-25	-35	-45	-59	-73
100	120	-22	+58	+47	+35	+22	+10	0	-10	-24	-38
		-41	-41	-41							
120	140	0	+43	+14	0	-14	-28	-40	-52	-68	-88
140	160	-25	+68	+54	+40	+26	+12	0	-12	-28	-48
		-50	-50	-50							
160	180	-25	+68	+54	+40	+26	+12	0	-12	-28	-93
180	200	0	+50	+15	0	-16	-33	-46	-60	-79	-106
		-60	-60	-60							
200	225	-29	+79	+61	+46	+30	+13	0	-14	-33	-109
225	250	-29	+79	+61	+46	+30	+13	0	-14	-33	-63
		-67	-67	-67							
250	280	0	+56	+17	0	-16	-36	-52	-66	-88	-126
280	315	-32	+88	+69	+52	+36	+16	0	-14	-36	-74
		-78	-78	-78							
315	355	0	+62	+18	0	-18	-40	-57	-73	-98	-144
355	400	-36	+98	+75	+57	+39	+17	0	-16	-41	-87
		-93	-93	-93							
400	450	0	+68	+20	0	-20	-45	-63	-80	-108	-166
450	500	-40	+108	+83	+63	+43	+18	0	-17	-45	-103
		-109	-109	-109							

(*) Reprodução parcial de Tabela ABNT/ISO NBR 6158

Exercícios

1. Analise o desenho abaixo e complete.



- a) dimensão nominal:;
 b) afastamento superior:.....;
 c) afastamento inferior:.....;
 d) dimensão máxima:.....;
 e) dimensão mínima:.....

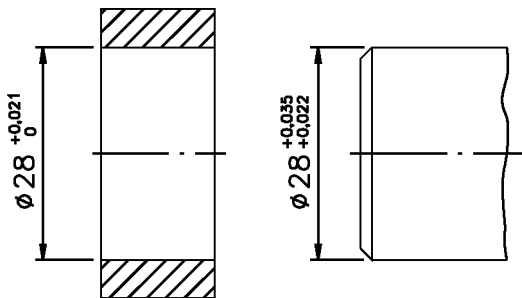
2. Faça um traço embaixo das medidas que se encontram no campo de tolerância da cota $16^{+0,18}_{-0,05}$.

- a) 16 mm
 b) 15,5 mm
 c) 16,05 mm
 d) 15,82 mm
 e) 15,95 mm

3. Calcule a tolerância da cota $28^{+0,13}_{-0,20}$

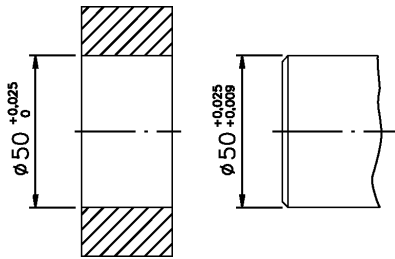
R.:

4. Analise o desenho técnico cotado, observe os afastamentos e assinale com um X o tipo de ajuste correspondente.



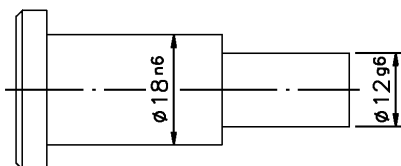
- a) () ajuste com interferência;
 b) () ajuste com folga;
 c) () ajuste incerto.

5. Um lote de peças foi produzido a partir do desenho técnico abaixo. Observando os afastamentos, percebe-se que as peças são acopladas por ajuste incerto.



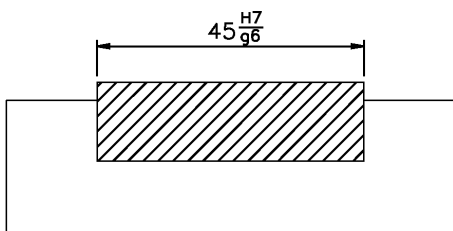
A seguir estão indicadas as dimensões efetivas de algumas peças produzidas. Escreva, nos parênteses, ao lado de cada alternativa, a letra (F) quando o ajuste apresentar folga ou a letra (I) quando o ajuste apresentar interferência.

- a) () diâmetro do eixo: 50,012 mm; diâmetro do furo: 50,015 mm.
- b) () diâmetro do eixo: 50,016 mm; diâmetro do furo: 50,008 mm.
- c) () diâmetro do eixo: 50,018 mm; diâmetro do furo: 50,022 mm.
- d) () diâmetro do eixo: 50,011 mm; diâmetro do furo: 50,006 mm.
6. Assinale com um X a faixa de qualidade de trabalho que corresponde à mecânica de precisão para furos.
- a) () de IT 01 a IT 3;
- b) () de IT 4 a IT 11;
- c) () de IT 12 a IT 16.
7. Analise o desenho abaixo e assinale com um X a alternativa que corresponde ao sistema de ajuste adotado.



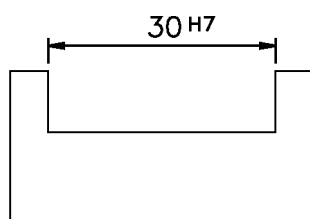
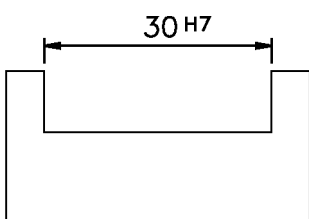
- a) () sistema furo base;
- b) () sistema eixo base.

8. Analise o desenho técnico abaixo, consulte a tabela apropriada no final desta aula e escreva as informações solicitadas.

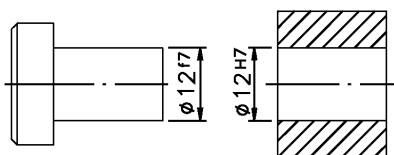


- a) afastamento superior do furo:
- b) afastamento inferior do furo:.....
- c) afastamento superior do eixo:.....
- d) afastamento inferior do eixo:.....

9. No desenho técnico da esquerda, a tolerância vem indicada no sistema ABNT/ISO. Complete o desenho da direita, consultando a tabela e indicando os valores dos afastamentos correspondentes em milésimos de milímetros.



10. Analise o desenho abaixo, consulte a tabela apropriada e assinale com um **X** o tipo de ajuste correspondente.



- a) () ajuste com folga;
- b) () ajuste com interferência;
- c) () ajuste incerto.

Estado de superfície

A produção de uma peça, ou de um objeto qualquer, parte sempre de um corpo bruto para, passo a passo, chegar ao estado acabado. Durante o processo de fabricação, o material bruto sofre transformações de forma, de tamanho e de propriedades.

A peça pronta deve ficar de acordo com o seu desenho técnico. Você já sabe que o desenho técnico traz informações sobre as características geométricas e dimensionais da peça. Você já aprendeu, também, que certos desvios de tamanho e de forma, dentro de limites de tolerância estabelecidos no desenho técnico, são aceitáveis porque não comprometem o funcionamento da peça.

Mas, em alguns casos, para garantir a perfeita funcionalidade da peça, é necessário especificar, também, o acabamento das superfícies, isto é, a aparência final da peça e as propriedades que ela deve ter. As informações sobre os estados de superfície são indicadas, no desenho técnico, através de simbologia normalizada.

Estudando os assuntos desta aula, você ficará conhecendo os símbolos indicativos de estado de superfície recomendados pela ABNT.

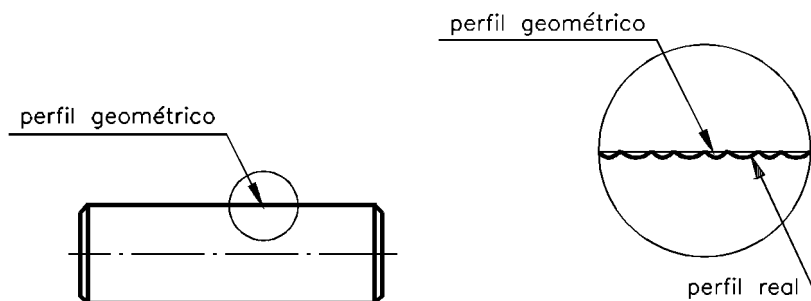
Processos de fabricação e de acabamento de peças

O método de produção interfere na aparência, na funcionalidade e nas características gerais do produto acabado. A usinagem, a fundição e o forjamento são alguns dos processos de fabricação de peças que determinam diferentes graus de acabamento de super-

fícies. Um mesmo grau de acabamento pode ser obtido por diversos processos de trabalho. De igual forma, o mesmo processo de trabalho permite atingir vários graus de acabamento.

Quanto melhor o acabamento a ser obtido, maior o custo de execução da peça. Portanto, para não onerar o custo de fabricação, as peças devem apresentar o grau de acabamento adequado à sua função.

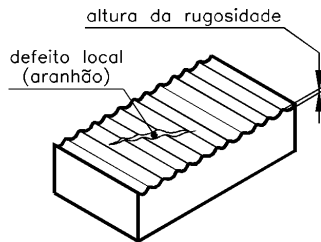
A escolha do processo de fabricação deve levar em conta a forma, a função, a natureza da superfície, o tipo de material e os meios de produção disponíveis. Mais adiante você ficará sabendo como é feita a indicação dos processos de fabricação nos desenhos técnicos. Antes, porém, você precisa conhecer mais alguns detalhes sobre o acabamento de superfícies das peças. Na prática, a superfície real da peça nunca é igual à superfície geométrica representada no desenho. Analise, na figura abaixo, o perfil geométrico de um eixo e, a sua direita, o detalhe ampliado da superfície deste mesmo eixo. No detalhe ampliado você pode observar que a superfície real apresenta irregularidades na forma:



Na fabricação de peças, as superfícies estão sujeitas a erros de forma e de posição, que determinam as tolerâncias geométricas. Esses erros são considerados macrogeométricos.

As tolerâncias geométricas são estabelecidas para que tais erros não prejudiquem o funcionamento da peça. Entretanto, mesmo superfícies executadas dentro dos padrões de tolerância geométrica determinados, apresentam um conjunto de irregularidades microgeométricas que constituem a rugosidade da peça ou textura primária.

A rugosidade consiste nas marcas ou sulcos deixados pela ferramenta utilizada para produzir a peça. As irregularidades das superfícies, que constituem a rugosidade, são as saliências e reentrâncias existentes na superfície real.



Rugosidade superficial

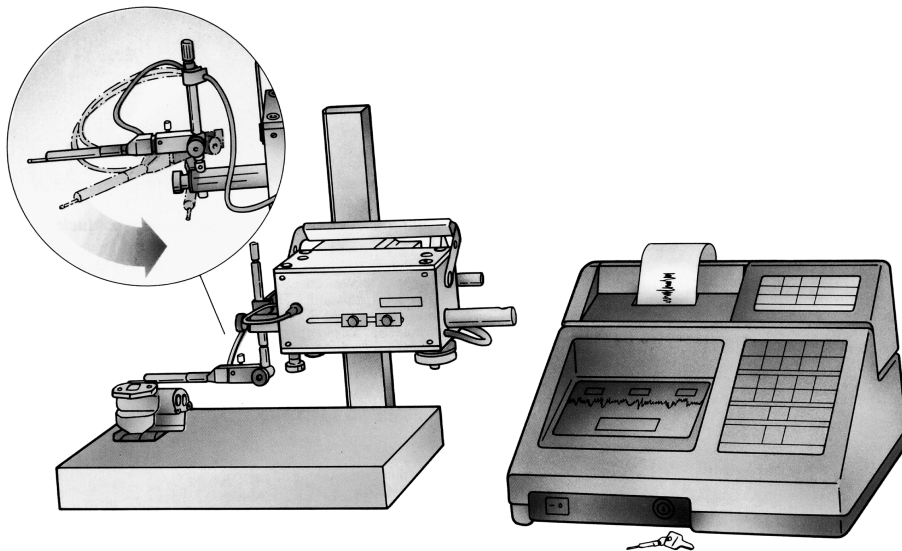
A princípio, a avaliação da rugosidade era feita pela visão e pelo tato. A comparação visual e tátil dá uma idéia, mas não transmite a precisão necessária, levando a conclusões muitas vezes enganosas, e que não podem ser expressas em números. Depois, passou-se a utilizar microscópios, que permitiam uma visão ampliada da superfície a ser julgada.



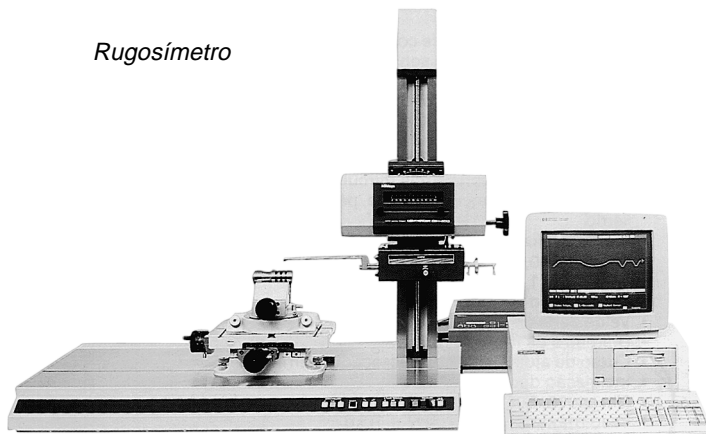
ampliação 1000 x

Porém, os microscópios apresentavam limitações: apesar de possibilitarem a medida da largura e espaçamento entre as saliências e reentrâncias não forneciam informações sobre suas alturas e profundidades. Atualmente, graças ao progresso da eletrônica, já existem aparelhos que fornecem informações completas e precisas sobre o perfil de superfícies analisadas. Por meio de uma pequena agulha, que percorre amostras de com-

primento da superfície verificada, é possível obter informações numéricas e gráficas sobre seu perfil. Assim, utilizando aparelhos como: rugosímetro, perfilógrafo, perfiloscópio etc. é possível avaliar com exatidão se a peça apresenta o estado de superfície adequado ao seu funcionamento.



Rugosímetro



Perfilógrafo

Indicação de estado de superfície

No Brasil, até 1984, a NBR6402 indicava o acabamento superficial por meio de uma simbologia que transmitia apenas informações qualitativas. Esta simbologia, que hoje se encontra ultrapassada, não deve ser utilizada em desenhos técnicos mecâni-

cos. Entretanto, é importante que você a conheça, pois pode vir a encontrá-la em desenhos mais antigos.

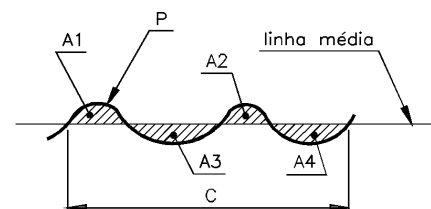
Veja a seguir, os símbolos de acabamento superficial e seu significado.

Símbolo	Significado
~	Indica que a superfície deve permanecer bruta, sem acabamento, e as rebarbas devem ser eliminadas.
▽	Indica que a superfície deve ser desbastada. As estrias produzidas pela ferramenta podem ser percebidas pelo tato ou visão.
▽▽	Indica que a superfície deve ser alisada, apresentando dessa forma marcas pouco perceptíveis à visão.
▽▽▽	Indica que a superfície deve ser polida, e assim ficar lisa, brilhante, sem marcas visíveis.

Atualmente, a avaliação da rugosidade, no Brasil, baseia-se nas normas NBR6405/88 e NBR8404/84, que tratam a rugosidade de forma quantitativa, permitindo que ela seja medida. Este é o próximo assunto que você vai estudar.

Avaliação da rugosidade

A norma brasileira adota o sistema de linha média para avaliação da rugosidade. Veja, no desenho do perfil de uma superfície, a representação da linha média.

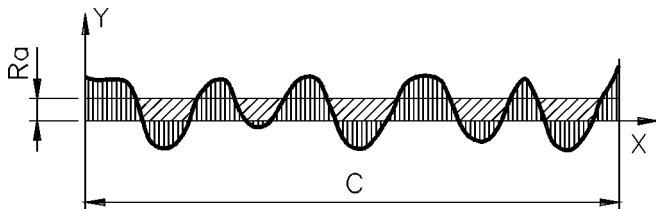


A1 e A2 representam as saliências da superfície real. A3 e A4 representam os sulcos ou reentrâncias da superfície real.

Não é possível a determinação dos erros de todos os pontos de uma superfície. Então, a rugosidade é avaliada em relação a uma linha (p), de comprimento c, que representa uma amostra do perfil real da superfície examinada.

A linha média acompanha a direção geral do perfil, determinando áreas superiores e áreas inferiores, de tal forma que a soma das

áreas superiores (A1 e A2, no exemplo) seja igual à soma das áreas inferiores (A3 e A4, no mesmo exemplo), no comprimento da amostra. A medida da rugosidade é o desvio médio aritmético (Ra) calculado em relação à linha média.



Representação gráfica da rugosidade média

A norma NBR 8404/84 define 12 classes de rugosidade, que correspondem a determinados desvios médios aritméticos (Ra) expressos em micron (μm). Veja, na tabela reproduzida a seguir, as 12 classes de rugosidade e os desvios correspondentes.

Características da rugosidade (Ra)

Classes de rugosidade	Desvio médio aritmético Ra (μm)
N 12	50
N 11	25
N 10	12,5
N 9	6,3
N 8	3,2
N 7	1,6
N 6	0,8
N 5	0,4
N 4	0,2
N 3	0,1
N 2	0,05
N 1	0,025

Como exemplos: um desvio de 3,2 μm corresponde a uma classe de rugosidade **N 8**; a uma classe de rugosidade **N 6** corresponde um valor de rugosidade Ra = 0,8 μm .

Consulte a tabela anterior e responda à questão.

Verificando o entendimento

a) Qual o valor da rugosidade Ra para a classe N 5?

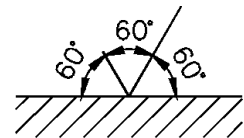
R.: Ra =

Para encontrar o valor de Ra, você deve ter consultado a oitava linha da tabela, de cima para baixo, localizando o valor 0,4 μm .

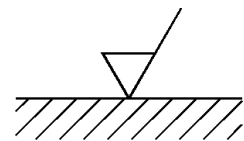
Indicação de rugosidade nos desenhos técnicos

Símbolo indicativo de rugosidade

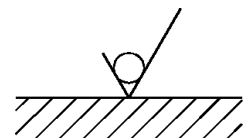
O símbolo básico para a indicação da rugosidade de superfícies é constituído por duas linhas de comprimento desigual, que formam ângulos de 60° entre si e em relação à linha que representa a superfície considerada.



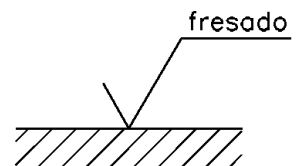
Este símbolo, isoladamente, não tem qualquer valor. Quando, no processo de fabricação, é exigida remoção de material, para obter o estado de superfície previsto, o símbolo básico é representado com um traço adicional.



A remoção de material sempre ocorre em processos de fabricação que envolvem corte, como por exemplo: o torneamento, a fresagem, a perfuração entre outros. Quando a remoção de material não é permitida, o símbolo básico é representado com um círculo, como segue.



O símbolo básico com um círculo pode ser utilizado, também, para indicar que o estado de superfície deve permanecer inalterado, mesmo que a superfície sofra novas operações.



Quando for necessário fornecer indicações complementares, prolonga-se o traço maior do símbolo básico com um traço horizontal e sobre este traço escreve-se a informação desejada.

No exemplo anterior está indicado o processo de remoção de material por fresagem.

Indicação do valor da rugosidade

O valor da rugosidade tanto pode ser expresso numericamente, em micron, como também por classe de rugosidade.

Esse valor vem indicado sobre o símbolo básico, com ou sem sinais adicionais.

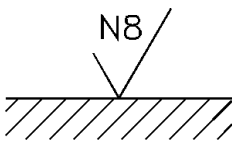


Figura A

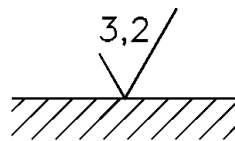


Figura B

Essas duas formas de indicar a rugosidade são corretas.

Quando for necessário estabelecer os limites máximo e mínimo das classes de rugosidade, estes valores devem ser indicados um sobre o outro. O limite máximo deve vir escrito em cima.



Nesse exemplo, a superfície considerada deve ter uma rugosidade R_a compreendida entre um valor máximo N 9 e um valor mínimo N 7 que é o mesmo que entre $6,3 \mu\text{m}$ e $1,6 \mu\text{m}$. Para saber a equivalência das classes de rugosidade em micron (μm), basta consultar a tabela de Características da rugosidade (R_a), vista anteriormente .

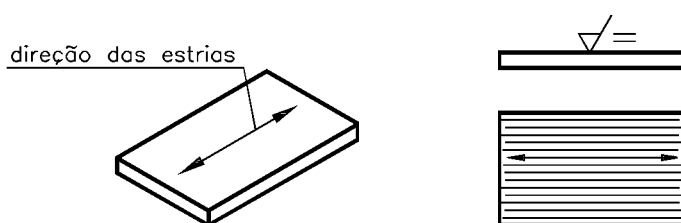
Símbolo para a direção das estrias

Há uma outra característica microgeométrica que deve ser levada em conta no processo de fabricação e na avaliação da rugosidade: trata-se da direção das estrias, que são as pequenas linhas ou os sulcos deixados na superfície usinada pela ferramenta usada no processo de fabricação da peça.

Quando for necessário definir a direção das estrias, isso deve ser feito por um símbolo adicional ao símbolo do estado de rugosidade.

Os símbolos para direção das estrias são normalizados pela NBR8404/84. Veja, a seguir, os símbolos normalizados.

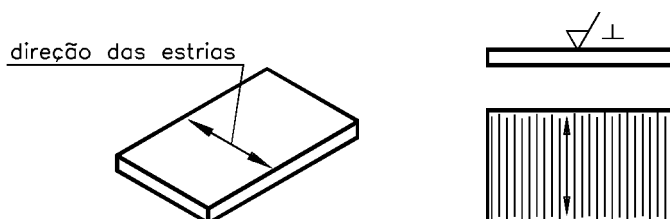
O símbolo — indica que as estrias são paralelas ao plano de projeção da vista sobre a qual o símbolo é aplicado. Acompanhe o exemplo. Imagine que após a usinagem, as estrias da superfície devem ficar na direção indicada na perspectiva. Veja, ao lado, a indicação da direção das estrias no desenho técnico.



Note que, no desenho técnico, o símbolo de rugosidade foi representado na vista frontal. Ao seu lado, foi representado o símbolo — , que indica a posição das estrias em relação ao plano de projeção da vista frontal.

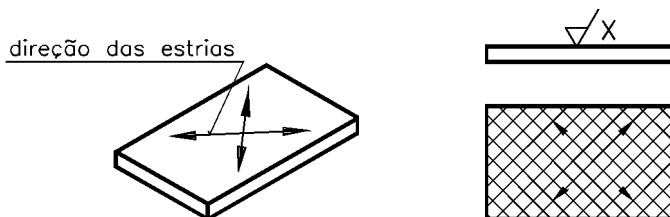
Lembre-se de que as estrias não são visíveis a olho nu por serem características microgeométricas. A indicação da direção das estrias, no desenho técnico, informa ao operador da máquina qual deve ser a posição da superfície a ser usinada em relação à ferramenta que vai usiná-la.

O símbolo \perp indica que as estrias são perpendiculares ao plano de projeção da vista sobre a qual ele é aplicado. Veja.



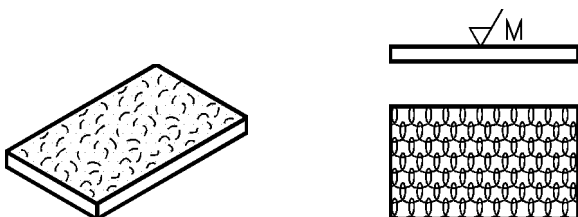
O símbolo \perp , ao lado do símbolo de rugosidade, na vista frontal indica que a posição das estrias da superfície a ser usinada deve ser perpendicular ao plano de projeção da vista frontal.

Quando as estrias devem ficar cruzadas, em duas direções oblíquas, como mostram os desenhos abaixo, o símbolo de direção das estrias é X.



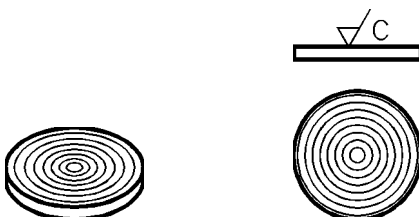
Repare que os símbolos: $\surd X$, representados na vista frontal, indicam qual a superfície a ser usinada e quais as direções das estrias resultantes.

Outra possibilidade é que as estrias se distribuam em muitas direções, como nos desenhos abaixo:



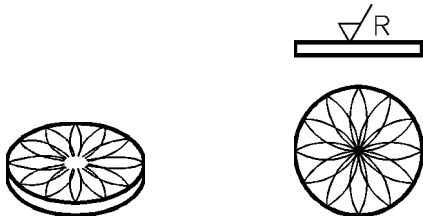
O símbolo indicativo de direções das estrias é M, que aparece representado ao lado do símbolo de rugosidade, na vista frontal.

Quando as estrias devem formar círculos aproximadamente concêntricos, como mostram os próximos desenhos, o símbolo de direção das estrias é C.



Repare que o símbolo C aparece representado ao lado do símbolo de rugosidade, no desenho técnico.

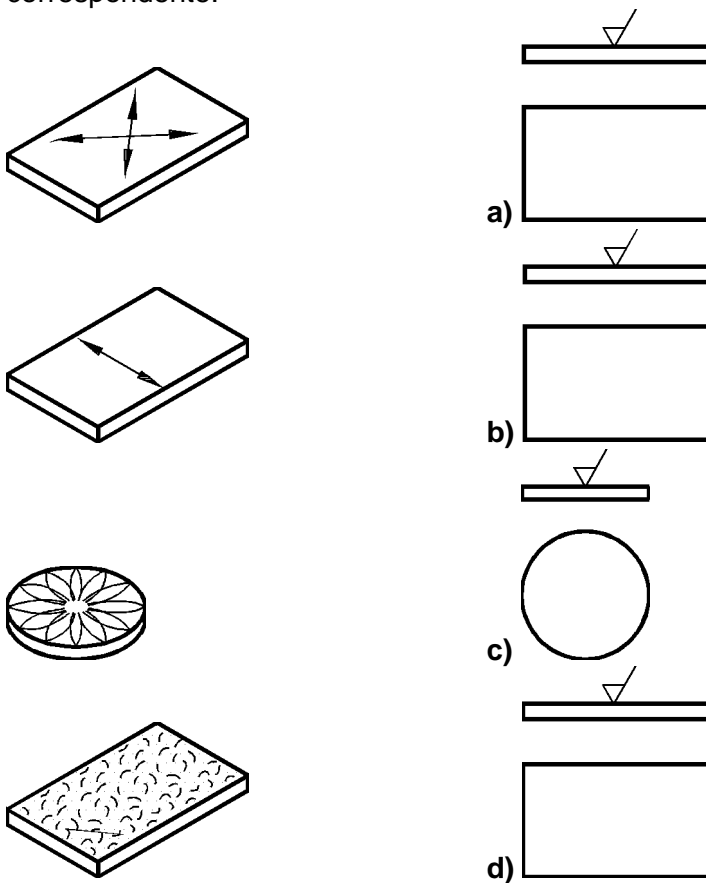
Finalmente, as estrias podem se irradiar a partir do ponto médio da superfície à qual o símbolo se refere. Veja.



O símbolo R, ao lado do símbolo de rugosidade, indica que a direção das estrias é radial em relação ao ponto médio da superfície a ser usinada.

Verificando o entendimento

Analise as perspectivas, à esquerda, e indique nas vistas ortográficas, à direita, o símbolo indicativo de direção das estrias correspondente.

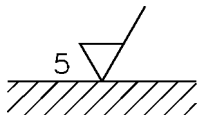


No final desta aula você encontra um quadro sinótico que reúne todos os símbolos indicativos de direção das estrias, de forma resumida, para facilitar futuras consultas. Por ora, verifique se você acertou: a) X; b) \perp ; c) R; d) M.

Indicação de sobremetal para usinagem

Quando uma peça fundida deve ser submetida a usinagem posterior, é necessário prever e indicar a quantidade de sobremetal, isto é, de metal a mais, exigido para a usinagem.

Quando for necessário indicar esse valor, ele deve ser representado à esquerda do símbolo, de acordo com o sistema de medidas utilizado para cotagem. Veja um exemplo.

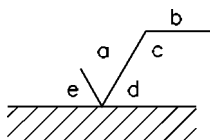


O numeral 5, à esquerda do símbolo de rugosidade, indica que a superfície fundida deve ter 5 mm de espessura a mais do que a dimensão nominal da cota correspondente.

Agora que você conhece todos os elementos associados ao símbolo de rugosidade, veja a disposição do conjunto desses elementos para indicação do estado de superfície.

Disposição das indicações de estado de superfície

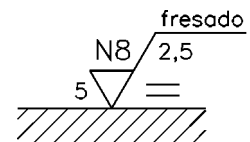
Cada uma das indicações de estado de superfície é representada em relação ao símbolo, conforme as posições a seguir:



Relembre o que cada uma das letras indica:

- a) valor da rugosidade R_a , em μm , ou classe de rugosidade N 1 a N 12;
- b) método de fabricação, tratamento ou revestimento da superfície;
- c) comprimento da amostra para avaliação da rugosidade, em mm;
- d) direção predominante das estrias;
- e) sobremetal para usinagem (μm).

Analise o próximo exemplo, com indicação de estado de superfície e depois resolva o exercício.



Verificando o entendimento

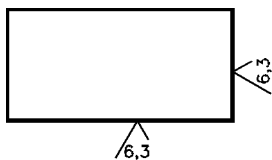
Escreva nas lacunas, as informações solicitadas:

- a) classe de rugosidade:.....
- b) processo de fabricação:.....
- c) comprimento da amostra:
- d) direção das estrias:.....
- e) sobremetal p/ usinagem:.....

Veja agora as respostas corretas: a) classe de rugosidade: N 8; b) processo de fabricação: fresagem; c) comprimento da amostra: 2,5 mm; d) direção das estrias: paralelas ao plano vertical; e) sobremetal para usinagem: 5 mm.

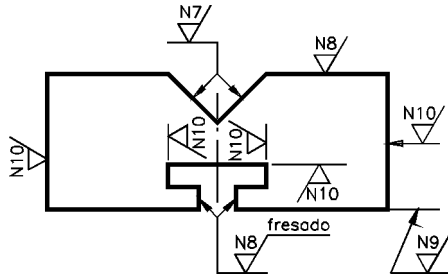
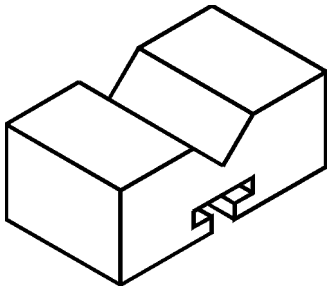
Indicações de estado de superfície nos desenhos

Os símbolos e as inscrições devem estar representados de tal modo que possam ser lidos sem dificuldade. Veja um exemplo.

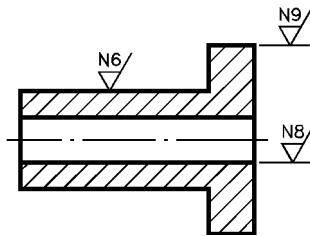
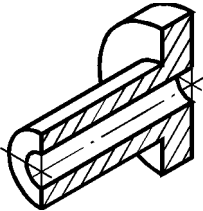


No exemplo acima, a rugosidade R_a das faces: inferior e lateral direita é igual a $6,3 \mu\text{m}$.

O símbolo pode ser ligado à superfície a que se refere por meio de uma linha de indicação, como no próximo desenho.

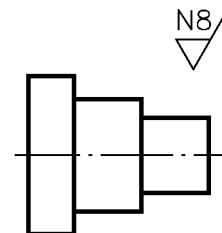


Note que a linha de indicação apresenta uma seta na extremidade de que toca a superfície. Observe novamente o desenho anterior e repare que o símbolo é indicado uma vez para cada superfície. Nas peças de revolução o símbolo de rugosidade é indicado uma única vez, sobre a geratriz da superfície considerada. Veja.

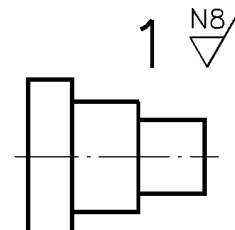


O símbolo indica que a superfície de revolução inteira deve apresentar o mesmo estado de superfície. Quando todas as superfícies da peça têm o mesmo grau de rugosidade, a indicação é feita de maneira simplificada.

Caso se trate de uma peça isolada, a indicação do estado de rugosidade é representada próxima à vista da peça, como no desenho a seguir.

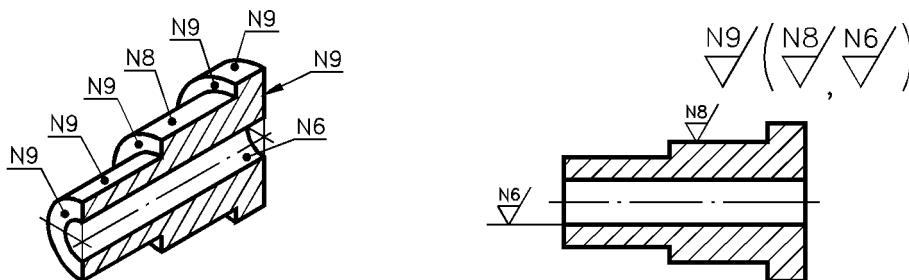


Se a peça faz parte de um conjunto mecânico, ela recebe um número de referência que a identifica e informa sobre a posição da peça no conjunto. Nesse caso, a indicação do estado de superfície vem ao lado do número de referência da peça, como no próximo desenho.



Quando um determinado estado de superfície é exigido para a maioria das superfícies de uma peça, o símbolo de rugosidade correspondente vem representado uma vez, ao lado superior di-

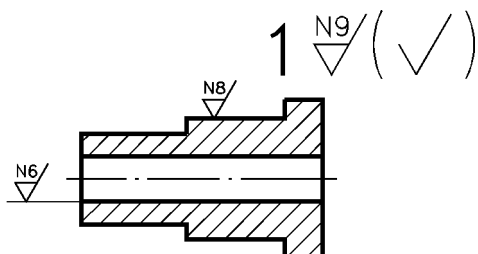
reito da peça. Os demais símbolos de rugosidade, que se referem a superfícies indicadas diretamente no desenho, vêm após o símbolo principal, entre parênteses. Veja um exemplo.



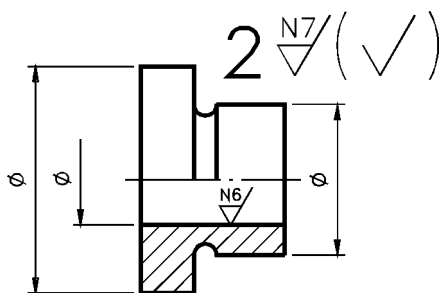
Neste exemplo, N 9 é a classe de rugosidade predominante.

Uma das superfícies de revolução deve apresentar a classe N 8 e a superfície do furo longitudinal deve apresentar a classe N 6. O símbolo \checkmark pode ser representado dentro dos parênteses para substituir as indicações específicas de classes de rugosidade. No exemplo anterior, onde aparece $\nabla_{N9}/(\nabla_{N8}/\nabla_{N6}/)$, esta indicação pode ser substituída por $\nabla_{N9}/(\checkmark)$.

Quando a peça leva número de referência, a indicação da rugosidade geral e das rugosidades específicas vem ao lado do número de referência, como no desenho abaixo.



Analise o próximo desenho e resolva o exercício proposto, para verificar se este assunto ficou bem compreendido.



Verificando o entendimento

Preencha as lacunas:

- A classe de rugosidade da maioria das superfícies da peça é
- O número que indica a posição da peça no conjunto é
- A superfície do furo deve ter a classe de rugosidade
- O valor, em μm da rugosidade da superfície do furo é

Veja as respostas corretas: a) A classe de rugosidade da maioria das superfícies da peça é N 7; b) O número que indica a posição da peça no conjunto é 2; c) A superfície do furo deve ter a rugosidade N 6 e d) A rugosidade da superfície do furo é de 0,8 mm , conforme a tabela apresentada nesta aula.

Correspondência entre os símbolos de acabamento e classes de rugosidade

Os símbolos indicativos de acabamento superficial, apresentados no início desta aula, vêm sendo gradativamente substituídos pelas indicações de rugosidade. É possível que você ainda encontre desenhos que apresentem aquela simbologia já superada. Na prática, foi estabelecida uma correspondência aproximada entre os antigos símbolos de acabamento de superfícies e os atuais símbolos de rugosidade.

Símbolo de acabamento superficial	Símbolo indicativo de rugosidade
~	
▽	de N 10 a N 12
▽▽	de N 7 a N 9
▽▽▽	de N 4 a N 6

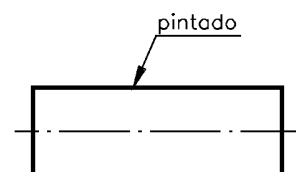
As classes de N 1 a N 3 correspondem a graus de rugosidade mais “finos” que o polido ().

Tratamento

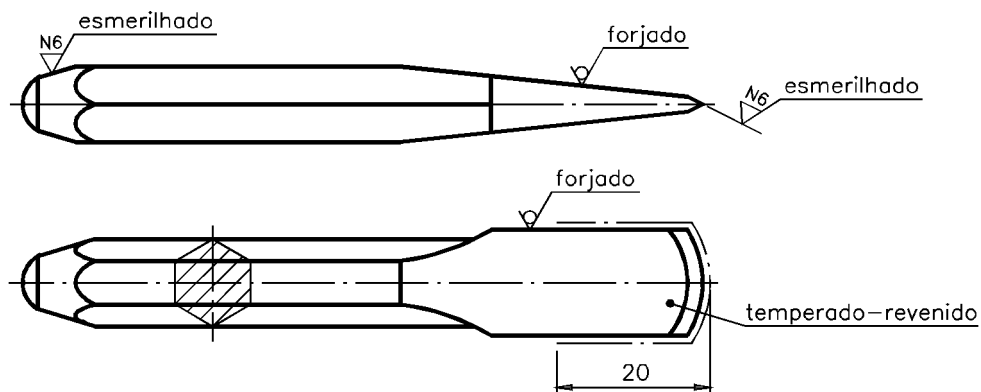
Além do acabamento superficial, muitas peças devem receber tratamento. Tratamento é o processo que permite modificar certas propriedades da peça, tais como: dureza, maleabilidade, resistência à oxidação etc. É muito difícil encontrar um material que se adapte perfeitamente a todas as condições exigidas de funcionamento. Uma das maneiras de contornar este problema consiste em escolher o material que tenha certas propriedades compatíveis com as exigências da peça e, depois, tratá-lo convenientemente, para que adquira outras propriedades exigidas. Existem diferentes processos de tratamento. Alguns modificam apenas as superfícies das peças, como por exemplo: cromação, pintura e niquelagem. Outros modificam certas propriedades da peça, como por exemplo: a cementação, o recozimento, a têmpera e o revenimento.

Indicações de tratamento no desenho técnico.

O processo de tratamento pode vir indicado nos desenhos técnicos de duas maneiras. Uma delas você já conhece: a indicação é feita sobre a linha horizontal do símbolo de rugosidade: Outra forma consiste em indicar o tratamento sobre uma linha de chamada ligada à superfície à qual deve ser aplicado o tratamento.



Nos desenhos técnicos podemos indicar mais de um tipo de tratamento para a mesma peça, como no exemplo a seguir.






A peça acima, uma talhadeira, vai receber dois tipos de tratamento: a têmpera e o revenimento. A linha traço e ponto larga que você vê na vista superior, mostra a parte da peça que deverá receber os tratamentos indicados. No exemplo dado, a cota 20 delimita a extensão da peça a ser submetida aos dois tratamentos (temperado-revenido).

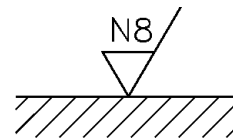
Se todos os assuntos desta aula ficaram bem compreendidos passe para os exercícios de verificação . Caso contrário, releia o conteúdo e analise os exemplos com atenção, antes de resolver os exercícios.

Exercícios

1. Acrescente ao símbolo básico o sinal que indica a remoção de material exigida ✓
2. Assinale com um X a alternativa que corresponde ao símbolo indicativo de rugosidade em que a remoção de material não é permitida.

a)  () b)  () c)  ()

3. A superfície representada a seguir deve ser obtida por torneamento. Complete o símbolo básico indicando, no lugar correto, o processo de fabricação da peça.



4. Analise a representação abaixo, consulte a tabela correspondente e indique os valores:



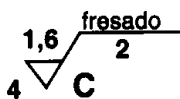
- a) da rugosidade máxima: R.:
.....
b) da rugosidade mínima: R.:

5. Analise a representação abaixo e assinale com um X a alternativa que corresponde à direção das estrias indicada no símbolo de rugosidade.



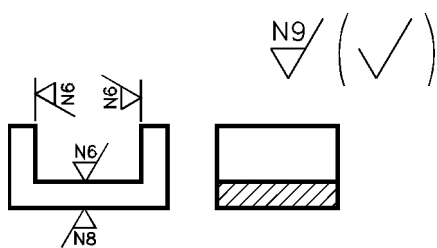
- a) () as estrias são multidirecionadas;
b) () as estrias são concêntricas;
c) () as estrias são radiais;
d) () as estrias devem ficar cruzadas.

6. Analise o símbolo de rugosidade e complete as lacunas.



- a) valor da rugosidade:;
b) direção das estrias:;
c) comprimento da amostra:;
d) sobremetal para usinagem:.....;
e) método de fabricação:..... .

7. Analise o desenho abaixo e responda às questões:



a) Quais as classes de rugosidade das superfícies que formam o rebaixo?

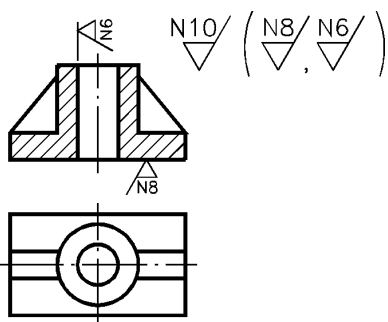
R.:.....

b) Qual o valor da rugosidade da superfície que forma a base da peça?

R.:.....



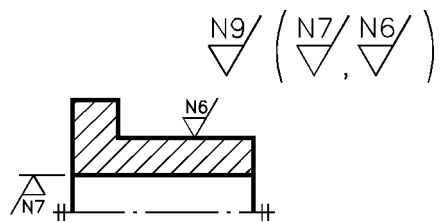
8. Analise o desenho abaixo e complete as frases:



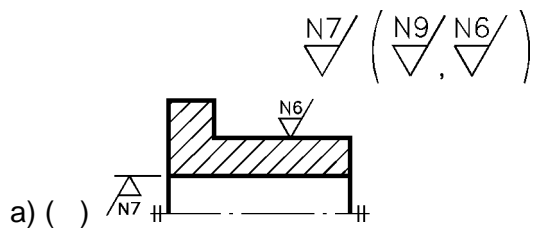
A classe de rugosidade da maioria das superfícies da peça é

As classes de rugosidade indicadas entre parênteses ($\frac{N8}{N6}$) referem-se às superfícies dae do

9. Qual das representações à direita equivale ao desenho re-
presentado à esquerda?



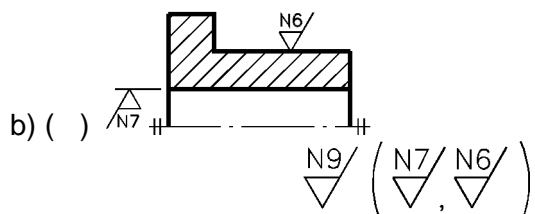
$$N9/ \left(\begin{array}{c} N7/ \\ N6/ \end{array} \right)$$



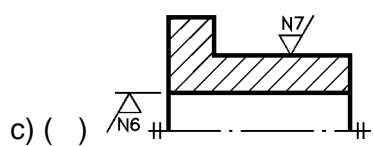
$$N7/ \left(\begin{array}{c} N9/ \\ N6/ \end{array} \right)$$



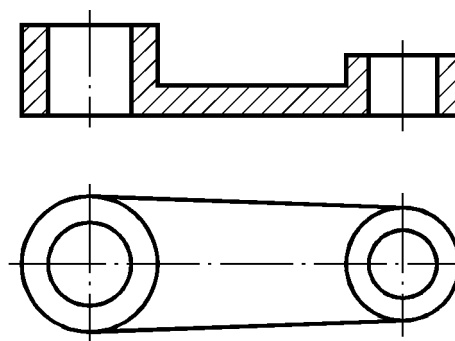
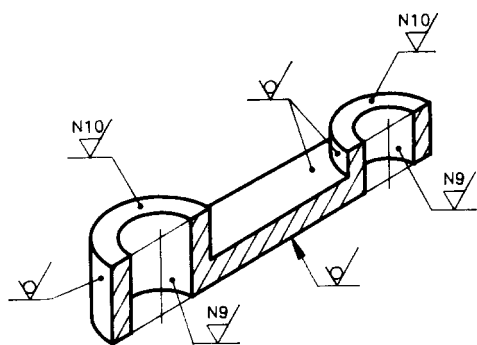
$$N9/ \left(\checkmark \right)$$



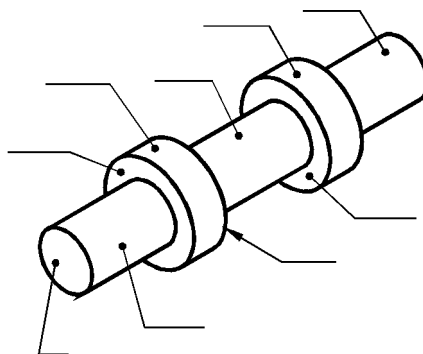
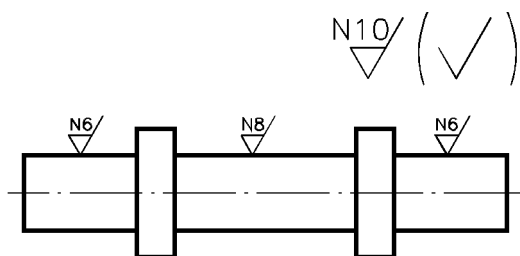
$$N9/ \left(\begin{array}{c} N7/ \\ N6/ \end{array} \right)$$



10. Represente, nas vistas ortográficas, as classes de rugosidade
indicadas na perspectiva.



11. Analise a vista ortográfica e indique, na perspectiva, as classes de rugosidade de cada superfície.

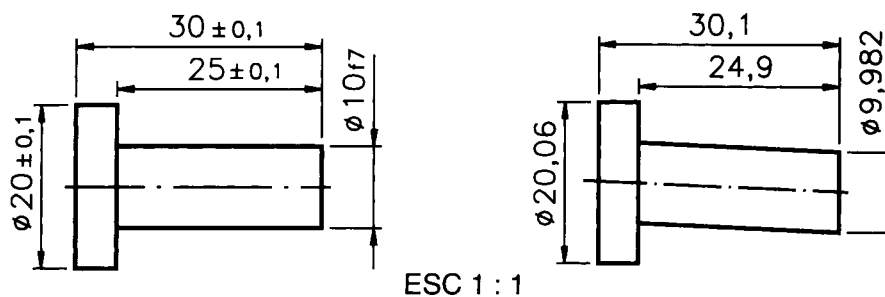


Símbolos para direção das estrias - quadro sinótico		
Símbolo	Interpretação	
=	Paralela ao plano de projeção da vista sobre o qual o símbolo é aplicado.	
⊥	Perpendicular ao plano de projeção da vista sobre o qual o símbolo é aplicado.	
X	Cruzadas em duas direções oblíquas em relação ao plano de projeção da vista sobre o qual o símbolo é aplicado.	
M	Muitas direções.	
C	Aproximadamente central em relação ao ponto médio da superfície ao qual o símbolo é referido.	
R	Aproximadamente radial em relação ao ponto médio da superfície ao qual o símbolo é referido.	

Tolerância geométrica

A execução da peça dentro da tolerância dimensional não garante, por si só, um funcionamento adequado. Veja um exemplo.

A figura da esquerda mostra o desenho técnico de um pino, com indicação das tolerâncias dimensionais. A figura da direita mostra como ficou a peça depois de executada, com a indicação das dimensões efetivas.



Note que, embora as dimensões efetivas do pino estejam de acordo com a tolerância dimensional especificada no desenho técnico, a peça real não é exatamente igual à peça projetada. Pela ilustração você percebe que o pino está deformado.

Não é suficiente que as dimensões da peça estejam dentro das tolerâncias dimensionais previstas. É necessário que as peças estejam dentro das formas previstas para poderem ser montadas adequadamente e para que funcionem sem problemas. Do mesmo modo que é praticamente impossível obter uma peça real com as dimensões nominais exatas, também é muito difícil obter uma peça real com formas rigorosamente idênticas às da peça projetada. Assim, desvios de formas dentro de certos limites não chegam a prejudicar o bom funcionamento das peças.

Quando dois ou mais elementos de uma peça estão associados, outro fator deve ser considerado: a posição relativa desses elementos entre si.

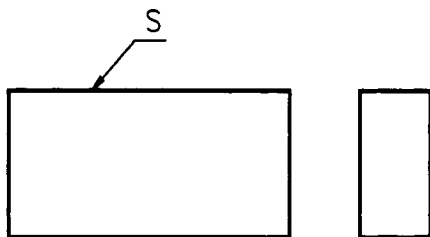
As variações aceitáveis das formas e das posições dos elementos na execução da peça constituem as tolerâncias geométricas.

Interpretar desenhos técnicos com indicações de tolerâncias geométricas é o que você vai aprender nesta aula. Como se trata de um assunto muito complexo, será dada apenas uma visão geral, sem a pretensão de esgotar o tema. O aprofundamento virá com muito estudo e com a prática profissional.

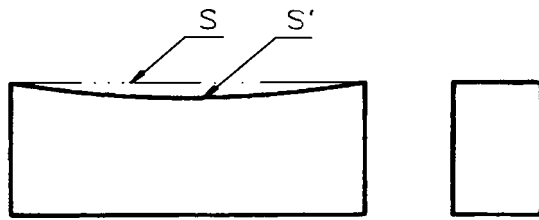
Tolerâncias de forma

As tolerâncias de forma são os desvios que um elemento pode apresentar em relação à sua forma geométrica ideal. As tolerâncias de forma vêm indicadas no desenho técnico para elementos isolados, como por exemplo, uma superfície ou uma linha.

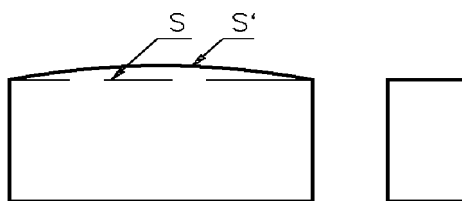
Analise as vistas frontal e lateral esquerda do modelo prismático abaixo. Note que a superfície S, projetada no desenho, é uma superfície geométrica ideal plana.



Após a execução, a superfície real da peça S' pode não ficar tão plana como a superfície ideal S . Entre os desvios de planeza, os tipos mais comuns são a concavidade e a convexidade.

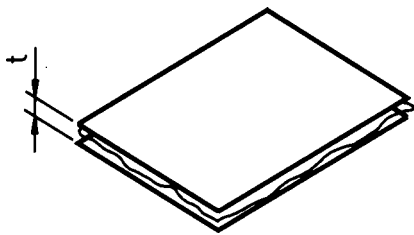


Forma real côncava



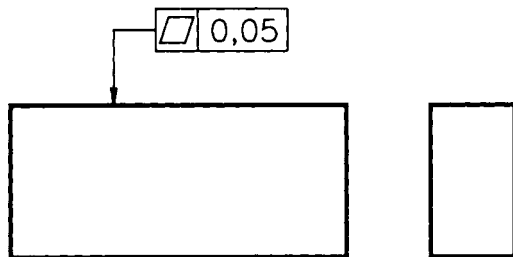
Forma real convexa

A **tolerância de planeza** corresponde à distância t entre dois planos ideais imaginários, entre os quais deve encontrar-se a superfície real da peça.



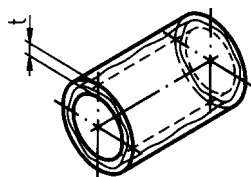
No desenho anterior, o espaço situado entre os dois planos paralelos é o campo de tolerância.

Nos desenhos técnicos, a indicação da tolerância de planeza vem sempre precedida do seguinte símbolo: \square .

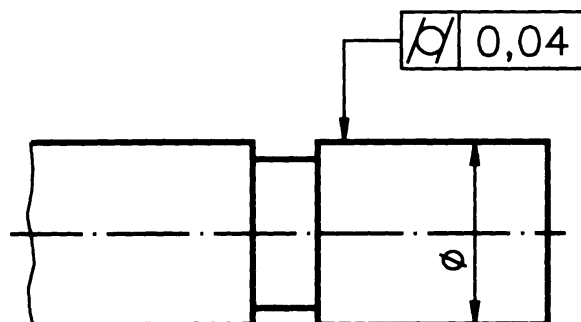


Um outro tipo de tolerância de forma de superfície é a **tolerância de cilíndricidade**.

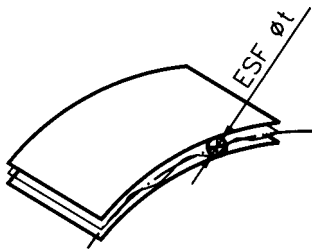
Quando uma peça é cilíndrica, a forma real da peça fabricada deve estar situada entre as superfícies de dois cilindros que têm o mesmo eixo e raios diferentes.



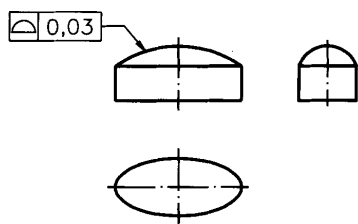
No desenho acima, o espaço entre as superfícies dos cilindros imaginários representa o campo de tolerância. A indicação da tolerância de cilíndricidade, nos desenhos técnicos, vem precedida do seguinte símbolo: M .



Finalmente, a superfície de uma peça pode apresentar uma forma qualquer. A tolerância de **forma de uma superfície qualquer** é definida por uma esfera de diâmetro t , cujo centro movimentasse por uma superfície que tem a forma geométrica ideal. O campo de tolerância é limitado por duas superfícies tangentes à esfera t , como mostra o desenho a seguir.



A tolerância de forma de uma superfície qualquer vem precedida, nos desenhos técnicos, pelo símbolo: $\frac{1}{2}$.



Verificando o entendimento

1. Ligue cada símbolo à tolerância de forma de superfície que ele representa:

- a) $\frac{1}{2}$ planeza
 - b) ⊘ circularidade
 - c) ⊓ cilindridade
- superfície qualquer

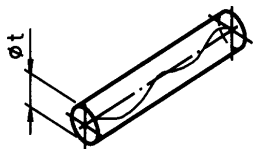
Verifique se você fez as associações acertadas: a) superfície qualquer; b) cilindridade e c) planeza.

Até aqui você ficou conhecendo os símbolos indicativos de tolerâncias de forma de superfícies. Mas, em certos casos, é necessário indicar as tolerâncias de forma de linhas.

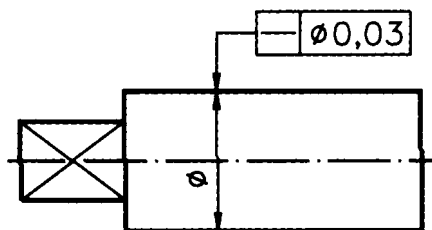
São três os tipos de tolerâncias de forma de linhas: retilidade, circularidade e linha qualquer.

A **tolerância de retilidade** de uma linha ou eixo depende da forma da peça à qual a linha pertence.

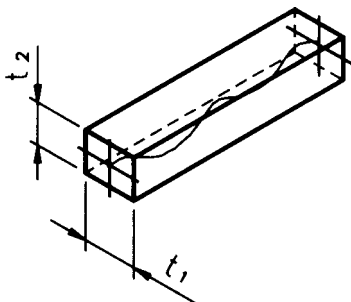
Quando a peça tem forma cilíndrica, é importante determinar a tolerância de retilidade em relação ao eixo da parte cilíndrica. Nesses casos, a tolerância de retilidade é determinada por um cilindro imaginário de diâmetro t , cujo centro coincide com o eixo da peça.



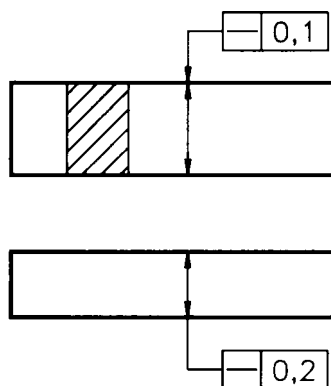
Nos desenhos técnicos, a tolerância de retilidade de linha é indicada pelo símbolo: — , como mostra o desenho abaixo.



Quando a peça tem a forma cilíndrica, o campo de tolerância de retilidade também tem a forma cilíndrica. Quando a peça tem forma prismática com seção retangular, o campo de tolerância de retilidade fica definido por um paralelepípedo imaginário, cuja base é formada pelos lados t_1 e t_2 .



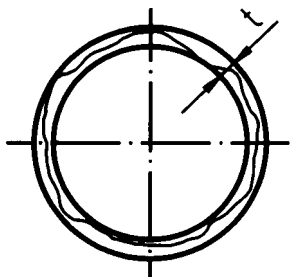
No caso das peças prismáticas a indicação de tolerância de retilidade também é feita pelo símbolo: — que antecede o valor numérico da tolerância.



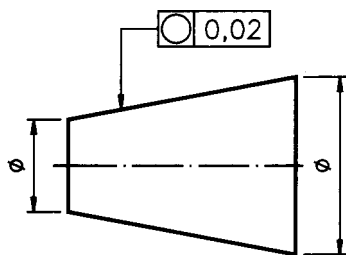
Em peças com forma de disco, cilindro ou cone pode ser necessário determinar a **tolerância de circularidade**.

A tolerância de circularidade é determinada por duas circunferências que têm o mesmo centro e raios diferentes. O centro dessas circunferências é um ponto situado no eixo da peça.

O campo de tolerância de circularidade corresponde ao espaço t entre as duas circunferências, dentro do qual deve estar compreendido o contorno de cada seção da peça.



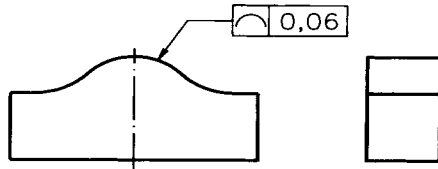
Nos desenhos técnicos, a indicação da tolerância de circularidade vem precedida do símbolo: \bigcirc



Finalmente, há casos em que é necessário determinar a tolerância de forma de uma linha qualquer. A tolerância de um perfil ou contorno qualquer é determinada por duas linhas envolvendo uma circunferência de diâmetro t cujo centro se desloca por uma linha que tem o perfil geométrico desejado.



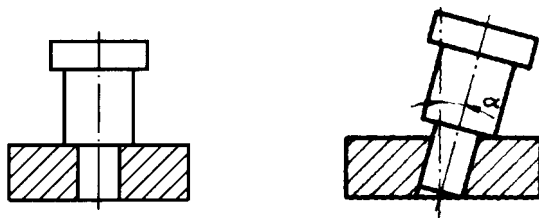
Note que o contorno de cada seção do perfil deve estar compreendido entre duas linhas paralelas, tangentes à circunferência. A indicação da tolerância de forma de uma linha qualquer vem precedida do símbolo: \frown .



Cuidado para não confundir os símbolos! No final desta aula, você encontrará um quadro com o resumo de todos os símbolos usados em tolerâncias geométricas. Estude-o com atenção e procure memorizar todos os símbolos aprendidos.

Tolerâncias de orientação

Quando dois ou mais elementos são associados pode ser necessário determinar a orientação precisa de um em relação ao outro para assegurar o bom funcionamento do conjunto. Veja um exemplo.



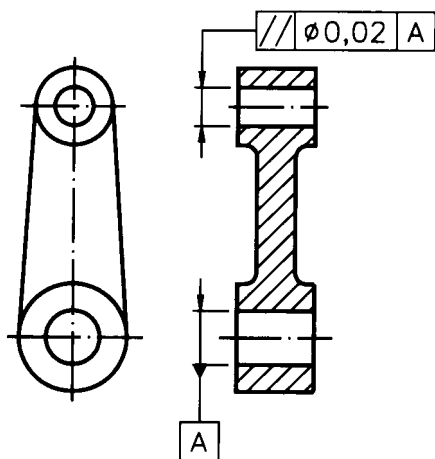
O desenho técnico da esquerda mostra que o eixo deve ser perpendicular ao furo. Observe, no desenho da direita, como um erro de perpendicularidade na execução do furo afeta de modo inaceitável a funcionalidade do conjunto. Daí a necessidade de se determinarem, em alguns casos, as tolerâncias de orientação. Na determinação das tolerâncias de orientação geralmente um elemento é escolhido como referência para indicação das tolerâncias dos demais elementos.

O elemento tomado como referência pode ser uma linha, como por exemplo, o eixo de uma peça. Pode ser, ainda, um plano, como por exemplo, uma determinada face da peça. E pode ser até mesmo um ponto de referência, como por exemplo, o centro de um furo. O elemento tolerado também pode ser uma linha, uma superfície ou um ponto.

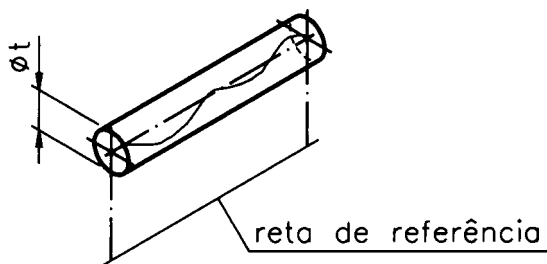
As tolerâncias de orientação podem ser de: paralelismo, perpendicularidade e inclinação.

Tolerância de paralelismo

Observe o desenho técnico abaixo.



Nesta peça, o eixo do furo superior deve ficar paralelo ao eixo do furo inferior, tomado como referência. O eixo do furo superior deve estar compreendido dentro de uma zona cilíndrica de diâmetro t , paralela ao eixo do furo inferior, que constitui a reta de referência.

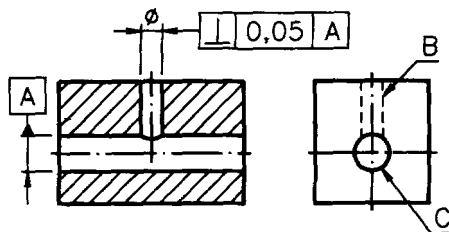


Na peça do exemplo anterior, o elemento tolerado foi uma linha reta: o eixo do furo superior. O elemento tomado como referência também foi uma linha: o eixo do furo inferior. Mas, há casos em que a tolerância de paralelismo de um eixo é determinada tomando-se como referência uma superfície plana.

Qualquer que seja o elemento tolerado e o elemento de referência, a indicação de tolerância de paralelismo, nos desenhos técnicos, vem sempre precedida do símbolo: // .

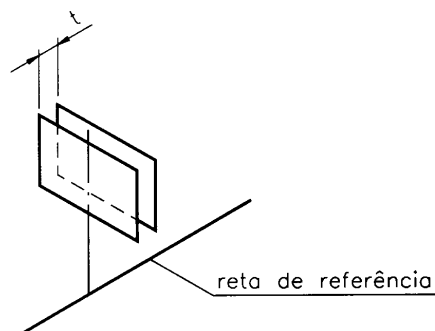
Tolerância de perpendicularidade

Observe o desenho abaixo.



Nesta peça, o eixo do furo vertical B deve ficar perpendicular ao eixo do furo horizontal C. Assim, é necessário determinar a tolerância de perpendicularidade de um eixo em relação ao outro.

Tomando como reta de referência o eixo do furo C, o campo de tolerância do eixo do furo B fica limitado por dois planos paralelos, distantes entre si uma distância t e perpendiculares à reta de referência.

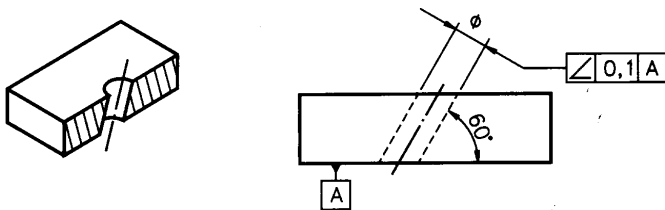


Dependendo da forma da peça, pode ser mais conveniente indicar a tolerância de perpendicularidade de uma linha em relação a um plano de referência.

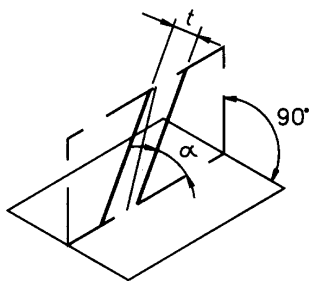
Nos desenhos técnicos, a indicação das tolerâncias de perpendicularidade vem precedida do seguinte símbolo: \perp .

Tolerância de inclinação

O furo da peça representada a seguir deve ficar inclinado em relação à base.



Para que o furo apresente a inclinação correta é necessário determinar a tolerância de inclinação do eixo do furo. O elemento de referência para determinação da tolerância, neste caso, é o plano da base da peça. O campo de tolerância é limitado por duas retas paralelas, distantes entre si uma distância t , que formam com a base o ângulo de inclinação especificado α .



Em vez de uma linha, como no exemplo anterior, o elemento tolerado pode ser uma superfície.

Nos desenhos técnicos, a indicação de tolerância de inclinação vem precedida do símbolo: \angle .

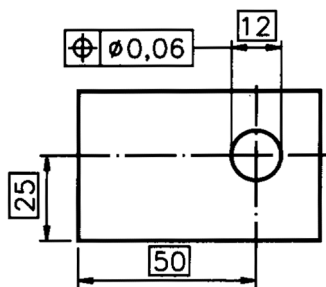
Tolerância de posição

Quando tomamos como referência a posição, três tipos de tolerância devem ser considerados: de localização; de concentricidade e de simetria.

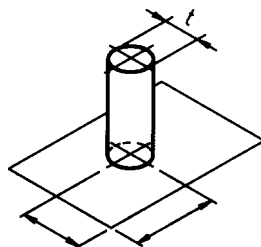
Saiba como identificar cada um desses tipos de tolerância acompanhando com atenção as próximas explicações.

Tolerância de localização

Quando a localização exata de um elemento, como por exemplo: uma linha, um eixo ou uma superfície, é essencial para o funcionamento da peça, sua tolerância de localização deve ser determinada. Observe a placa com furo, a seguir.



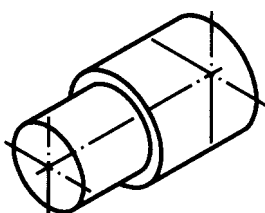
Como a localização do furo é importante, o eixo do furo deve ser tolerado. O campo de tolerância do eixo do furo é limitado por um cilindro de diâmetro t . O centro deste cilindro coincide com a localização ideal do eixo do elemento tolerado.



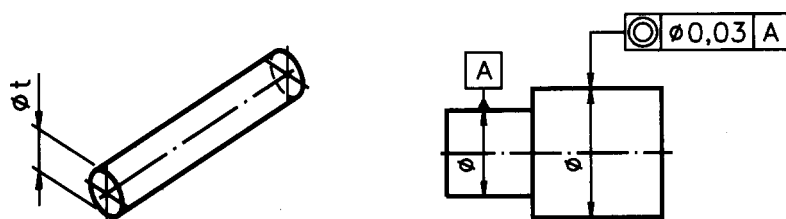
A indicação da tolerância de localização, nos desenhos técnicos, é antecedida pelo símbolo: \oplus .

Tolerância de concentricidade ou coaxialidade

Quando duas ou mais figuras geométricas planas regulares têm o mesmo centro, dizemos que elas são concêntricas. Quando dois ou mais sólidos de revolução têm o eixo comum, dizemos que eles são coaxiais. Em diversas peças, a concentricidade ou a coaxialidade de partes ou de elementos, é condição necessária para seu funcionamento adequado. Mas, determinados desvios, dentro de limites estabelecidos, não chegam a prejudicar a funcionalidade da peça. Daí a necessidade de serem indicadas as tolerâncias de concentricidade ou de coaxialidade. Veja a peça abaixo, por exemplo:



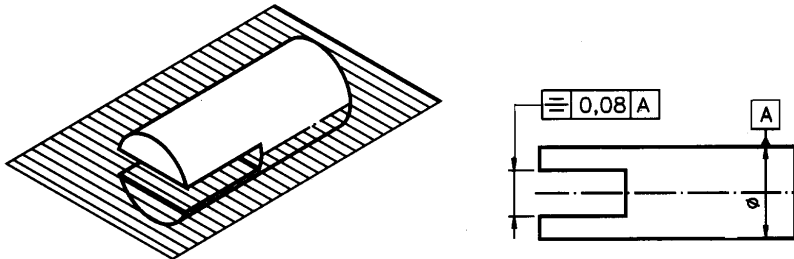
Essa peça é composta por duas partes de diâmetros diferentes. Mas, os dois cilindros que formam a peça são coaxiais, pois têm o mesmo eixo. O campo de tolerância de coaxialidade dos eixos da peça fica determinado por um cilindro de diâmetro t cujo eixo coincide com o eixo ideal da peça projetada.



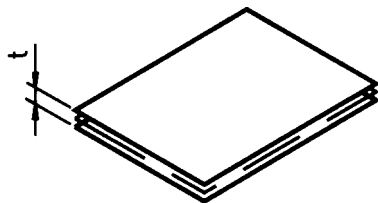
A tolerância de concentricidade é identificada, nos desenhos técnicos, pelo símbolo: ◎ .

Tolerância de simetria

Em peças simétricas é necessário especificar a tolerância de simetria. Observe a peça a seguir, representada em perspectiva e em vista única:



Preste atenção ao plano que divide a peça em duas partes simétricas. Na vista frontal, a simetria vem indicada pela linha de simetria que coincide com o eixo da peça. Para determinar a tolerância de simetria, tomamos como elemento de referência o plano médio ou eixo da peça. O campo de tolerância é limitado por dois planos paralelos, equidistantes do plano médio de referência, e que guardam entre si uma distância t . É o que mostra o próximo desenho.



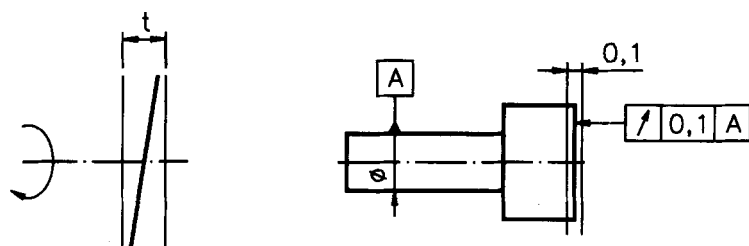
Nos desenhos técnicos, a indicação de tolerância de simetria vem precedida pelo símbolo: \equiv

Há ainda um outro tipo de tolerância que você precisa conhecer para adquirir uma visão geral deste assunto: tolerância de batimento.

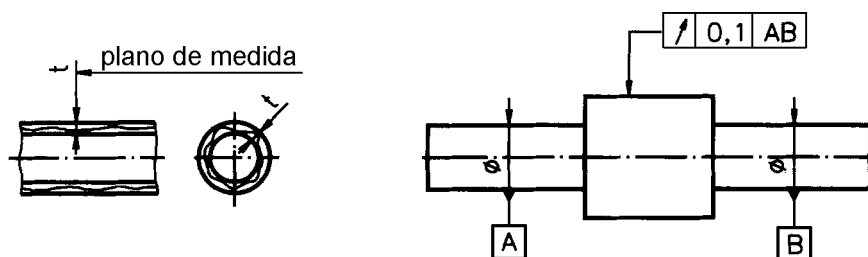
Tolerância de batimento

Quando um elemento dá uma volta completa em torno de seu eixo de rotação, ele pode sofrer oscilação, isto é, deslocamentos em relação ao eixo. Dependendo da função do elemento, esta oscilação tem de ser controlada para não comprometer a funcionalidade da peça. Por isso, é necessário que sejam determinadas as tolerâncias de batimento, que delimitam a oscilação aceitável do elemento. As tolerâncias de batimento podem ser de dois tipos: axial e radial.

Axial refere-se a eixo. Batimento axial quer dizer balanço no sentido do eixo. O campo de tolerância, no batimento axial, fica delimitado por dois planos paralelos entre si, a uma distância t e que são perpendiculares ao eixo de rotação.



O batimento radial, por outro lado, é verificado em relação ao raio do elemento, quando o eixo der uma volta completa. O campo de tolerância, no batimento radial é delimitado por um plano perpendicular ao eixo de giro que define dois círculos concêntricos, de raios diferentes. A diferença t dos raios corresponde à tolerância radial.

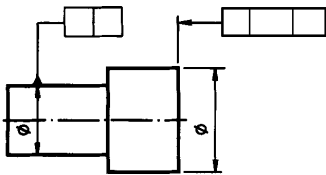


As tolerâncias de balanço são indicadas, nos desenhos técnicos, precedidas do símbolo: ↗

A execução de peças com indicação de tolerâncias geométricas é tarefa que requer grande experiência e habilidade. A interpretação completa deste tipo de tolerância exige conhecimentos muito mais aprofundados, que escapam ao objetivo deste curso.

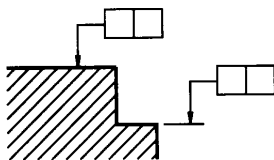
Indicações de tolerâncias geométricas em desenhos técnicos

Nos desenhos técnicos, as tolerâncias de forma, de orientação, de posição e de batimento são inscritas em quadros retangulares divididos em duas ou três partes, como mostra o desenho abaixo:

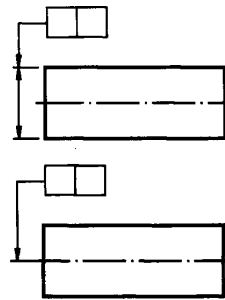


Observe que o quadro de tolerância aparece ligado ao elemento que se deseja verificar por uma linha de marcação terminada em seta.

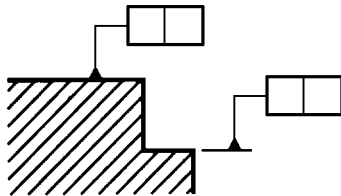
Veja, no detalhe do desenho, reproduzido a seguir, que a seta termina no contorno ou numa linha de prolongamento se a tolerância é aplicada numa superfície, como neste exemplo.



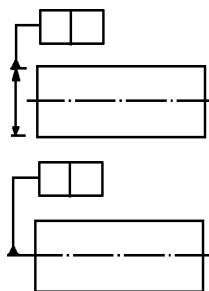
Mas, quando a tolerância é aplicada a um eixo, ou ao plano médio da peça, a indicação é feita na linha auxiliar, no prolongamento da linha de cota, ou diretamente sobre o eixo tolerado. Veja, no desenho ao lado, essas duas formas de indicação.



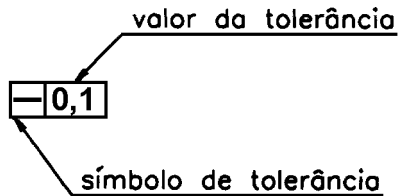
Os elementos de referência são indicados por uma linha que termina por um triângulo cheio. A base deste triângulo é apoiada sobre o contorno do elemento ou sobre o prolongamento do contorno do elemento.



No exemplo acima, o elemento de referência é uma superfície. Mas, o elemento de referência pode ser, também, um eixo ou um plano médio da peça. Quando o elemento de referência é um eixo ou um plano médio, a base do triângulo se apoia sobre a linha auxiliar, no prolongamento da linha de cota ou diretamente sobre o eixo ou plano médio de referência.



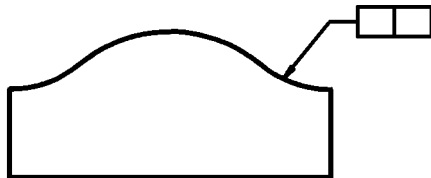
Agora, vamos analisar o conteúdo do quadro dividido em duas partes. No primeiro quadrinho, da esquerda para a direita, vem sempre indicado o tipo de tolerância. No quadrinho seguinte, vem indicado o valor da tolerância, em milímetros:

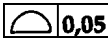


No exemplo acima, o símbolo: — indica que se trata de tolerância de retilidade de linha. O valor 0,1 indica que a tolerância de retilidade, neste caso, é de um décimo de milímetro.

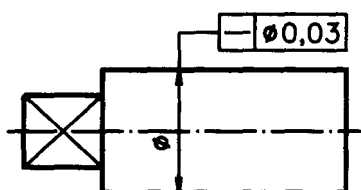
Verificando o entendimento

1. Indique a tolerância geométrica no quadro apropriado sabendo que: a tolerância é aplicada a uma superfície de forma qualquer; o valor da tolerância é de cinco centésimos de milímetro.



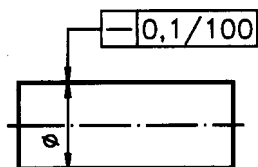
Verifique se você acertou. Você deve ter inscrito o símbolo de tolerância de forma para superfície qualquer no quadrinho da esquerda. No quadrinho da direita você deve ter inscrito o valor da tolerância: 0,05. Sua resposta deve ter ficado assim: 

Às vezes, o valor da tolerância vem precedido do símbolo indicativo de diâmetro: \varnothing como no próximo exemplo.



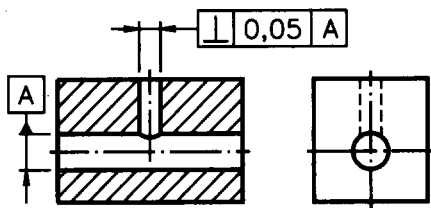
Aqui temos um caso de tolerância de forma: o símbolo — indica tolerância de retilidade de linha. Observe o símbolo \varnothing antes do valor da tolerância 0,03. Quando o valor da tolerância vem após o símbolo \varnothing isto quer dizer que o campo de tolerância correspondente pode ter a forma circular ou cilíndrica.

Quando a tolerância deve ser verificada em relação a determinada extensão da peça, esta informação vem indicada no segundo quadrinho, separada do valor da tolerância por uma barra inclinada (/). Veja no próximo desenho.



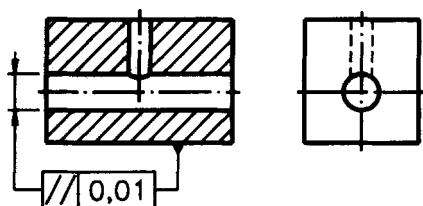
A tolerância aplicada nesta peça é de retilidade de linha. O valor da tolerância é de 0,1, ou seja, um décimo de milímetro. O número 100, após o valor da tolerância, indica que sobre uma extensão de 100 mm, tomada em qualquer parte do comprimento da peça, o eixo real deve ficar entre duas retas paralelas, distantes entre si 0,1 mm.

Os casos estudados até agora apresentavam o quadro de tolerância dividido em duas partes. Agora você vai aprender a interpretar a terceira parte do quadro:



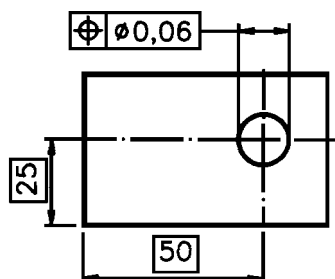
A letra \boxed{A} identifica o elemento de referência, que, neste exemplo, é o eixo do furo horizontal. Esta mesma letra A aparece no terceiro quadrinho, para deixar clara a associação entre o elemento tolerado e o elemento de referência. O \perp símbolo no quadrinho da esquerda, refere-se à tolerância de perpendicularidade. Isso significa que, nesta peça, o furo vertical, que é o elemento tolerado, deve ser perpendicular ao furo horizontal. O quadrinho \boxed{A} é ligado ao elemento a que se refere pela linha que termina em um triângulo cheio. O valor da tolerância é 0,05 mm.

Nem sempre, porém, o elemento de referência vem identificado pela letra maiúscula. Às vezes, é mais conveniente ligar diretamente o elemento tolerado ao elemento de referência. Veja.



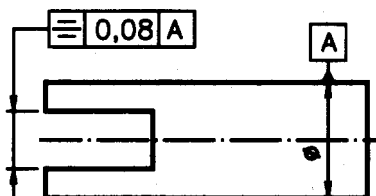
O símbolo $//$ indica que se trata de tolerância de paralelismo. O valor da tolerância é de 0,01 mm. O triângulo cheio, apoiado no contorno do bloco, indica que a base da peça está sendo tomada como elemento de referência. O elemento tolerado é o eixo do furo horizontal, paralelo ao plano da base da peça.

Acompanhe a interpretação de mais um exemplo de desenho técnico com aplicação de tolerância geométrica.



Aqui, o elemento tolerado é o furo. O símbolo \oplus indica que se trata de tolerância de localização. O valor da tolerância é de 0,06 mm. O símbolo \varnothing antes do valor da tolerância indica que o campo de tolerância tem a forma cilíndrica. As cotas 25 e 50 são cotas de referência para localização do furo. As cotas de referência sempre vêm inscritas em retângulos.

Analise o próximo desenho e depois resolva o exercício.



Verificando o entendimento

1. Responda às questões:

a) Que tipo de tolerância está indicada nesse desenho?

R:.....


b) Qual o valor da tolerância?

R:

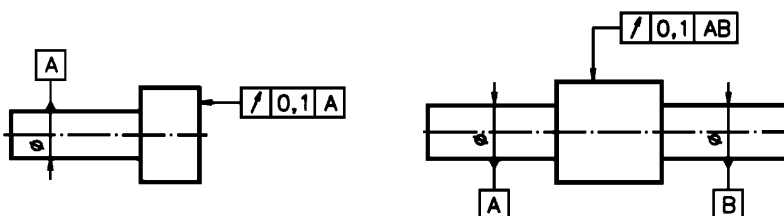
c) Qual o elemento tomado como referência? R:.....

Você deve ter respondido que: a) Nesse desenho está indicada a tolerância de simetria; b) O valor da tolerância é de 0,08 mm e c) O elemento tomado como referência é o plano médio da peça.

Você deve ter concluído que o plano médio da peça é o elemento















de referência, já que o triângulo cheio da letra A () está apoiado sobre o prolongamento da linha de cota do diâmetro.

Finalmente, observe dois exemplos de aplicação de tolerância de batimento:



No desenho da esquerda temos uma indicação de batimento axial. Em uma volta completa em torno do eixo de referência **A**, o batimento da superfície tolerada não pode se deslocar fora de duas retas paralelas, distantes entre si de 0,1 mm e perpendiculares ao eixo da peça.

No desenho da direita o batimento é radial em relação a dois elementos de referência: A e B. Isto quer dizer que durante uma volta completa em torno do eixo definido por A e B, a oscilação da parte tolerada não pode ser maior que 0,1 mm.

Tolerâncias geométricas (quadrado sinótico)		
Tolerância de forma para elementos isolados		
	Denominação	Símbolo
de linhas	Retilneidade	
	Circularidade	
	Forma de linha qualquer	
de superfícies	Planeza	
	Cilindricidade	
	Forma de superfície qualquer	
Tolerância para elementos associados		
	Denominação	Símbolo
de orientação	Paralelismo	
	Perpendicularidade	
	Inclinação	
de posição	Localização	
	Concentricidade ou coaxialidade	
	Simetria	
Tolerância de batimento		
Radial		
Axial		

Exercícios

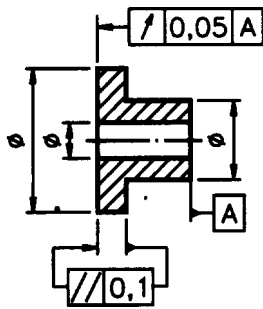
1. Faça um círculo em torno dos símbolos que indicam tolerâncias de forma.

a) \perp b) \emptyset c) \cap d) \square

2. Faça um círculo em torno do símbolo que indica tolerância de concentricidade.

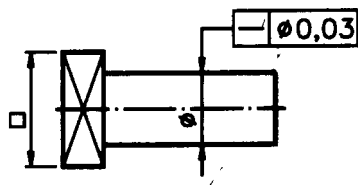
a) \equiv b) \odot c) \oplus d) \angle

3. Analise o desenho e assinale as tolerâncias indicadas.



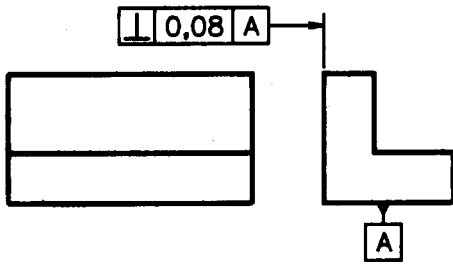
- a) () batimento;
- b) () paralelismo;
- c) () inclinação;
- d) () simetria.

4. Analise o desenho e assinale qual o elemento tolerado.



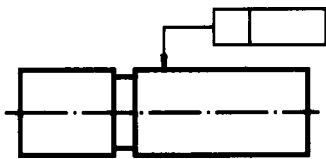
- a) () eixo da parte cilíndrica
- b) () eixo da parte prismática

5. Analise o desenho técnico e responda:

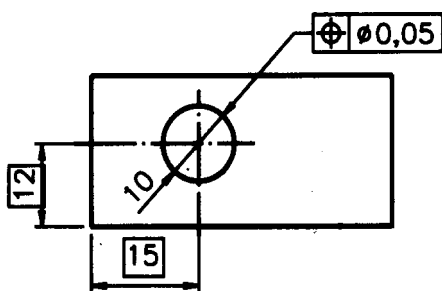


- a) qual o elemento tolerado? R.:
 b) qual o elemento de referência? R.:

6. No desenho técnico abaixo, preencha o quadro de tolerância sabendo que a tolerância aplicada é de cilíndricidade e o valor da tolerância é de dois centésimos de milímetro.

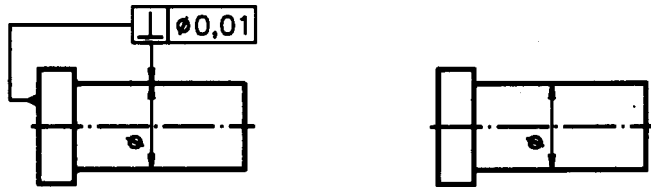


7. Analise o desenho técnico e complete as frases.

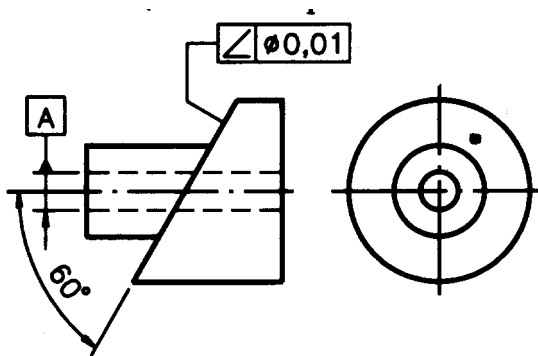


- a) A tolerância aplicada neste desenho é de ;
 b) O valor da tolerância é de ;
 c) Os elementos de referência são as cotas e

8. No desenho técnico da esquerda, o elemento de referência está ligado diretamente ao elemento tolerado. Complete o desenho da direita, identificando o elemento de referência como A.



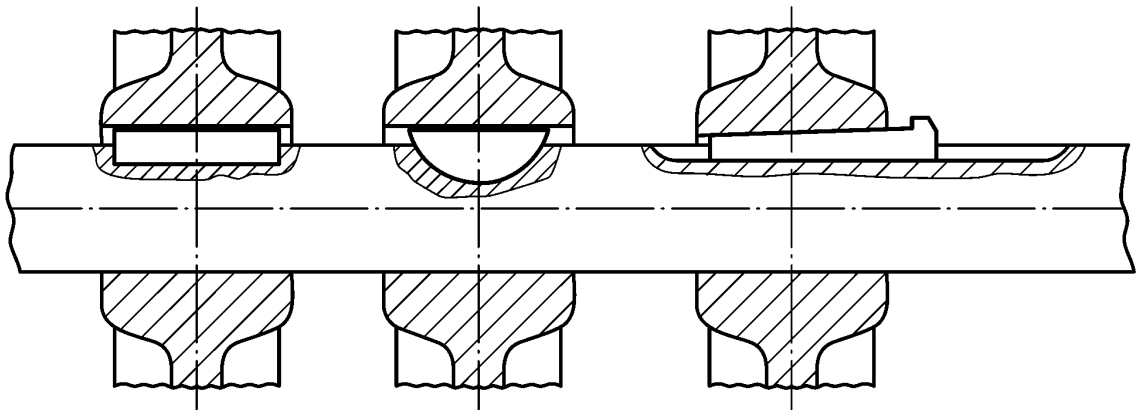
9. Analise o desenho técnico e complete as frases.



- a) A tolerância indicada neste desenho é de
- b) O elemento de referência é o

Chavetas

A chaveta é um corpo prismático que permite ao eixo transmitir seus movimentos a outros órgãos, como cubos, engrenagens e polias. A união por chaveta é um tipo de junção desmontável. Construída de aço, pode ter faces paralelas ou inclinadas, dependendo do esforço e do movimento que exerce.

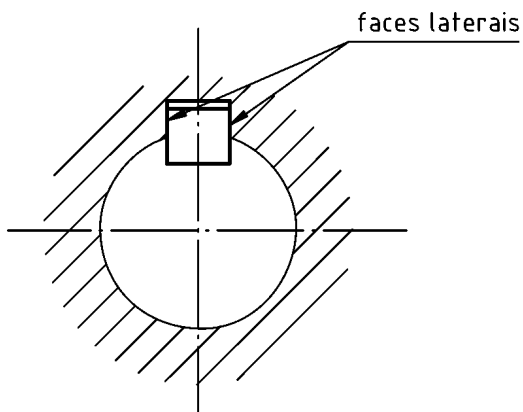


A chaveta classifica-se em chaveta plana, meia-lua e inclinada. A chaveta plana divide-se em de fixação (curta) e de deslizamento (longa). Tanto uma como outra podem ter os cantos retos ou arredondados.

A chaveta meia-lua divide-se em de segmento circular ou truncado. A chaveta inclinada divide-se em longitudinal e transversal. A longitudinal subdivide-se em encaixada, embutida, côncava, plana e tangencial. A transversal, em simples e dupla.

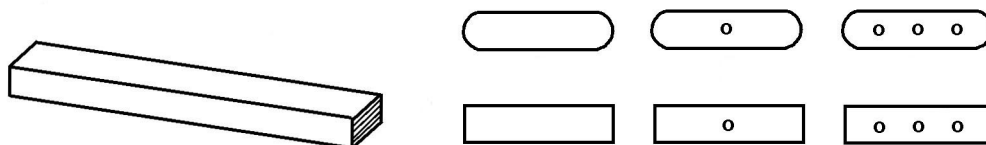
Chaveta plana

A união por chaveta plana é a mais usada para momentos de torção num sentido único. Tem este nome porque suas faces são paralelas, sem inclinações, o que favorece a montagem de elementos (cubos, engrenagens) submetidos a movimentos axiais. A transmissão do movimento é feita pelo ajuste das faces laterais da chaveta com as do rasgo, não deformando excentricamente os elementos.



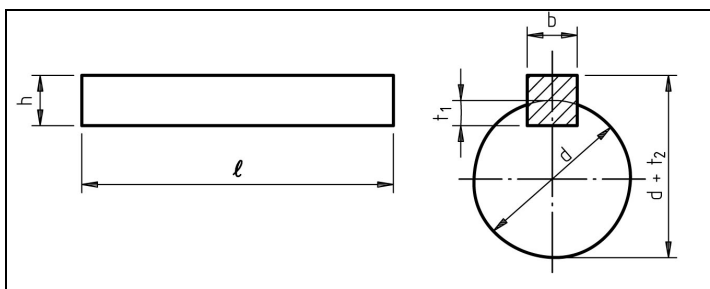
Os tipos de chaveta plana dependem:

- da forma de seus extremos, que podem ser retos ou arredondados; e
- da quantidade de roscas destinadas a sua extração do eixo.



As chavetas planas não têm cabeça. As que necessitam permitir o movimento axial do cubo sobre o eixo são identificadas como chavetas de deslizamento. Em caso contrário, são designadas como chavetas de fixação.

As dimensões da chaveta plana estão especificadas na norma DIN 6885:1956, cujo extrato é apresentado abaixo.



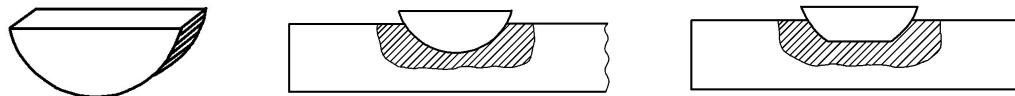
Eixo d		DIN 6885:1956						
de	a	b	h		t ₂		t ₁	
10	12	4	4	4	1,7	1,7	2,4	2,4
12	17	5	5	3	2,2	1,2	2,9	1,9
17	22	6	6	4	2,6	1,6	3,5	2,5
22	30	8	7	5	3,0	2,0	4,1	3,1
30	38	10	8	6	3,4	2,4	4,7	3,7
38	44	12	8	6	3,2	2,2	4,9	3,9
44	50	14	9	6	3,6	2,1	5,5	4,0
50	58	16	10	7	3,9	2,4	6,2	4,7
58	65	18	11	7	4,3	2,3	6,8	4,8
65	75	20	12	8	4,7	2,7	7,4	5,4
75	85	22	14	9	5,6	3,1	8,5	6,0
85	95	25	14	9	5,4	2,9	8,7	6,2
95	110	28	16	10	6,2	3,2	9,9	6,9
110	130	32	18	11	7,1	3,5	11,1	7,6
130	150	36	20	12	7,9	3,8	12,3	8,3
150	170	40	22	14	8,7	4,6	13,5	9,5
170	200	45	25	16	9,9	5,3	15,3	10,8

As primeiras colunas de h , t_1 e t_2 referem-se a chavetas planas comuns e as colunas em negrito, a chavetas planas mais fracas.

Chaveta meia-lua

Com aplicação semelhante à chaveta plana, a chaveta meia-lua tem forma correspondente a um segmento circular. Também conhecida por chaveta “Woodruff”, é utilizada principalmente em máquinas operatrizes e em veículos motorizados para pequenos momentos de torção. Embora a forma normalizada seja a de um

segmento circular, se usa ainda uma variante de segmento trun-
cado.



As dimensões da chave meia-lua estão especificadas na norma
DIN 6888:1948, cujo extrato se tem abaixo.

Eixo d		DIN 6888:1948					
de	a	b	h	$\ell \cong$	D	t_1	t_2
3	4	1	1,4	3,82	4	1,0	0,5
4	6	1,5	2,6	6,76	7	2,0	0,7
6	8	2	2,6	6,76	7	1,8	0,9
			3,7	9,66	10	2,9	
8	10	3	3,7	9,66	10	2,5	1,3
			5,0	12,65	13	3,8	
			6,5	15,72	16	5,3	
10	12	4	5,0	12,65	13	3,5	1,6
			6,5	15,72	16	5,0	
			7,5	18,57	19	6,0	
12	17	5	6,5	15,72	16	4,5	2,1
			7,5	18,57	19	5,5	
			9,0	21,63	22	7,0	
17	22	6	7,5	18,57	19	5,1	2,5
			9,0	21,63	22	6,6	
			10,0	24,49	25	7,6	
			11,0	27,35	28	8,6	
22	30	8	9,0	21,63	22	6,2	2,9
			11,0	27,35	28	8,2	
			13,0	31,43	32	10,2	
30	38	10	11,0	27,35	28	7,8	3,3
			13,0	31,43	32	9,8	
			16,0	43,08	45	12,8	

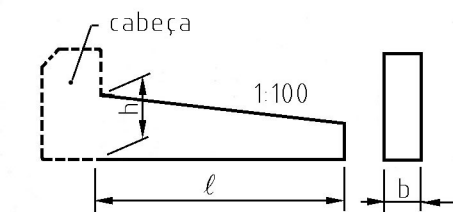
Chaveta inclinada

Esta chaveta tem uma ou duas de suas faces inclinadas, permitindo a montagem forçada do eixo contra o cubo, de tal maneira que se pode transmitir o momento de torção também por atrito. O ajuste entre o cubo e o eixo deve ser o mais forçado possível para não deformar assimetricamente o cubo pela chaveta. Sua inclinação é, geralmente, de 1:100. Divide-se em chaveta longitudinal e transversal.

Chaveta inclinada longitudinal

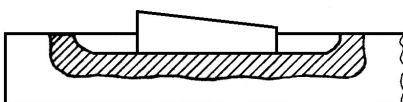
É empregada para acoplar elementos de máquinas que devem girar. Para facilitar sua montagem e desmontagem, pode ter ou não cabeça.

As principais medidas da chaveta estão definidas por: altura (h), comprimento (l) e largura (b).



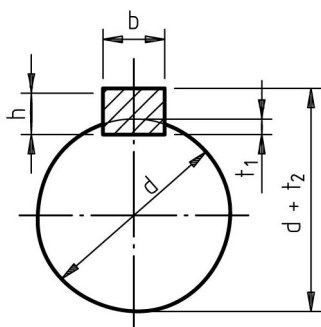
A chaveta inclinada longitudinal subdivide-se em:

Chaveta encaixada - É a chaveta inclinada que mais se usa. Para sua montagem, o rasgo do eixo é sempre mais comprido do que o comprimento da chaveta. Tem ou não cabeça.

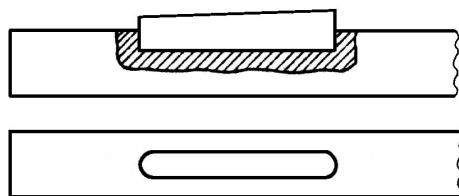


As dimensões da chaveta encaixada estão definidas na norma DIN 6883:1956, cujo extrato sem tem abaixo.

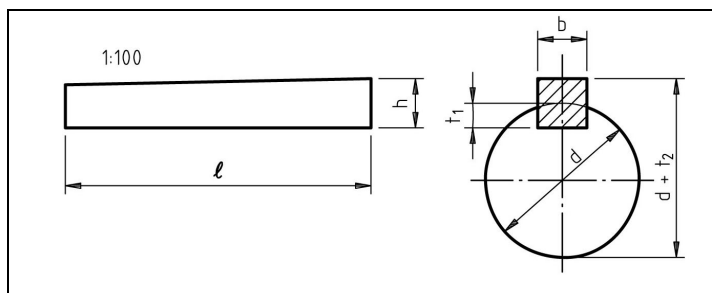
eixo d	DIN 6883:1956				
	a	b	h	t ₁	t ₂
22	30	8	5	1,3	3,2
30	38	10	6	1,8	3,7
38	44	12	6	1,8	3,7
44	50	14	6	1,4	4,0
50	58	16	7	1,9	4,5
58	65	18	7	1,9	4,5
65	75	20	8	1,9	5,5
75	85	22	9	1,8	6,5
85	95	25	9	1,9	6,4
95	110	28	10	2,4	6,9
110	130	32	11	2,3	7,9
130	150	36	12	2,8	8,4
150	170	40	14	4,0	9,1
170	200	45	16	4,7	10,4



Chaveta embutida - Este tipo de chaveta inclinada tem os extremos arredondados e o rasgo no eixo de comprimento igual ao da chaveta. A chaveta embutida não tem cabeça.



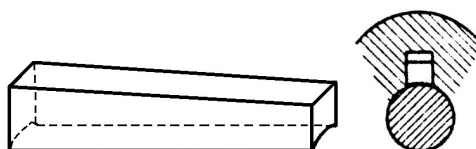
As dimensões da chaveta embutida estão definidas na norma DIN 6886:1956, cujo extrato é apresentado abaixo.



Eixo d		DIN 6886:1956						
de	a	b	h		t ₂		t ₁	
10	12	4	4	4	1,7	1,7	2,4	2,4
12	17	5	5	3	2,2	1,2	2,9	1,9
17	22	6	6	4	2,6	1,6	3,5	2,5
22	30	8	7	5	3,0	2,0	4,1	3,1
30	38	10	8	6	3,4	2,4	4,7	3,7
38	44	12	8	6	3,2	2,2	4,9	3,9
44	50	14	9	6	3,6	2,1	5,5	4,0
50	58	16	10	7	3,9	2,4	6,2	4,7
58	65	18	11	7	4,3	2,3	6,8	4,8
65	75	20	12	8	4,7	2,7	7,4	5,4
75	85	22	14	9	5,6	3,1	8,5	6,0
85	95	25	14	9	5,4	2,9	8,7	6,2
95	110	28	16	10	6,2	3,2	9,9	6,9
110	130	32	18	11	7,1	3,5	11,1	7,6
130	150	36	20	12	7,9	3,8	12,3	8,3
150	170	40	22	14	8,7	4,6	13,5	9,5
170	200	45	25	16	9,9	5,3	15,3	10,8

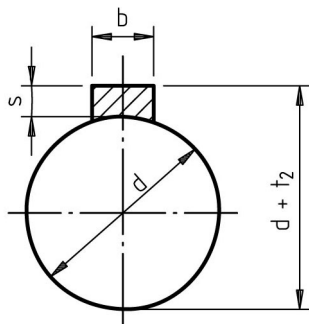
As primeiras colunas de h, t₁ e t₂ referem-se a chavetas planas comuns e as colunas em negrito, a chavetas planas mais fracas.

Chaveta côncava - Este tipo de chaveta inclinada tem a forma de sua base côncava. Pode ou não levar cabeça. Para sua montagem, não é necessário rasgo no eixo, pois transmite o movimento por atrito, de maneira que quando o esforço no órgão conduzido é grande, a chaveta desliza sobre o eixo.

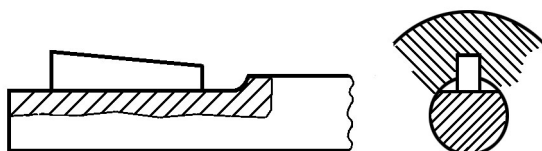


As dimensões da chaveta côncava estão especificadas na norma DIN 6881:1956, cujo extrato encontra-se abaixo.

de	a	DIN 6881:1956		
		b	s	t ₂
22	30	8	3,5	3,2
30	38	10	4,0	3,7
38	44	12	4,0	3,7
44	50	14	4,5	4,0
50	58	16	5,0	4,5
58	65	18	5,0	4,5
65	75	20	6,0	5,5
75	85	22	7,0	6,5
85	95	25	7,0	6,4
95	110	28	7,5	6,9
110	130	32	8,5	7,9
130	150	36	9,0	8,4

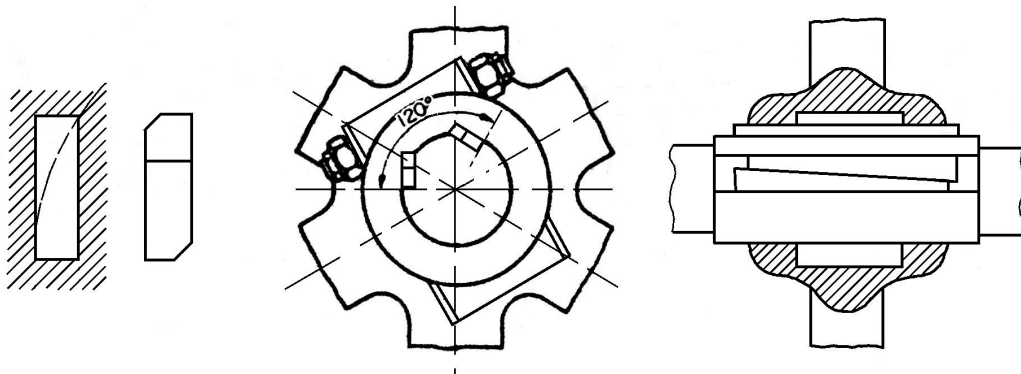


Chaveta plana - Esta chaveta inclinada é similar à chaveta encaixada na sua forma e dimensão. Para sua montagem, não se abre rasgo mas se faz um rebaixo plano no eixo. Pode ou não ter cabeça.



As dimensões da chaveta plana estão especificadas na norma DIN 6886:1956.

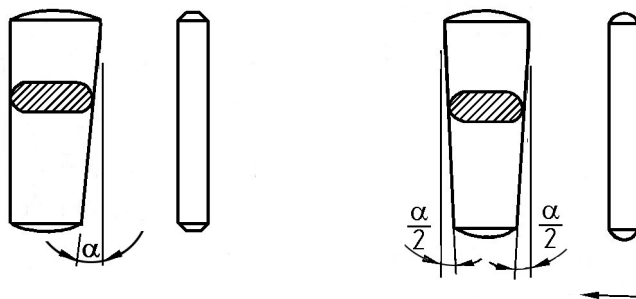
Chaveta tangencial - A chaveta tangencial é utilizada aos pares. Consiste de duas chavetas inclinadas planas montadas de forma que uma tangencie a outra em cada rasgo, posicionados a 120° . Nunca levam cabeça.



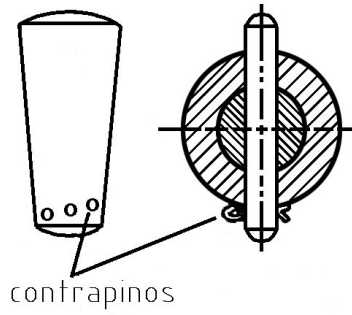
Chaveta transversal

Este tipo de chaveta inclinada emprega-se no acoplamento de elementos que transmitem movimento retilíneo alternativo. São de duas formas: transversal simples e transversal dupla.

A chaveta transversal simples tem inclinação em apenas um dos lados. A transversal dupla tem inclinação em ambos os lados.



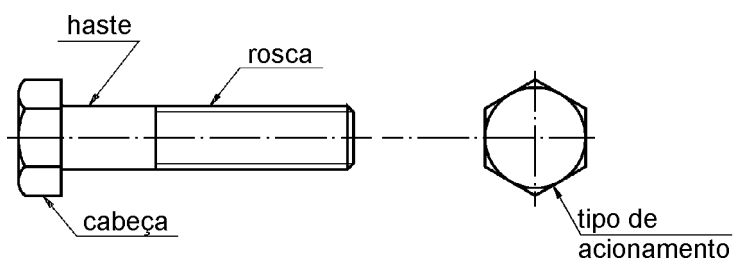
Quando é empregada para uniões permanentes, sua inclinação varia entre 1:25 a 1:50. Se a união necessita de montagens e desmontagens freqüentes, a inclinação pode ser de 1:6 até 1:15, e neste caso empregam-se contrapinos para impedir sua saída.



Parafusos

Parafusos são elementos de fixação, empregados na união não permanente de peças, isto é, as peças podem ser montadas e desmontadas facilmente, bastando apertar e desapertar os parafusos que as mantêm unidas.

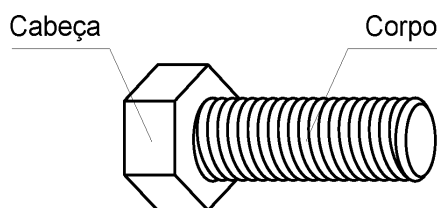
Os parafusos se diferenciam pela forma da rosca, da cabeça, da haste e do tipo de acionamento.



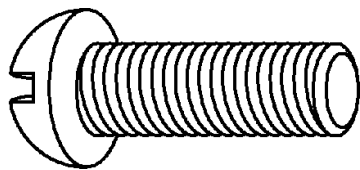
Observação

- tipo de acionamento está relacionado com o tipo de cabeça do parafuso. Por exemplo, um parafuso de cabeça sextavada é acionado por chave de boca ou de estria.

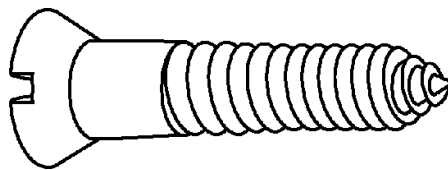
Em geral, o parafuso é composto de duas partes: cabeça e corpo.



O corpo do parafuso pode ser cilíndrico ou cônico, totalmente roscado ou parcialmente roscado. A cabeça pode apresentar vários formatos; porém, há parafusos sem cabeça.



Cilíndrico



Cônico



Prisioneiro

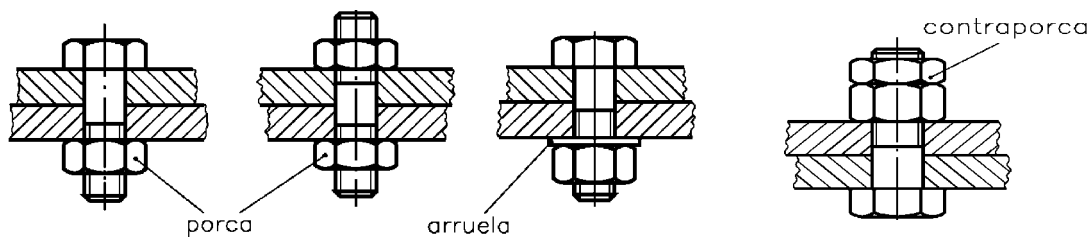
Há uma enorme variedade de parafusos que podem ser diferenciados pelo formato da cabeça, do corpo e da ponta. Essas diferenças, determinadas pela função dos parafusos, permite classificá-los em quatro grandes grupos: parafusos passantes, parafusos não-passantes, parafusos de pressão, parafusos prisioneiros.

Parafusos passantes

Esses parafusos atravessam, de lado a lado, as peças a serem unidas, passando livremente nos furos.

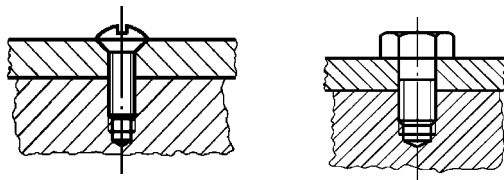
Dependendo do serviço, esses parafusos, além das porcas, utilizam arruelas e contraporcas como acessórios.

Os parafusos passantes apresentam-se com cabeça ou sem cabeça.



Parafusos não-passantes

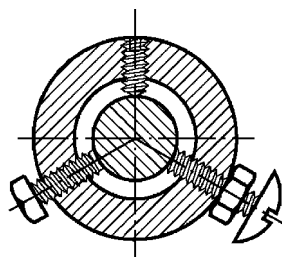
São parafusos que não utilizam porcas. O papel de porca é desempenhado pelo furo roscado, feito numa das peças a ser unida.



Parafusos de pressão

Esses parafusos são fixados por meio de pressão. A pressão é exercida pelas pontas dos parafusos contra a peça a ser fixada.

Os parafusos de pressão podem apresentar cabeça ou não.



Parafusos prisioneiros

São parafusos sem cabeça com rosca em ambas as extremidades, sendo recomendados nas situações que exigem montagens e desmontagens freqüentes. Em tais situações, o uso de outros tipos de parafusos acaba danificando a rosca dos furos.

As roscas dos parafusos prisioneiros podem ter passos diferentes ou sentidos opostos, isto é, um horário e o outro anti-horário.

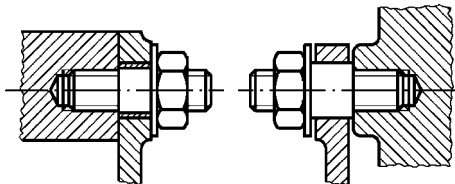
Para fixarmos o prisioneiro no furo da máquina, utilizamos uma ferramenta especial.

Caso não haja esta ferramenta, improvisa-se um apoio com duas porcas travadas numa das extremidades do prisioneiro.

Após a fixação do prisioneiro pela outra extremidade, retiram-se as porcas.

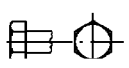
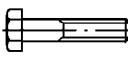

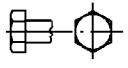
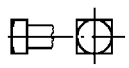
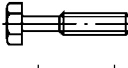

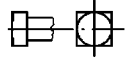
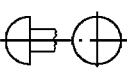

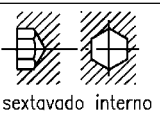
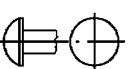

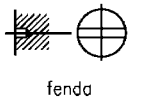
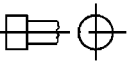

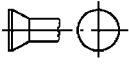
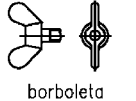
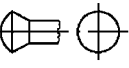
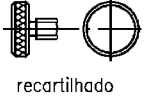
A segunda peça é apertada mediante uma porca e arruela, aplicadas à extremidade livre do prisioneiro.

O parafuso prisioneiro permanece no lugar quando as peças são desmontadas.



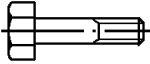

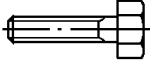
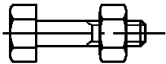
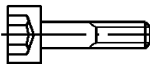
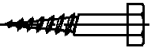
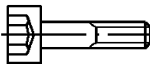

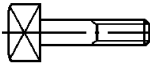

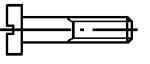

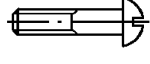
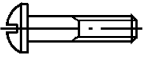
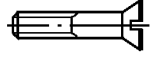
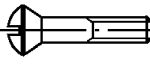
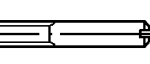
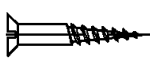

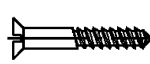




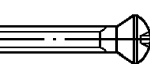
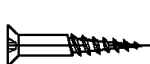
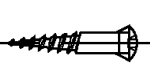
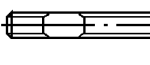

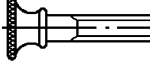

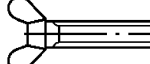

Vimos uma classificação de parafusos quanto à função que eles exercem. Veremos, a seguir, alguns tipos de parafusos.

Segue um quadro síntese com características da cabeça, do corpo, das pontas e com indicação dos dispositivos de atarraxamento.

Formas de cabeça	Formatos do corpo	Pontas	Dispositivos de atarraxamento
 sextavada	 com a parede rosçada de diâmetro igual ao da não rosçada	 cônica	 sextavado
 quadrada	 com a parede rosçada de diâmetro maior que o da não rosçada	 arredondada	 quadrado
 redonda		 plana com chanfro	 sextavado interno
 abaulada		 plana	 fenda
 cilíndrica		 fenda cruzada	
 escareada		 borboleta	
 escareada abaulada		 recartilhado	

Segue um quadro com os tipos de parafusos em sua forma completa.

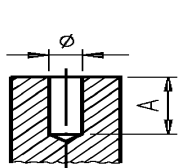
10

	parafuso sextavado			parafuso sextavado com rosca total	
	parafuso sextavado com porca				parafuso auto-atarraxante de cabeça sextavada
	parafuso de cabeça cilíndrica com sextavado interno				
	parafuso de cabeça quadrada				
	parafuso de cabeça cilíndrica com fenda			parafuso de cabeça redonda com fenda	
	parafuso de cabeça cilíndrica abaulada com fenda			parafuso de cabeça escareada com fenda	
	parafuso de cabeça escareada abaulada com fenda			parafuso sem cabeça com fenda	
	parafuso para madeira de cabeça escareada com fenda			parafuso sem cabeça com rosca total e fenda	
	parafuso tipo prego de cabeça escareada				
	parafuso de cabeça panela com fenda cruzada				parafuso de cabeça escareada com fenda cruzada
	parafuso de cabeça redonda com fenda cruzada				parafuso de cabeça escareada abaulada com fenda cruzada
	parafuso para madeira de cabeça escareada com fenda cruzada				parafuso para madeira de cabeça escareada abaulada com fenda cruzada
	prisioneiro				
	parafuso de cabeça recartilhada				
	parafuso borboleta				

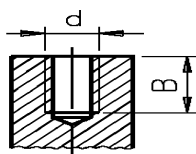
Ao unir peças com parafusos, o profissional precisa levar em consideração quatro fatores de extrema importância:

- Profundidade do furo broqueado;
- Profundidade do furo roscado;
- Comprimento útil de penetração do parafuso;
- Diâmetro do furo passante.

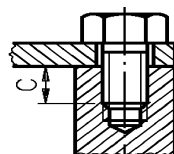
Esses quatro fatores se relacionam conforme mostram as figuras e a tabela a seguir.



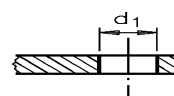
furo broqueado



furo roscado



parafuso inserido no furo roscado



diâmetro do furo passante

- Ø - diâmetro do furo broqueado
- d - diâmetro da rosca
- A - profundidade do furo broqueado
- B - profundidade da parte roscada
- C - comprimento de penetração do parafuso
- d₁ - diâmetro do furo passante

Fatores considerados na união de peças com parafusos

Material	Profundidade do furo broqueado A	Profundidade da parte roscada B	Comprimento de penetração do parafuso C	Diâmetro do furo passante d ₁
aço	2 d	1,5 d	1 d	1,06 d
ferro fundido	2,5 d	2 d	1,5 d	
bronze, latão	2,5 d	2 d	1,5 d	
alumínio	3 d	2,5 d	2 d	

Exemplo

Duas peças de alumínio devem ser unidas com um parafuso de 6mm de diâmetro. Qual deve ser a profundidade do furo broqueado? Qual deve ser a profundidade do furo roscado? Quanto o parafuso deverá penetrar? Qual o diâmetro do furo passante?

Solução

- a. Procura-se na tabela o material a ser parafusado, ou seja, o alumínio.
- b. A seguir, busca-se na coluna profundidade do furo broqueado a relação a ser usada para o alumínio. Encontra-se o valor 3d. Isso significa que a profundidade do furo broqueado deverá ser três vezes o diâmetro do parafuso, ou seja: $3 \times 6\text{mm} = 18\text{mm}$.
- c. Prosseguindo, busca-se na coluna profundidade do furo roscado a relação a ser usada para o alumínio. Encontra-se o valor 2,5d. Logo, a profundidade da parte roscada deverá ser: $2,5 \times 6\text{mm} = 15\text{mm}$.
- d. Consultando a coluna comprimento de penetração do parafuso, encontra-se a relação 2d para o alumínio.
- e. Portanto: $2 \times 6\text{mm} = 12\text{mm}$. O valor 12mm deverá ser o comprimento de penetração do parafuso.
- f. Finalmente, determina-se o diâmetro do furo passante por meio da relação 1,06d. Portanto: $1,06 \times 6\text{mm} = 6,36\text{mm}$.

Se a união por parafusos for feita entre materiais diferentes, os cálculos deverão ser efetuados em função do material que receberá a rosca.

Exercícios

Marque com um **X** a resposta correta.

1. O parafuso é um elemento de fixação que une peças de modo:
 - a) () permanente;
 - b) () temporário;
 - c) () articulado.

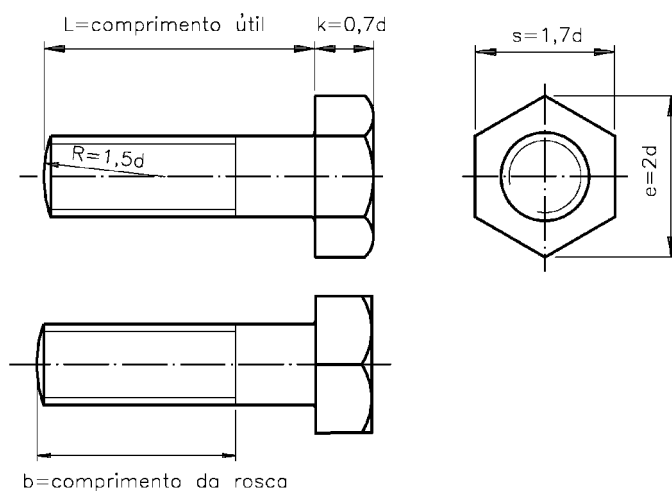
2. Em geral, o parafuso é composto de:
- a) () cabeça e haste;
 - b) () cabeça e corpo;
 - c) () cabeça e garras.
3. Quanto à finalidade ou à função, os parafusos podem ser assim classificados:
- a) () de pressão, sem pressão, passantes, prisioneiros.
 - b) () prisioneiros, não-passantes, de pressão, roscados.
 - c) () não-passante, de pressão, roscados internamente, roscado externamente.
 - d) () passantes, não-passantes, prisioneiros, de pressão.
4. Em um parafuso de aço com 12mm de diâmetro, a profundidade da parte roscada é de:
- a) () 12mm;
 - b) () 24mm;
 - c) () 18mm.

Tipos de parafusos

A seguir serão vistos alguns tipos de parafusos bastante usados em mecânica e sua aplicação.

Parafuso de cabeça sextavada

Em desenho técnico, esse parafuso é assim representado.



d = diâmetro do parafuso;

k = altura da cabeça ($0,7 d$);

s = medida entre as faces paralelas do sextavado ($1,7 d$);

e = distância entre os vértices do sextavado ($2 d$);

L = comprimento útil (medidas padronizadas);

b = comprimento da rosca (medidas padronizadas);

R = raio de arredondamento da extremidade do corpo do parafuso.

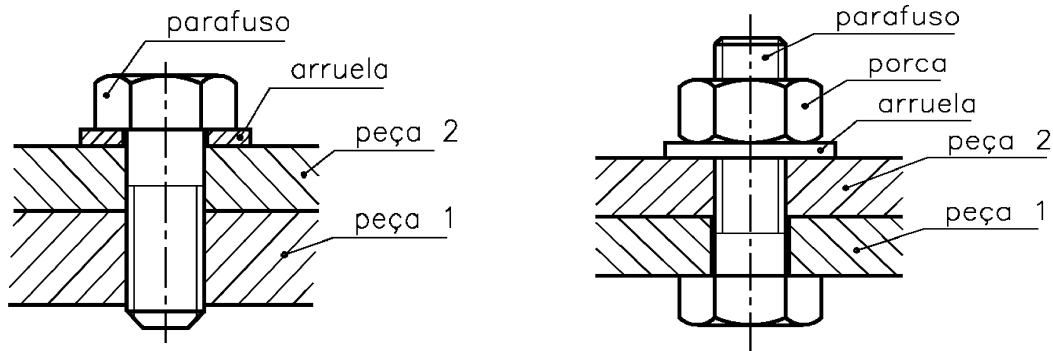
Observação

- As medidas das partes dos parafusos são proporcionais ao diâmetro do seu corpo.

Aplicação

Em geral, esse tipo de parafuso é utilizado em uniões em que se necessita de um forte aperto da chave de boca ou estria.

Esse parafuso pode ser usado com ou sem rosca.

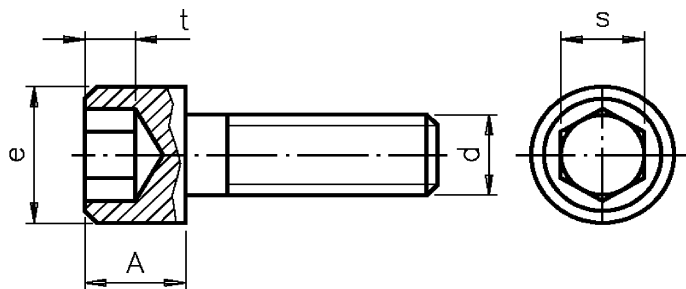


Quando usado sem rosca, o rosqueamento é feito na peça.

Parafusos com sextavado interno

- De cabeça cilíndrica com sextavado interno (Allen).

Em desenho técnico, este tipo de parafuso é representado na seguinte forma.



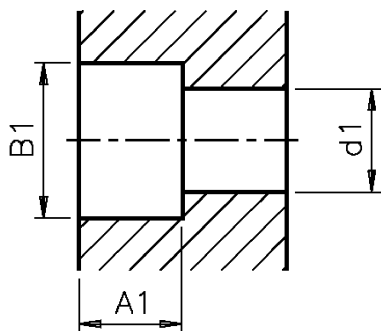
$A = d$ = altura da cabeça do parafuso;
 $e = 1,5 d$ = diâmetro da cabeça;
 $t = 0,6 d$ = profundidade do encaixe da chave;
 $s = 0,8 d$ = medida do sextavado interno;
 d = diâmetro do parafuso.

Aplicação

Este tipo de parafuso é utilizado em uniões que exigem um bom aperto, em locais onde o manuseio de ferramentas é difícil devido à falta de espaço.

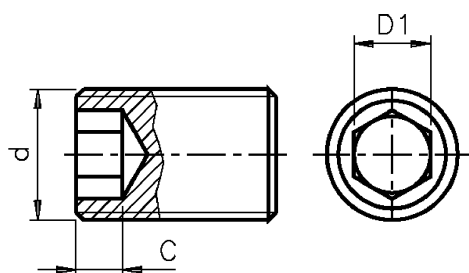
Esses parafusos são fabricados em aço e tratados termicamente para aumentar sua resistência à torção.

Geralmente, este tipo de parafuso é alojado em um furo cujas proporções estão indicadas na tabela da página seguinte.



- Sem cabeça com sextavado interno.

Em desenho técnico, esse tipo de parafuso é assim representado.



d = diâmetro do parafuso;

$t = 0,5 d$ = profundidade do encaixe da chave;

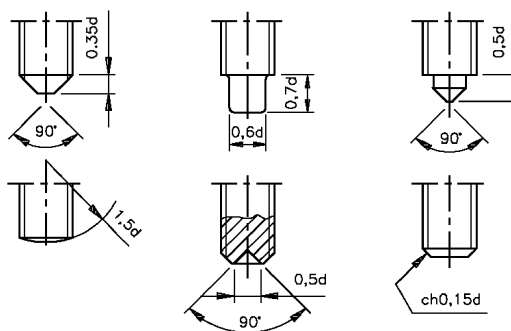
$s1 = 0,5 d$ = medida do sextavado interno.

Aplicação

Em geral, esse tipo de parafuso é utilizado para travar elementos de máquinas.

Por ser um elemento utilizado para travar elementos de máquinas, esses parafusos são fabricados com diversos tipos de pontas, de acordo com sua utilização. Veja seguir:

Tipos de pontas de parafusos



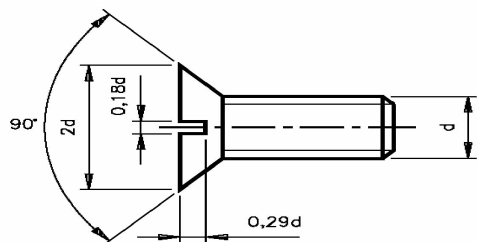
As medidas dos parafusos com sextavado interno com e sem cabeça e o alojamento da cabeça, são especificadas na tabela, a seguir. Essa medidas variam de acordo com o diâmetro (d).

d	mm	A	e	A ₁	B ₁	d ₁	t	s	s ₁
3/16"	4,76	4,76	8,0	6	8,5	5,0	3,0	5,32"	
1/4"	6,35	6,35	9,52	8	10	6,5	4,0	3/16"	1/8"
5/16"	7,94	7,94	11,11	9	12	8,2	5,0	7/32"	5/32"
3/8"	9,53	9,53	14,28	11	14,5	9,8	5,5	5/16"	5/16"
7/16"	11,11	11,11	15,87	12	16,5	11,4	7,5	5/16"	7/32"
1/2"	12,70	12,70	19,05	14	19,5	13	8,0	3/8"	1/4"
5/8"	15,88	15,88	22,22	17	23	16,1	10	1/2"	5/16"
3/4"	19,5	19,5	25,4	20	26	19,3	11	9/16"	3/8"
7/8"	22,23	22,2	28,57	23	29	22,5	13	9/16"	1/2"
1"	25,40	25,4	33,33	27	34	25,7	15	5/8"	9/16"

Parafusos de cabeça com fenda

De cabeça escareada chata com fenda.

Em desenho técnico, a representação é a seguinte.



onde:

diâmetro da cabeça do parafuso = $2d$;

largura da fenda = $0,18d$;

profundidade da fenda = $0,29d$;

medida do ângulo do escareado = 90° .

cabeça escareada chata com fenda

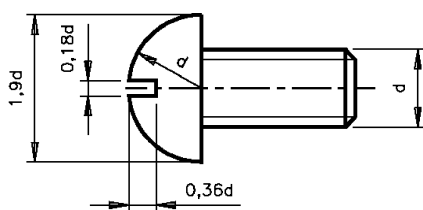
Aplicação

São fabricados em aço, aço inoxidável, inox, cobre, latão, etc.

Esse tipo de parafuso é muito empregado em montagens que não sofrem grandes esforços e onde a cabeça do parafuso não pode exceder a superfície da peça.

- De cabeça redonda com fenda

Em desenhos técnico, a representação é como mostra a figura.



onde:

diâmetro da cabeça do parafuso = $1,9 d$;

raio da circunferência da cabeça = d ;

largura da fenda = $0,18 d$;

profundidade da fenda = $0,36 d$.

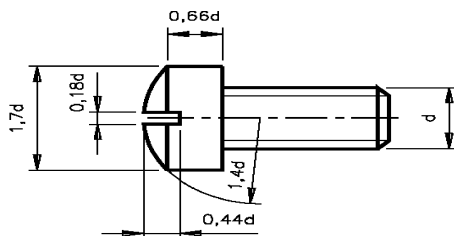
cabeça redonda com fenda

Aplicação

Esse tipo de parafuso é também muito empregado em montagens que não sofrem grandes esforços. Possibilita melhor acabamento na superfície. São fabricados em aço, cobre e ligas, como latão.

- De cabeça cilíndrica boleada com fenda

Em desenho técnico, a representação é como mostra a figura.



cabeça redonda com fenda

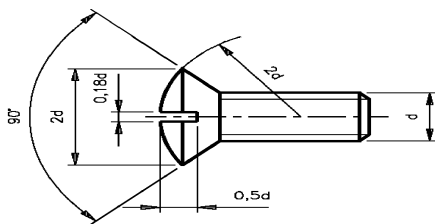
onde:

- diâmetro da cabeça do parafuso = $1,7 d$;
- raio da cabeça = $1,4 d$;
- comprimento da parte cilíndrica da cabeça = $0,66 d$;
- largura da fenda = $0,18 d$;
- profundidade da fenda = $0,44 d$.

Aplicação

São utilizados na fixação de elementos nos quais existe a possibilidade de se fazer um encaixe profundo para a cabeça do parafuso, e a necessidade de um bom acabamento na superfície dos componentes. Trata-se de um parafuso cuja cabeça é mais resistente do que as outras de sua classe. São fabricados em aço, cobre e ligas, como latão.

- De cabeça escareada boleada com fenda



cabeça escareada boleada com fenda

onde:

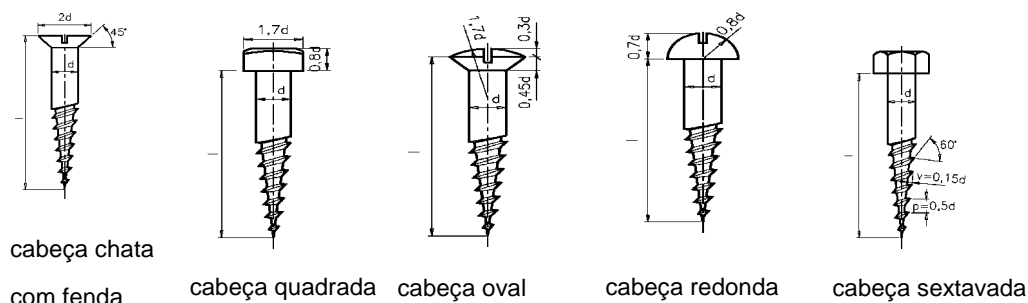
- diâmetro da cabeça do parafuso = $2 d$;
- raio da cabeça do parafuso = $2 d$;
- largura da fenda = $0,18 d$;
- profundidade da fenda = $0,5 d$.

Aplicação

São geralmente utilizados na união de elementos cujas espessuras sejam finas e quando é necessário que a cabeça do parafuso fique embutida no elemento. Permitem um bom acabamento na superfície. São fabricados em aço, cobre e ligas como latão.

Parafusos com rosca soberba para madeira

São vários os tipos de parafusos para madeira. Apresentamos, em seguida, os diferentes tipos e os cálculos para dimensionamento dos detalhes da cabeça.



Aplicação

Esse tipo de parafuso também é utilizado com auxílio de buchas plásticas. O conjunto, parafuso-bucha é aplicado na fixação de elementos em bases de alvenaria.

Quanto à escolha do tipo de cabeça a ser utilizado, leva-se em consideração a natureza da união a ser feita.

São fabricados em aço e tratados superficialmente para evitar efeitos oxidantes de agentes naturais.

Exercícios

Assinale com um **X** a alternativa correta.

1. O parafuso é composto de:

- a) () cabeça e haste;
- b) () haste e corpo;
- c) () cabeça e alma;
- d) () cabeça e corpo.

2. Os parafusos Allen são feitos de:

- a) () alumínio;
- b) () aço;
- c) () aço temperado;
- d) () latão.

3. Utiliza-se o parafuso Allen sem cabeça para:
- a) () travar elementos de máquinas;
 - b) () suportar mais peso;
 - c) () tornar o conjunto mais resistente;
 - d) () melhorar o aspecto do conjunto.
4. A fórmula para determinar o diâmetro da cabeça do parafuso escareado com fenda é a seguinte:
- a) () $0,29 d$;
 - b) () $2,0 d$;
 - c) () $0,18 d$;
 - d) () $3 d$.
5. Emprega-se o parafuso de cabeça redonda com fenda no seguinte caso:
- a) () Quando o elemento sofre muito esforço.
 - b) () Quando há muito espaço.
 - c) () Em montagem que não sofre grande esforço.
 - d) () Quando há um encaixe para a cabeça do parafuso.
6. O parafuso de cabeça cilíndrica boleada com fenda é fabricado com o seguinte material:
- a) () aço fundido, cobre e latão;
 - b) () alumínio, latão e cobre;
 - c) () aço, latão e cobre;
 - d) () aço rápido, latão e cobre.
7. Para calcular a largura da fenda do parafuso de cabeça escareada boleada com fenda, usa-se a fórmula:
- a) () $0,5 d$;
 - b) () $2 d$;
 - c) () $2,5 d$;
 - d) () $0,18 d$.

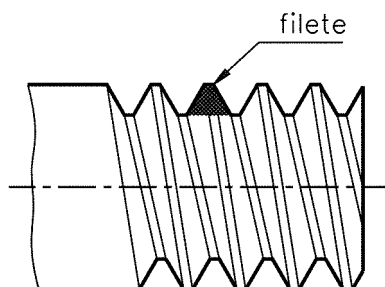
Roscas

O conhecimento a respeito de parafusos é indispensável para quem trabalha na área de mecânica.

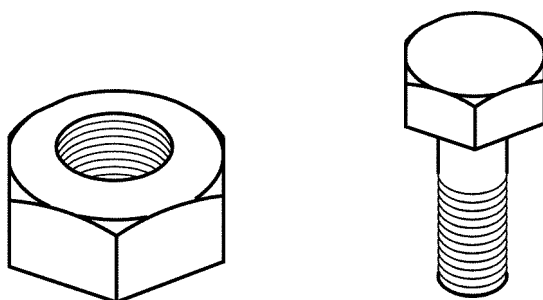
Todo parafuso tem rosca de diversos tipos. Para compreender melhor a noção de parafuso e as suas funções, vamos, antes, conhecer roscas.

Roscas

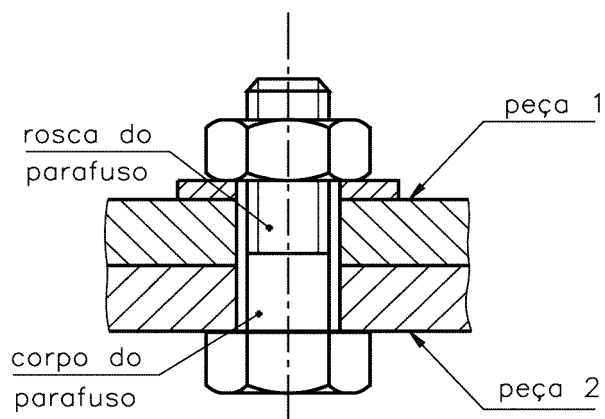
Rosca é um conjunto de filetes em torno de uma superfície cilíndrica.



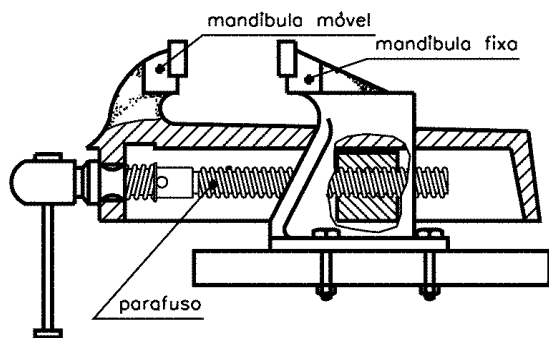
As roscas podem ser internas ou externas. As roscas internas encontram-se no interior das porcas. As roscas externas se localizam no corpo dos parafusos.



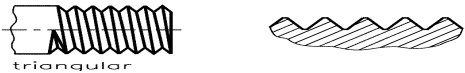




As roscas permitem a união e desmontagem de peças.



Permitem, também, movimento de peças. O parafuso que movimenta a mandíbula móvel da morsa é um exemplo de movimento de peças.



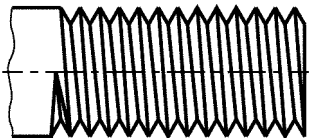
Os filetes das roscas apresentam vários perfis. Esses perfis, sempre uniformes, dão nome às roscas e condicionam sua aplicação.

Tipos de roscas (perfis) Perfil de filete	Aplicação
 <p>triangular</p>	<p>Parafusos e porcas de fixação na união de peças.</p> <p>Ex.: Fixação da roda do carro.</p>
 <p>trapezoidal</p>	<p>Parafusos que transmitem movimento suave e uniforme.</p> <p>Ex.: Fusos de máquinas.</p>
 <p>redondo</p>	<p>Parafusos de grandes diâmetros sujeitos a grandes esforços.</p> <p>Ex.: Equipamentos ferroviários.</p>
 <p>quadrado</p>	<p>Parafusos que sofrem grandes esforços e choques.</p> <p>Ex.: Prensas e morsas.</p>
 <p>rosca dente-de-serra</p>	<p>Parafusos que exercem grande esforço num só sentido.</p>

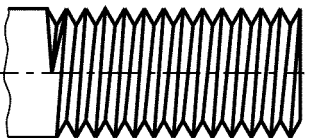
Sentido de direção da rosca

Dependendo da inclinação dos filetes em relação ao eixo do parafuso, as roscas ainda podem ser direita e esquerda. Portanto, as roscas podem ter dois sentidos: à direita ou à esquerda.

Na rosca direita, o filete sobe da direita para a esquerda, conforme a figura.

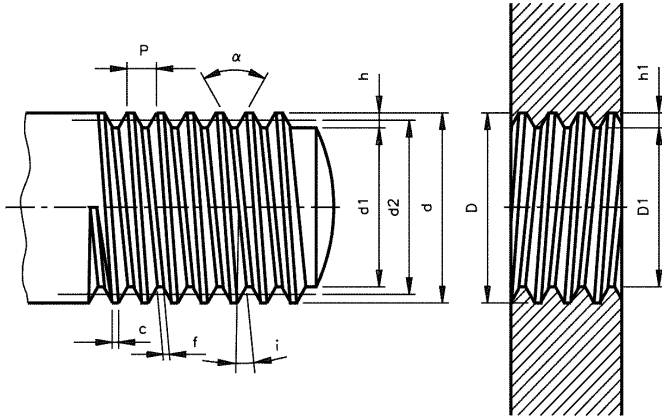


Na rosca esquerda, o filete sobe da esquerda para a direita, conforme a figura.



Nomenclatura da rosca

Independentemente da sua aplicação, as roscas têm os mesmos elementos, variando apenas os formatos e dimensões.



P =	passo (em mm)	i =	ângulo da hélice
d =	diâmetro externo	c =	crista
d ₁ =	diâmetro interno	D =	diâmetro do fundo da porca
d ₂ =	diâmetro do flanco	D ₁ =	diâmetro do furo da porca
a =	ângulo do filete	h ₁ =	altura do filete da porca
f =	fundo do filete	h =	altura do filete do parafuso

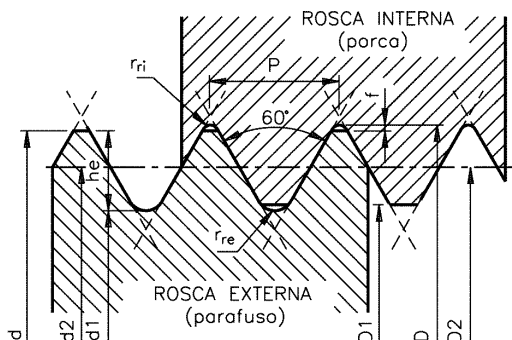
Roscas triangulares

As roscas triangulares classificam-se, segundo o seu perfil, em três tipos:

- rosca métrica
- rosca whitworth
- rosca americana

Para nosso estudo, vamos detalhar apenas dois tipos: a métrica e a whitworth.

Rosca métrica ISO normal e rosca métrica ISO fina NBR 9527.



Ângulo do perfil da rosca: $\alpha = 60^\circ$.

Diâmetro menor do parafuso (\varnothing do núcleo):

$$d_1 = d - 1,2268P.$$

Diâmetro efetivo do parafuso (\varnothing médio):

$$d_2 = D_2 = d - 0,6495P.$$

Folga entre a raiz do filete da porca e a
crista do filete do parafuso: $f = 0,045P$.

Diâmetro maior da porca: $D = d + 2f$.

Diâmetro menor da porca (furo): $D_1 = d - 1,0825P$.

Diâmetro efetivo da porca (\varnothing médio): $D_2 = d_2$.

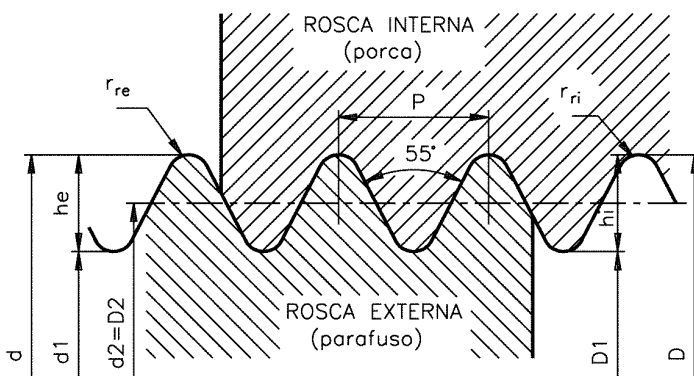
Altura do filete do parafuso: $h_e = 0,61343P$.

Raio de arredondamento da raiz do filete do parafuso:
 $r_{re} = 0,14434P$.

Raio de arredondamento da raiz do filete da porca:
 $r_{ri} = 0,063P$.

A rosca métrica fina, num determinado comprimento, possui maior número de filetes do que a rosca normal. Permite melhor fixação da rosca, evitando afrouxamento do parafuso, em caso de vibração de máquinas. Exemplo: em veículos.

Rosca Whitworth normal - BSW e rosca Whitworth fina - BSF



Fórmulas

$$\alpha = 55^\circ$$

$$P = \frac{1''}{n^\circ \text{ de fios}}$$

$$h_i = h_e = 0,6403P$$

$$r_{ri} = r_{re} = 0,1373P$$

$$d = D$$

$$d_1 = d - 2h_e$$

$$D_2 = d_2 = d - h_e$$

A fórmula para confecção das roscas Whitworth normal e fina é a mesma. Apenas variam os números de filetes por polegada.

Utilizando as fórmulas anteriores, você obterá os valores para cada elemento da rosca.

Para facilitar a obtenção desses valores, apresentamos a seguir as tabelas das roscas métricas de perfil triangular normal e fina e Whitworth normal - BSW e Whitworth fina - BSF.

TABELAS DE ROSCAS								
ROSCA MÉTRICA DE PERFIL TRIANGULAR								
SÉRIE NORMAL								
EXTERNA (PARAFUSO)				INTERNA (PORCA)			EXTERNA E INTERNA (PARAFUSO E PORCA)	
Maior (nominal)	Menor	Altura do filete	Raio da raiz da rosca externa	Maior	Menor	Raio da raiz da rosca interna	Passo	Efetivo
d (mm)	d ₁ (mm)	h _e (mm)	r _{re} (mm)	D (mm)	D ₁ (mm)	r _{ri} (mm)	P (mm)	d ₂ , D ₂ (mm)
1	0,693	0,153	0,036	1,011	0,729	0,018	0,25	0,837
1,2	0,893	0,153	0,036	1,211	0,929	0,018	0,25	1,038
1,4	1,032	0,184	0,043	1,413	1,075	0,022	0,3	1,205
1,6	1,171	0,215	0,051	1,616	1,221	0,022	0,35	1,373
1,8	1,371	0,215	0,051	1,816	1,421	0,022	0,35	1,573
2	1,509	0,245	0,058	2,018	1,567	0,025	0,4	1,740
2,2	1,648	0,276	0,065	2,220	1,713	0,028	0,45	1,908
2,5	1,948	0,276	0,065	2,520	2,013	0,028	0,45	2,208
3	2,387	0,307	0,072	3,022	2,459	0,031	0,5	2,675
3,5	2,764	0,368	0,087	3,527	2,850	0,038	0,6	3,110
4	3,141	0,429	0,101	4,031	3,242	0,044	0,7	3,545
4,5	3,680	0,460	0,108	4,534	3,690	0,047	0,75	4,013
5	4,019	0,491	0,115	5,036	4,134	0,051	0,8	4,480
6	4,773	0,613	0,144	6,045	4,917	0,06	1	5,350
7	5,773	0,613	0,144	7,045	5,917	0,06	1	6,350
8	6,466	0,767	0,180	8,056	6,647	0,08	1,25	7,188
9	7,466	0,767	0,180	9,056	7,647	0,08	1,25	8,188
10	8,160	0,920	0,217	10,067	8,376	0,09	1,5	9,026
11	9,160	0,920	0,217	11,067	9,376	0,09	1,5	10,026
12	9,833	1,074	0,253	12,079	10,106	0,11	1,75	10,863
14	11,546	1,227	0,289	14,090	11,835	0,13	2	12,701
16	13,546	1,227	0,289	16,090	13,835	0,13	2	14,701
18	14,933	1,534	0,361	18,112	15,294	0,16	2,5	16,376
20	16,933	1,534	0,361	20,112	17,294	0,16	2,5	18,376
22	18,933	1,534	0,361	22,112	19,294	0,16	2,5	20,376
24	20,319	1,840	0,433	24,135	20,752	0,19	3	22,051
27	23,319	1,840	0,433	27,135	23,752	0,19	3	25,051
30	25,706	2,147	0,505	30,157	26,211	0,22	3,5	27,727
33	28,706	2,147	0,505	33,157	29,211	0,22	3,5	30,727
36	31,093	2,454	0,577	36,180	31,670	0,25	4	33,402
39	34,093	2,454	0,577	39,180	34,670	0,25	4	36,402
42	36,479	2,760	0,650	42,102	37,129	0,28	4,5	39,077

TABELAS DE ROSCAS								
ROSCA MÉTRICA DE PERFIL TRIANGULAR SÉRIE FINA								
EXTERNA (PARAFUSO)				INTERNA (PORCA)			EXTERNA E INTERNA (PARAFUSO E PORCA)	
Maior (nominal)	Menor	Altura do filete	Raio da raiz da rosca externa	Maior	Menor	Raio da raiz da rosca interna	Passo	Efetivo
d (mm)	d ₁ (mm)	h _e (mm)	r _{re} (mm)	D (mm)	D ₁ (mm)	r _{ri} (mm)	P (mm)	d ₂ D ₂ (mm)
1,6	1,354	0,123	0,029	1,609	1,384	0,013	0,2	1,470
1,8	1,554	0,123	0,029	1,809	1,584	0,013	0,2	1,670
2	1,693	0,153	0,036	2,012	1,730	0,157	0,25	1,837
2,2	1,893	0,153	0,036	2,212	1,930	0,157	0,25	2,038
2,5	2,070	0,215	0,050	2,516	2,121	0,022	0,35	2,273
3	2,570	0,215	0,050	3,016	2,621	0,022	0,35	2,773
3,5	3,070	0,215	0,050	3,516	3,121	0,022	0,35	3,273
4	3,386	0,307	0,072	4,027	3,459	0,031	0,5	3,673
4,5	3,886	0,307	0,072	5,527	3,959	0,031	0,5	4,175
5	4,386	0,307	0,072	5,027	4,459	0,031	0,5	4,675
5,5	4,886	0,307	0,072	5,527	4,959	0,031	0,5	5,175
6	5,180	0,460	0,108	6,034	5,188	0,047	0,75	5,513
7	6,180	0,460	0,108	7,034	6,188	0,047	0,75	6,513
8	7,180	0,460	0,108	8,034	7,188	0,047	0,75	7,513
8	6,773	0,613	0,144	8,045	6,917	0,06	1	7,350
9	8,180	0,460	0,108	9,034	8,188	0,047	0,75	8,513
9	7,773	0,613	0,144	9,045	7,917	0,06	1	8,350
10	9,180	0,460	0,108	10,034	9,188	0,047	0,75	9,513
10	8,773	0,613	0,144	10,045	8,917	0,06	1	9,350
10	8,466	0,767	0,180	10,056	8,647	0,08	1,25	8,625
11	10,180	0,460	0,108	11,034	10,188	0,047	0,75	10,513
11	9,773	0,613	0,144	11,045	9,917	0,06	1	10,350
12	10,773	0,613	0,144	12,045	10,917	0,06	1	11,350
12	10,466	0,767	0,180	12,056	10,647	0,08	1,25	11,187
12	10,160	0,920	0,217	12,067	10,376	0,09	1,5	11,026
14	12,773	0,613	0,144	14,045	12,917	0,06	1	13,350
14	12,466	0,767	0,180	14,056	12,647	0,08	1,25	13,187
14	12,160	0,920	0,217	14,067	12,376	0,09	1,5	13,026
15	13,773	0,613	0,144	15,045	13,917	0,06	1	14,350
15	13,160	0,920	0,217	15,067	13,376	0,09	1,5	14,026
16	14,773	0,613	0,144	16,045	14,917	0,06	1	15,350
16	14,160	0,920	0,217	16,067	14,376	0,09	1,5	15,026
17	15,773	0,613	0,144	17,045	15,917	0,06	1	16,350
17	15,160	0,920	0,217	17,067	16,376	0,09	1,5	16,026
18	16,773	0,613	0,144	18,045	16,917	0,06	1	17,350

TABELA DE ROSCAS									
SISTEMA INGLÊS WHIT. GROSSA – BSW WHIT. FINA – BSF									
Diâmetro nominal em pol.	Número de fios		Brocas		Diâmetro nominal em pol.	Número de fios		Brocas	
	BSW	BSF	Pol.	(mm)		BSW	BSF	Pol.	(mm)
1/16	60	–	3/64	1,2	9/16	12	–	31/64	12,5
3/32	48	–	5/64	1,9		–	16	1/2	13
1/8	40	–	3/32	2,6	5/8	11	–	17/32	13,5
5/32	32	–	1/8	3,2		–	14	9/16	14
3/16	24	–	9/64	3,75	11/16	11	–	19/32	15
7/32	24	–	11/64	4,5		–	14	5/8	15,5
1/4	20	–	13/64	5,1	3/4	10	–	1/32	16,5
	–	26	7/32	5,4		–	12	43/64	17
9/32	26	–	1/4	6,2	7/8	9	–	49/64	19,5
						–	11	25/32	20
5/16	18	–	17/64	6,6	1	8	–	7/8	22,5
			–	22		17/64	6,8	–	10
3/8	16	–	5/16	8	1 1/8	7	–	63/64	25
			–	20		21/64	8,3	–	9
7/16	14	–	3/8	9,4	1 1/4	7	–	1 7/64	28
			–	18		25/64	9,75	–	9
1/2	12	–	27/64	10,5	1 3/8	6	–	1 7/32	31
			–	16		7/16	11	–	8
					1 1/2	6	–	1 11/32	34
						–	8	1 3/8	35

Exercícios

Marque com um **X** a resposta correta.

- Uma característica do parafuso é que todos eles apresentam:
 - pinos;
 - roscas;
 - arruelas.

- A rosca em que o filete de perfil tem forma triangular, denomina-se rosca:
 - redonda;
 - quadrada;
 - triangular.

3. Em fusos de máquinas usa-se rosca com filete de perfil:
- a) () trapezoidal;
 - b) () dente-de-serra;
 - c) () quadrado.
4. Quanto ao sentido, as roscas podem ser:
- a) () plana ou inclinada;
 - b) () reta ou vertical;
 - c) () à direita ou à esquerda.
5. Quanto ao perfil, as roscas podem ser dos seguintes tipos:
- a) () Métrica, whitworth, americana;
 - b) () Americana, métrica, cilíndrica;
 - c) () Métrica, whitworth, cilíndrica.

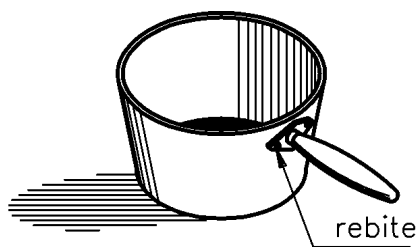
Rebites

Um mecânico tem duas tarefas: consertar uma panela cujo cabo caiu e unir duas barras chatas para fechar uma grade.

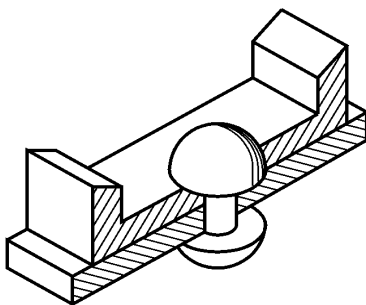
A questão é a seguinte: qual elemento de fixação é o mais adequado para solda ou rebite? Nos dois casos é necessário fazer uniões permanentes. Que o cabo fique bem fixado à panela e que as duas barras fiquem bem fixadas entre si.

A solda é um bom meio de fixação mas, por causa do calor, ela causa alterações na superfície da panela e das barras.

O elemento mais indicado, portanto, é o rebite. Como vimos na aula anterior, a fixação por rebites é um meio de união permanente.



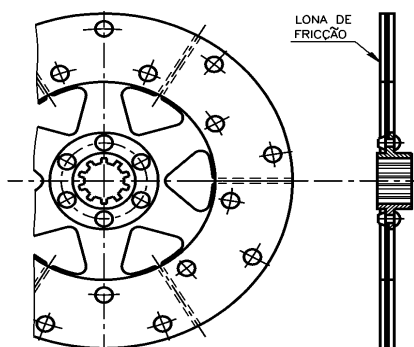
O mecânico usou rebites para consertar a panela e unir as grades. Veja o resultado:



Um rebite compõe-se de um corpo em forma de eixo cilíndrico e de uma cabeça. A cabeça pode ter vários formatos.

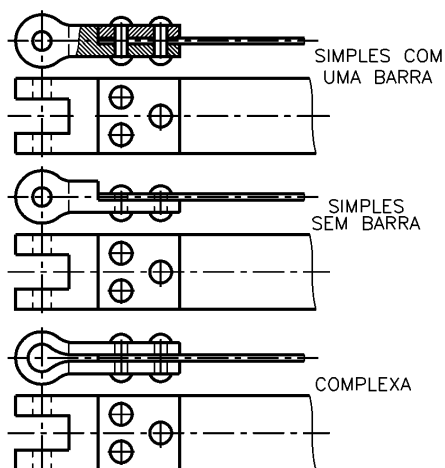
Os rebites são peças fabricadas em aço, alumínio, cobre ou latão. Unem rigidamente peças ou chapas, principalmente, em estruturas metálicas, de reservatórios, caldeiras, máquinas, navios, aviões, veículos de transporte e treliças.

A fixação das pontas da lona de fricção do disco de embreagem de automóvel é feita por rebites.



disco de embreagem de automóvel

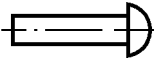
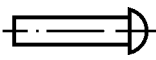
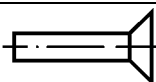
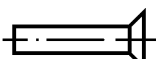
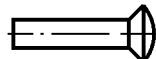
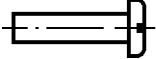
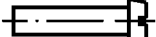
Outro exemplo de aplicação, visto na mesma figura, é a fixação da lona de fricção da sapata de freio de automóvel. O rebite também é usado para fixação de terminais de cintas e lona.



fixação de terminais de cintas de lona

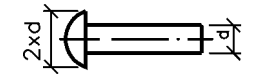
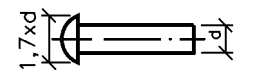
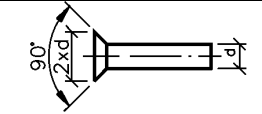
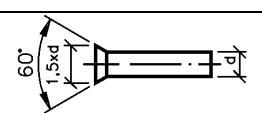
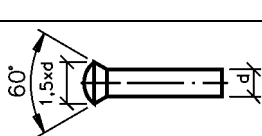
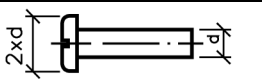
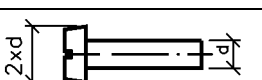
Classificação

O quadro a seguir mostra a classificação dos rebites em função do formato da cabeça e de seu emprego em geral.

Topos de rebite	Formato da cabeça	Emprego
	Cabeça redonda larga	Largamente utilizados devido à resistência que oferecem.
	Cabeça redonda estreita	
	Cabeça escareada chata larga	Empregados em uniões que não admitem saliências
	Cabeça escareada chata estreita	
	Cabeça escareada com calota	Empregados em uniões que admitem pequenas saliências.
	Cabeça tipo panela	
	Cabeça cilíndrica	Usados nas uniões de chapas com espessura máxima de 7mm.

A fabricação de rebites é padronizada, ou seja, segue normas técnicas que indicam medidas da cabeça, do corpo e do comprimento útil dos rebites.

No quadro a seguir apresentamos as proporções padronizadas para os rebites. Os valores que aparecem nas ilustrações são constantes, ou seja, nunca mudam.

	Cabeça redonda larga
	Cabeça redonda estreita
	Cabeça escareada chata larga
	Cabeça escareada chata estreita
	Cabeça escareada com calota
	Cabeça tipo panela
	Cabeça cilíndrica

O que significa 2 x d para um rebite de cabeça redonda larga, por exemplo?

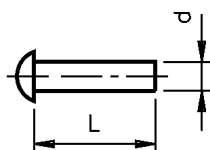
Significa que o diâmetro da cabeça desse rebite é duas vezes o diâmetro do seu corpo.

Se o rebite tiver um corpo com diâmetro de 5 mm, o diâmetro de sua cabeça será igual a 10 mm, pois $2 \times 5 \text{ mm} = 10 \text{ mm}$.

Essa forma de cálculo é a mesma para os demais rebites.

O quadro apresenta alguns tipos de rebite, segundo a forma de suas cabeças. Mas é grande a variedade dos tipos de rebite. Um mecânico precisa conhecer o maior número possível para saber escolher o mais adequado a cada trabalho a ser feito. Vamos ver outros exemplos.

Em estruturas metálicas, você vai usar rebites de aço de cabeça redonda.



Diâmetros padronizados: de 10 até 36 mm (d).
Comprimentos úteis padronizados: de 10 até 150 mm (L).

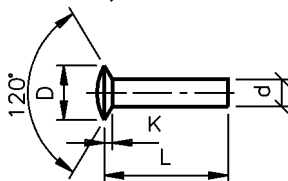
Em serviços de funilaria você vai empregar, principalmente, rebites com cabeça redonda ou com cabeça escareada. Veja as figuras que representam esses dois tipos de rebites e suas dimensões:

$d = 1,6$ até 6mm
 $L = 3$ até 40mm
 $D = 1,6 d$
 $K = 0,7 d$



cabeça redonda

$d = 3$ até 5mm
 $L = 3$ até 40mm
 $D = 2,4$ até $1,8 d$
 $K = \sim 0,3 d$

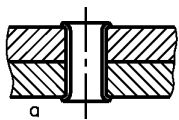


cabeça escareada

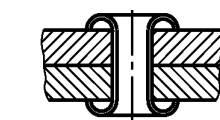
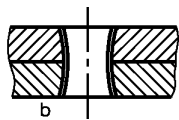
Existem também rebites com nomes especiais: de tubo, de alojamento explosivo, etc.

O rebite explosivo contém uma pequena cavidade cheia de carga explosiva. Ao se aplicar um dispositivo elétrico na cavidade, ocorre a explosão.

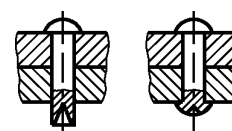
Para que você conheça um pouco esses rebites com denominações especiais, apresentamos ilustrações de alguns deles.



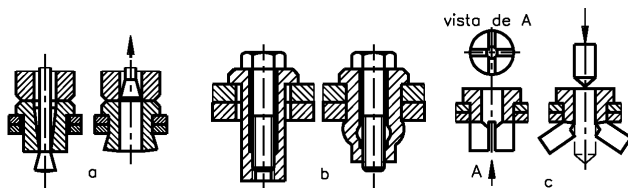
rebites de tubo



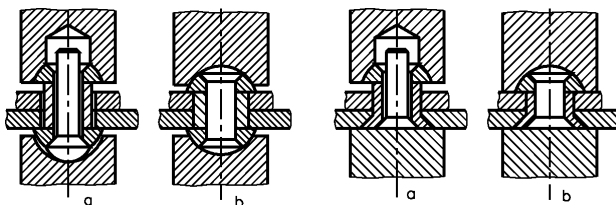
rebite explosivo



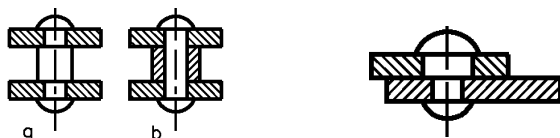
rebite de semi-tubo



rebites com alojamento



rebites para rebiteamento a frio com elevado esforço cortante

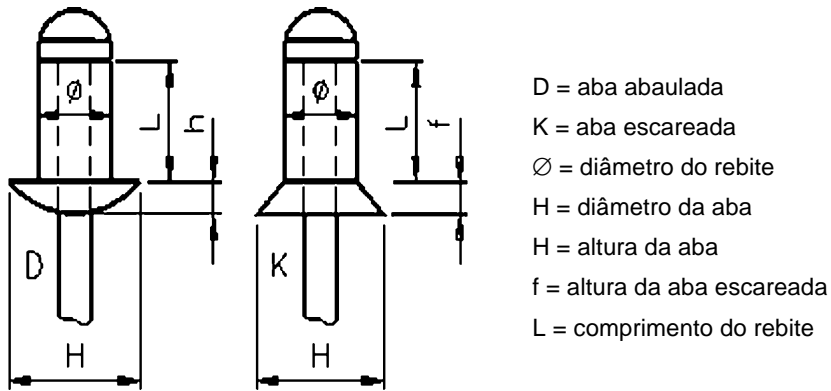


rebites distanciadores

rebites com seções diferentes

Além desses rebites, destaca-se, pela sua importância, o rebite de repuxo, conhecido por “rebite pop”. É um elemento especial de união, empregado para fixar peças com rapidez, economia e simplicidade.

Abaixo é indicada a nomenclatura de um rebite de repuxo.



Os rebites de repuxo podem ser fabricados com os seguintes materiais metálicos: aço-carbono; aço inoxidável; alumínio; cobre; monel (liga de níquel e cobre).

Especificação

Vamos supor que você precise unir peças para fazer uma montagem com barras de metal ou outro tipo de peça. Se essa união for do tipo de fixação permanente, você vai usar rebites.

Para adquirir os rebites adequados ao seu trabalho, é necessário que você conheça suas especificações, ou seja:

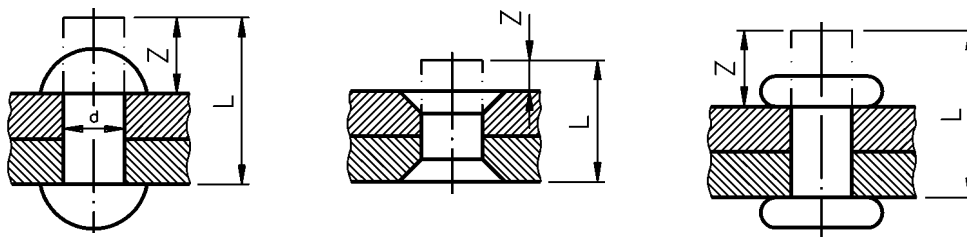
- de que material é feito;
- tipo de sua cabeça;
- diâmetro do seu corpo;
- seu comprimento útil.

O comprimento útil do rebite corresponde à parte do corpo que vai formar a união. A parte que vai ficar fora da união é chamada sobre necessária e vai ser usada para formar a outra cabeça do rebite. No caso de rebite com cabeça escareada, a altura da cabeça do rebite também faz parte do seu comprimento útil. O símbolo usado para indicar comprimento útil é L e o símbolo para indicar a sobre necessária é z.

Na especificação do rebite é importante você saber qual será o seu comprimento útil (L) e a sobra necessária (z). Nesse caso, é preciso levar em conta:

- diâmetro do rebite;
- tipo de cabeça a ser formado;
- modo como vai ser fixado o rebite: a frio ou a quente.

As figuras mostram o excesso de material (z) necessário para se formar a segunda cabeça do rebite em função dos formatos da cabeça, do comprimento útil (L) e do diâmetro do rebite (d).



Para solicitar ou comprar rebites você deverá indicar todas as especificações. Por exemplo:

- material do rebite: rebite de aço 1.006 - 1.010;
- tipo de cabeça: redondo;
- diâmetro do corpo: $\frac{1''}{4} \times \frac{3''}{4}$ de comprimento útil.

Normalmente, o pedido de rebites é feito conforme o exemplo:

- Rebite de alumínio, cabeça chata, de $\frac{3''}{32} \times \frac{1''}{2}$

Exercícios

Marque com um **X** a resposta correta.

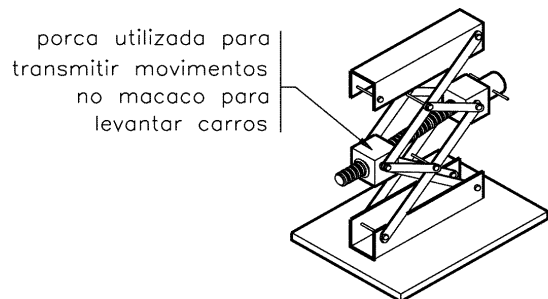
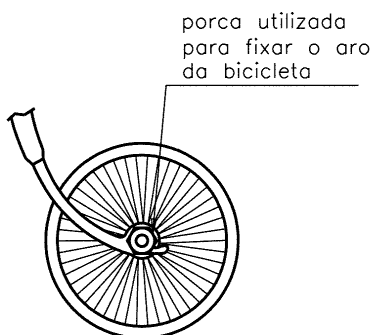
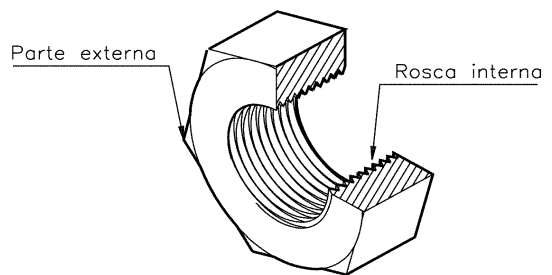
1. Para união permanente de duas ou mais peças são usados os seguintes elementos de fixação:
 - a) () rebites e solda;
 - b) () rebites e chavetas;
 - c) () rebites e arruelas;
 - d) () rebites e porcas.

2. Quando se deseja uma união permanente, em que as superfícies das peças não sejam modificadas devido ao calor, deve-se usar:
- a) () solda;
 - b) () parafuso;
 - c) () rebite;
 - d) () chaveta.
3. Um rebite compõe-se de:
- a) () cabeça e pontas;
 - b) () corpo e cabeça;
 - c) () corpo e pontas;
 - d) () cabeça e pino.
4. Na especificação de um rebite, deve-se levar em conta:
- a) () Material de fabricação, tipo de cabeça , diâmetro do corpo e comprimento útil.
 - b) () Material de fabricação, tipo do corpo, diâmetro da cabeça.
 - c) () Material de fabricação, tipo de cabeça e comprimento útil.
 - d) () Material de fabricação, comprimento útil e tipo de cabeça.

Porcas

Porca é uma peça de forma prismática ou cilíndrica geralmente metálica, com um furo roscado no qual se encaixa um parafuso, ou uma barra roscada. Em conjunto com um parafuso, a porca é um acessório amplamente utilizado na união de peças.

A porca está sempre ligada a um parafuso. A parte externa tem vários formatos para atender a diversos tipos de aplicação. Assim, existem porcas que servem tanto como elementos de fixação como de transmissão.



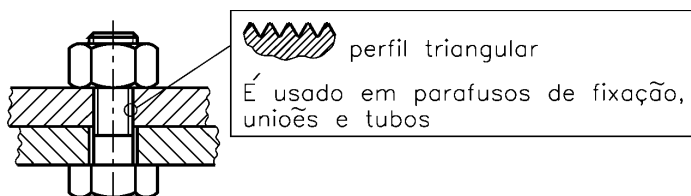
Material de fabricação

As porcas são fabricadas de diversos materiais: aço, bronze, latão, alumínio, plástico.

Há casos especiais em que as porcas recebem banhos de galvanização, zincagem e bicromatização para protegê-las contra oxidação (ferrugem).

Tipos de rosca

O perfil da rosca varia de acordo com o tipo de aplicação que se deseja. As porcas usadas para fixação geralmente têm roscas com perfil triangular.



As porcas para transmissão de movimentos têm roscas com perfis quadrados, trapezoidais, redondo e dente de serra.

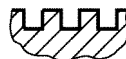
Trapezoidal

É usado nos órgãos de comando das máquinas operatrizes (para transmissão de movimento suave e uniforme), nos fusos e nas prensas de estampar.



Quadrado

Tipo em desuso, mas ainda aplicado em parafusos de peças sujeitas a choques e grandes esforços (morsas).



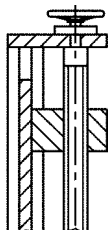
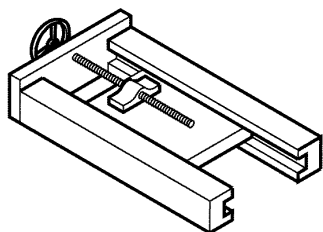
Dente-de-serra

É usado quando o parafuso exerce grande esforço num só sentido, como nas morsas e nos macacos.



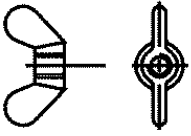
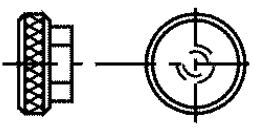
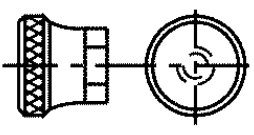
Redondo

É usado em parafusos de grandes diâmetros e que devem suportar grandes esforços.

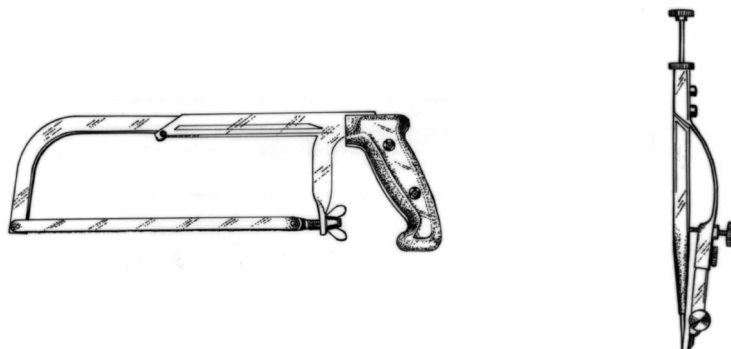


Tipos de porca

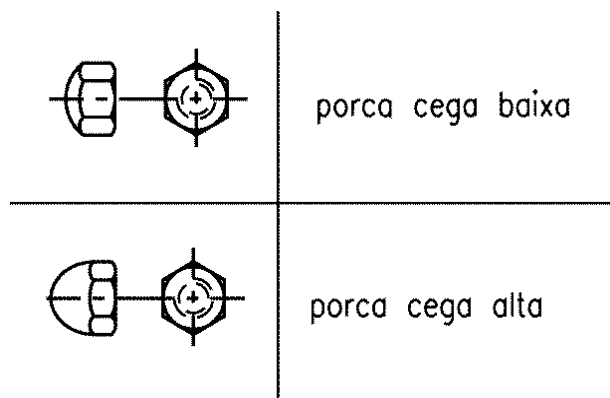
Para aperto manual são mais usados os tipos de porca borboleta, recartilhada alta e recartilhada baixa.

	porca borboleta
	porca recartilhada baixa
	porca recartilhada alta

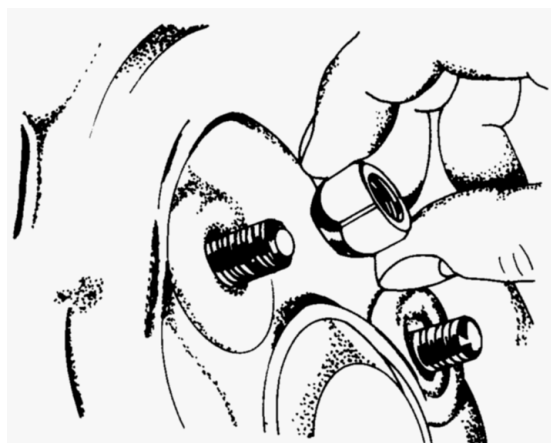
Veja, nas ilustrações a seguir, a aplicação da porca borboleta e da porca recartilhada alta.



As porcas cega baixa e cega alta, além de propiciarem boa fixação, deixam as peças unidas com melhor aspecto.



Veja a aplicação desse tipo de porca.



Para ajuste axial (eixos de máquinas), são usadas as seguintes porcas:



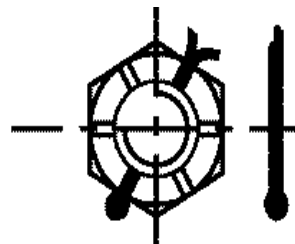
Veja a aplicação desses tipos de porca.



Certos tipos de porcas apresentam ranhuras próprias para uso de cupilhas. Utilizamos cupilhas para evitar que a porca se solte com vibrações.

	porca sextavada com fendas
	porca castelo
	porca castelo chata

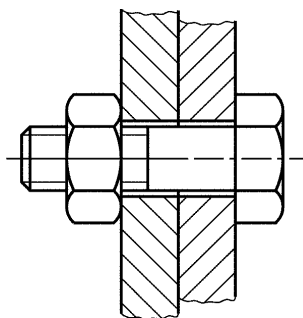
Veja como fica esse tipo de porca com o emprego da cupilha.



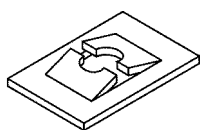
Veja, a seguir, os tipos mais comuns de porcas.

	porca sextavada
	porca sextavada chata
	porca quadrada
	porca quadrada chata

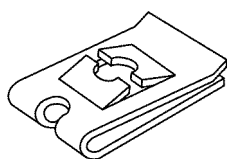
Observe a aplicação da porca sextavada chata.



Para montagem de chapas em locais de difícil acesso, podemos utilizar as porcas:

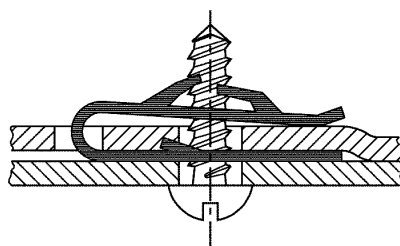
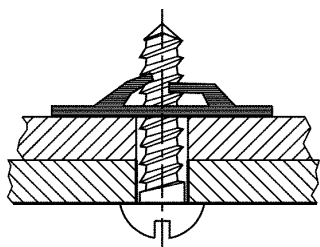


porca rápida



porca rápida dobrada

Veja, a seguir, a aplicação desses tipos de porca.



Há ainda outros tipos de porca que serão tratados em momento oportuno.

Exercícios

Marque com um **X** a resposta correta.

1. A função da porca é:
 - a) () Fixar e não transmitir movimentos.
 - b) () Fixar e também transmitir movimentos.

2. As porcas podem ter diversos perfis externos, cite três:
- a)
 - b)
 - c)
3. Marque **V** para verdadeiro e **F** para falso: As porcas para transmissão de movimentos podem ter roscas com perfil:
- a) () quadrado;
 - b) () triangular;
 - c) () trapezoidal;
 - d) () redondo.
4. Marque com um **X** a resposta correta: A porca usada para aperto manual é a:
- a) () porca redonda;
 - b) () porca borboleta;
 - c) () porca de trava;
 - d) () porca rebitada.

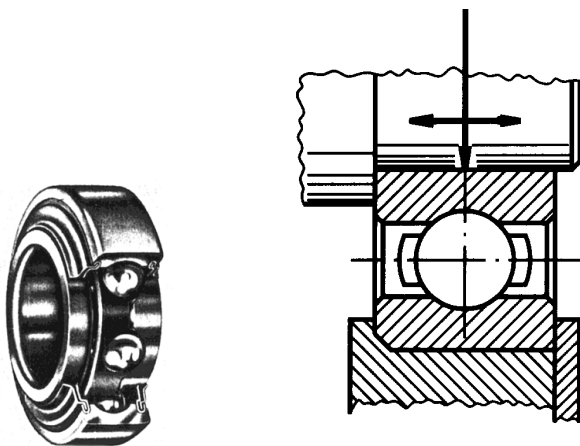
Rolamentos

Os rolamentos podem ser de diversos tipos: fixo de uma carreira de esferas, de contato angular de uma carreira de esferas, auto-compensador de esferas, de rolo cilíndrico, autocompensador de uma carreira de rolos, autocompensador de duas carreiras de rolos, de rolos cônicos, axial de esfera, axial autocompensador de rolos, de agulha e com proteção.

Rolamento fixo de uma carreira de esferas

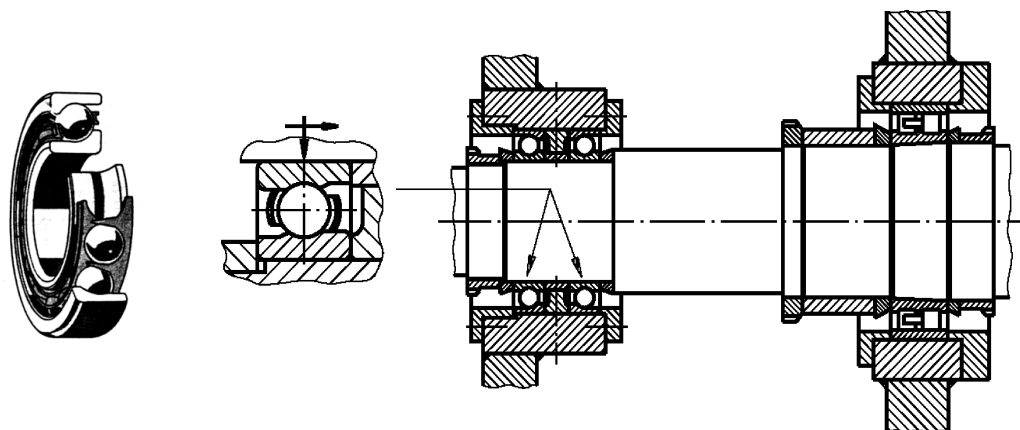
É o mais comum dos rolamentos. Suporta cargas radiais e pequenas cargas axiais e é apropriado para rotações mais elevadas.

Sua capacidade de ajustagem angular é limitada. É necessário um perfeito alinhamento entre o eixo e os furos da caixa.



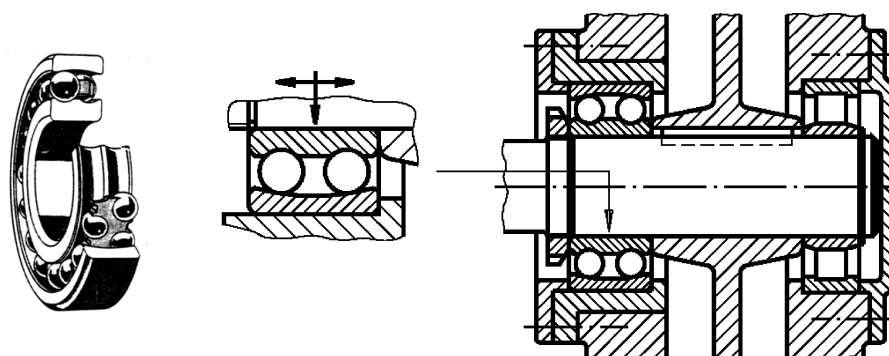
Rolamento de contato angular de uma carreira de esferas

Admite cargas axiais somente em um sentido e deve sempre ser montado contra outro rolamento que possa receber a carga axial no sentido contrário.



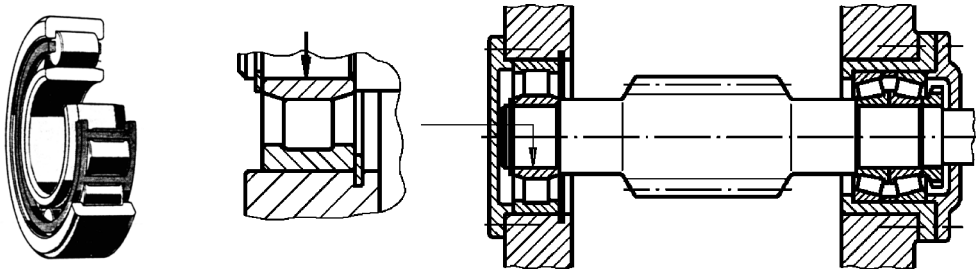
Rolamento autocompensador de esferas

É um rolamento de duas carreiras de esferas com pista esférica no anel externo, o que lhe confere a propriedade de ajustagem angular, ou seja, de compensar possíveis desalinhamentos ou flexões do eixo.



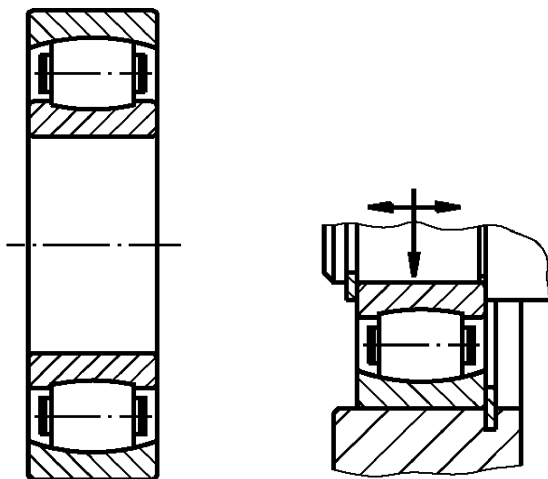
Rolamento de rolo cilíndrico

É apropriado para cargas radiais elevadas. Seus componentes são separáveis, o que facilita a montagem e desmontagem.



Rolamento autocompensador de uma carreira de rolos

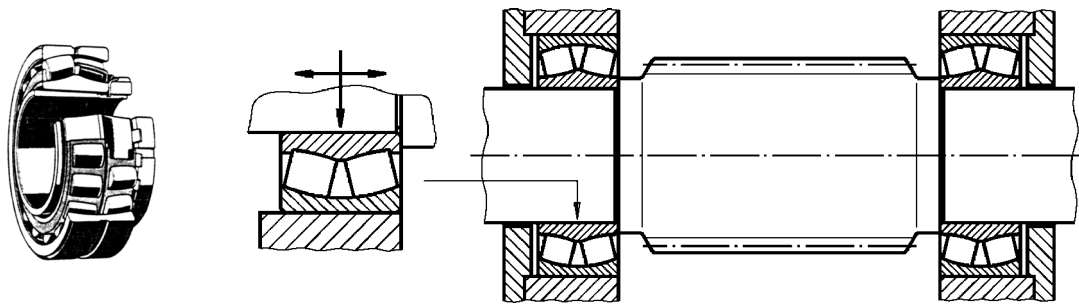
Seu emprego é particularmente indicado para construções em que se exige uma grande capacidade para suportar carga radial e a compensação de falhas de alinhamento.



Rolamento autocompensador de duas carreiras de rolos

É um rolamento adequado aos mais pesados serviços. Os rolos são de grande diâmetro e comprimento.

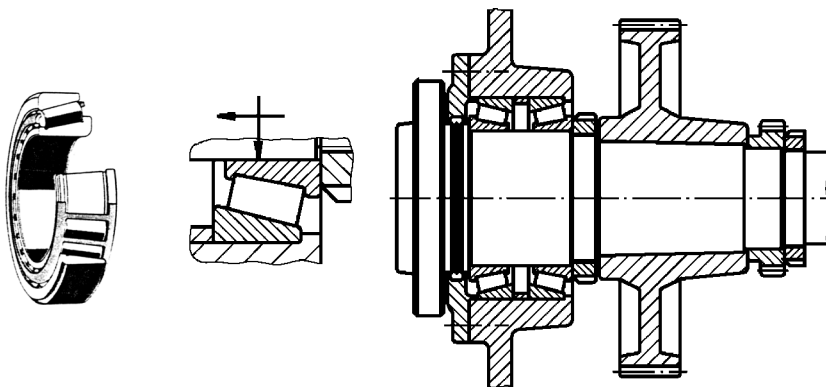
Devido ao alto grau de oscilação entre rolos e pistas, existe uma distribuição uniforme da carga.



Rolamento de rolos cônicos

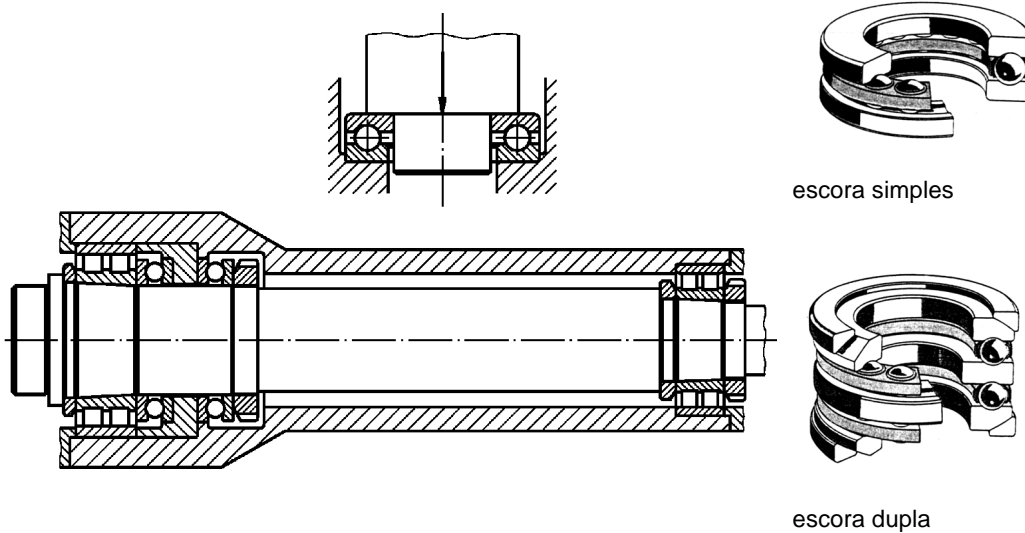
Além de cargas radiais, os rolamentos de rolos cônicos também suportam cargas axiais em um sentido.

Os anéis são separáveis. O anel interno e o externo podem ser montados separadamente. Como só admitem cargas axiais em um sentido, torna-se necessário montar os anéis aos pares, um contra o outro.



Rolamento axial de esfera

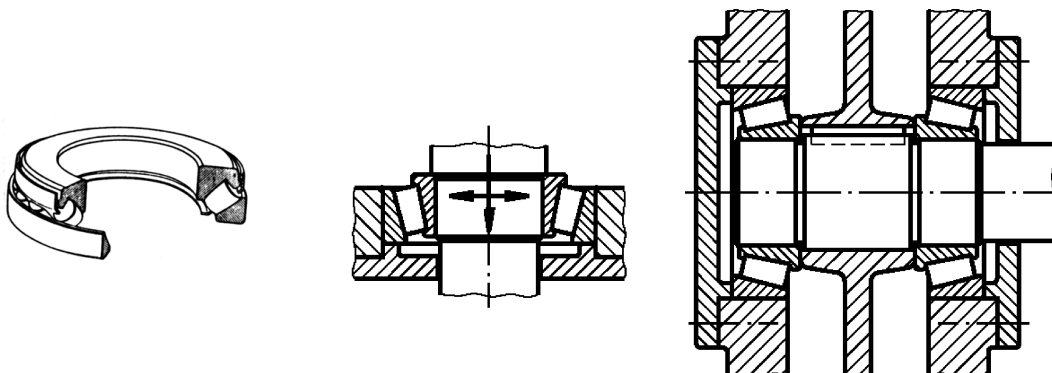
Ambos os tipos de rolamento axial de esfera (escora simples e escora dupla) admitem elevadas cargas axiais, porém, não podem ser submetidos a cargas radiais. Para que as esferas sejam guiadas firmemente em suas pistas, é necessária a atuação permanente de uma carga axial mínima.



Rolamento axial autocompensador de rolos

Tem grande capacidade de carga axial por causa da disposição inclinada dos rolos. Pode suportar consideráveis cargas radiais.

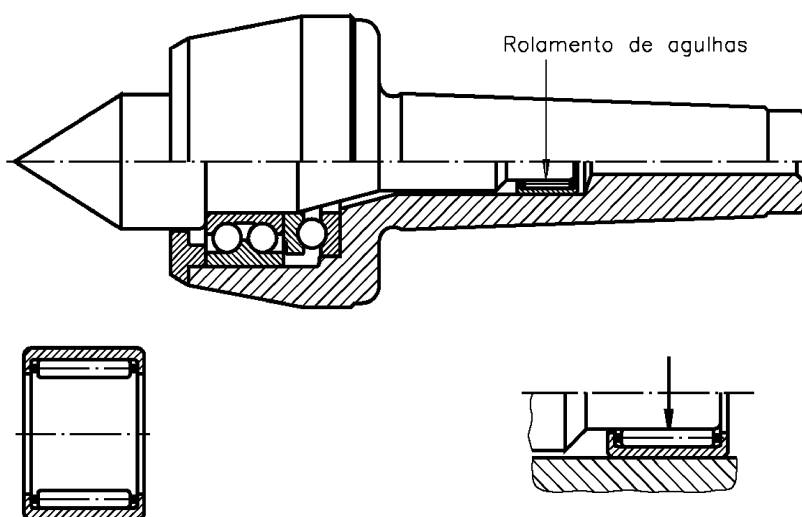
A pista esférica do anel da caixa confere ao rolamento a propriedade de alinhamento angular, compensando possíveis desalinhamentos ou flexões do eixo.



Rolamento de agulha

Possui uma seção transversal muito fina em comparação com os rolamentos de rolos comuns.

É utilizado especialmente quando o espaço radial é limitado.

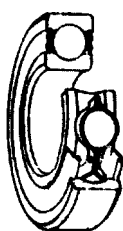


Rolamentos com proteção

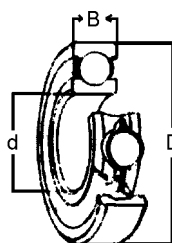
São assim chamados os rolamentos que, em função das características de trabalho, precisam ser protegidos ou vedados.

A vedação é feita por blindagem (placa). Existem vários tipos.

Os principais tipos de placas são:



Execução Z 1
placa de
proteção



Execução 2Z
2 placas de
proteção



Execução RS1
1 placa de
vedação



Execução 2RS1
2 placas de
vedação

As designações Z e RS são colocadas à direita do número que identifica os rolamentos. Quando acompanhados do número 2 indicam proteção de ambos os lados.

Cuidados

Na troca de rolamentos, deve-se tomar muito cuidado, verificando sua procedência e seu código correto.

Antes da instalação é preciso verificar cuidadosamente os catálogos dos fabricantes e das máquinas, seguindo as especificações recomendadas.

Na montagem, entre outros, devem ser tomados os seguintes cuidados:

- verificar se as dimensões do eixo e cubo estão corretas;
- usar o lubrificante recomendado pelo fabricante;
- remover rebarbas;
- no caso de reaproveitamento do rolamento, deve-se lavá-lo e lubrificá-lo imediatamente para evitar oxidação;
- não usar estopa nas operações de limpeza;
- trabalhar em ambiente livre de pó e umidade.

Defeitos

Os defeitos comuns ocorrem por:

- desgaste;
- fadiga;
- falhas mecânicas.

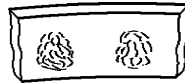
Desgaste

O desgaste pode ser causado por:

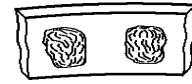
- deficiência de lubrificação;
- presença de partículas abrasivas;
- oxidação (ferrugem);
- desgaste por patinação (girar em falso);
- desgaste por brinelamento.



fase inicial
(armazenamento)



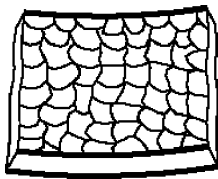
fase avançada
(antes do trabalho)



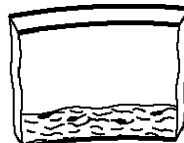
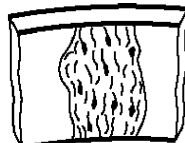
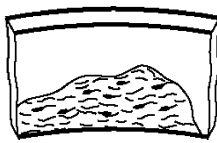
fase final
(após o trabalho)

Fadiga

A origem da fadiga está no deslocamento da peça, ao girar em falso. A peça se descasca, principalmente nos casos de carga excessiva.



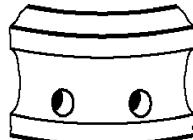
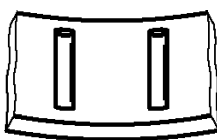
Descascamento parcial revela fadiga por desalinhamento, ovalização ou por conificação do alojamento.



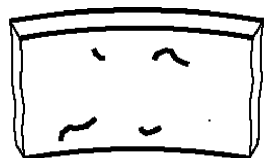
Falhas mecânicas

O **brinelamento** é caracterizado por depressões correspondentes aos roletes ou esferas nas pistas do rolamento.

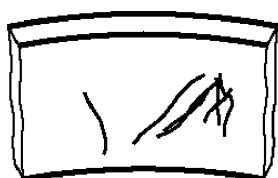
Resulta de aplicação da pré-carga, sem girar o rolamento, ou da prensagem do rolamento com excesso de interferência.



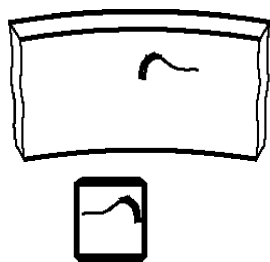
Goivagem é defeito semelhante ao anterior, mas provocado por partículas estranhas que ficam prensadas pelo rolete ou esfera nas pistas.



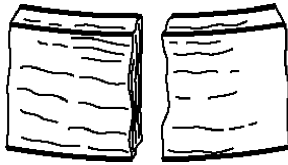
Sulcamento é provocado pela batida de uma ferramenta qualquer sobre a pista rolante.



Queima por corrente elétrica é geralmente provocada pela passagem da corrente elétrica durante a soldagem. As pequenas áreas queimadas evoluem rapidamente com o uso do rolamento e provocam o deslocamento da pista rolante.



As rachaduras e fraturas resultam, geralmente, de aperto excessivo do anel ou cone sobre o eixo. Podem, também, aparecer como resultado do girar do anel sobre o eixo, acompanhado de sobrecarga.



O engripamento pode ocorrer devido a lubrificante muito espesso ou viscoso. Pode acontecer, também, por eliminação de folga nos roletes ou esferas por aperto excessivo.

Exercícios

Marque com um **X** a resposta correta.

1. O rolamento mais comum para suportar pequenas e grandes cargas axiais com rotações elevadas é chamado:
 - a) rolo axial de esfera e rolo cônico;
 - b) elemento fixo de uma carreira de esferas;
 - c) rolo cilíndrico e rolo cônico;
 - d) autocompensador com duas carreiras de rolos.

2. Para cargas axiais somente em um sentido, usa-se o seguinte rolamento:
 - a) autocompensador com duas carreiras de rolos;
 - b) autocompensador de esferas e de carreira de rolos;
 - c) fuso em carreira de esferas;
 - d) de contato angular de uma carreira de esferas.

3. Para compensar possíveis desalinhamentos ou flexões do eixo, deve-se usar o seguinte rolamento:
 - a) rolo cilíndrico ou cônico;
 - b) autocompensador de esferas;
 - c) autocompensador com carreiras;
 - d) autocompensador sem carreiras.

4. Para serviços mais pesados, o rolamento adequado é:
- a) () autocompensador com duas carreiras de rolos;
 - b) () autocompensador com esferas;
 - c) () autocompensador com uma carreira de rolos;
 - d) () autocompensador axial de esfera.
5. Para cargas radiais e cargas axiais em um sentido é mais apropriado o seguinte rolamento:
- a) () de rolos cilíndrico;
 - b) () de rolos cônicos;
 - c) () de rolos prismáticos;
 - d) () de rolos quadrangulares.
6. Os rolamentos que precisam de vedação são chamados rolamentos:
- a) () com fechamento;
 - b) () com abertura;
 - c) () com fixação;
 - d) () com proteção.
7. Na montagem de rolamentos deve-se levar em conta:
- a) () lubrificante, dimensões do eixo e cubo, superfícies;
 - b) () dimensões do eixo e cubo, lubrificante, superfícies;
 - c) () dimensões do eixo e cubo, lubrificante, ambiente sem pó e umidade;
 - d) () ambiente sem pó e umidade, lubrificante, superfícies.
8. Os defeitos mais comuns dos rolamentos são:
- a) () falha mecânica, fadiga, folga excessiva;
 - b) () desgaste, fadiga, falha mecânica;
 - c) () falha mecânica, pouca espessura, fadiga;
 - d) () fadiga, ferrugem, falha mecânica.

9. No caso de partículas estranhas que ficam prensadas nas pistas pelo rolete ou esfera, tem-se um tipo de falha mecânica denominado:

- a) () goivagem;
- b) () descascamento;
- c) () fadiga;
- d) () engripamento.

10. Lubrificante muito espesso ou viscoso e eliminação de folga devido a aperto excessivo ocasionam a seguinte falha:

- a) () fratura;
- b) () sulcamento;
- c) () goivagem;
- d) () engripamento.

Conjuntos mecânicos

Um conjunto mecânico é uma reunião de peças justapostas com a finalidade de executar uma determinada função.

Tanto os desenhos de conjuntos mecânicos como o de seus componentes são feitos em folhas de papel com características estabelecidas segundo normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR 10582:1988.

Nessa norma, existe um espaço com o termo legenda.

Na legenda, você encontra a identificação da peça ou do conjunto desejado e especificações relativas à peça a ser desenhada.

Nesta aula, você vai aprender a interpretar legendas de desenhos de conjunto e de componentes.

Chama-se desenho para execução o desenho de conjuntos e componentes contendo indicações de forma, tamanho e estado de superfície, representados em folhas normalizadas de acordo com normas próprias.

Representações de desenhos para execução

O desenho para execução é o desenho definitivo, que faz parte da solução final do projeto.

A descrição técnica para a produção de uma máquina ou estrutura é dada por um conjunto de desenhos, no qual estão especificadas claramente todas as informações necessárias à execução dessa máquina ou estrutura.

A descrição fornecida pelo conjunto de desenhos deve incluir:

- a representação gráfica completa da forma de cada peça (descrição da forma);
- as dimensões de cada peça (descrição do tamanho);
- notas explicativas gerais e específicas sobre cada desenho, fornecendo as especificações de material, tratamento térmico, tipo de acabamento;
- uma legenda descritiva em cada desenho;
- uma descrição das relações de cada parte ou peça com as demais (montagem);
- uma relação ou lista de materiais.

O desenho para execução deve obedecer rigorosamente às normas técnicas. Esse tipo de desenho é executado em papel normalizado pela NBR 10068/1987 da ABNT.

Os tamanhos e as margens da folha de papel normalizada são padronizadas. As folhas são classificadas de acordo com o formato. Conheça, a seguir, as principais características do papel normalizado.

Papel para desenho: Formato Série “A”

O formato básico do papel para desenhos técnicos é o A0 (lê-se A zero).

A folha de papel A0 tem uma área de 1m^2 . Seus lados medem 841mm x 1.189mm.

Os demais formatos são obtidos por bipartição sucessiva do formato A0.

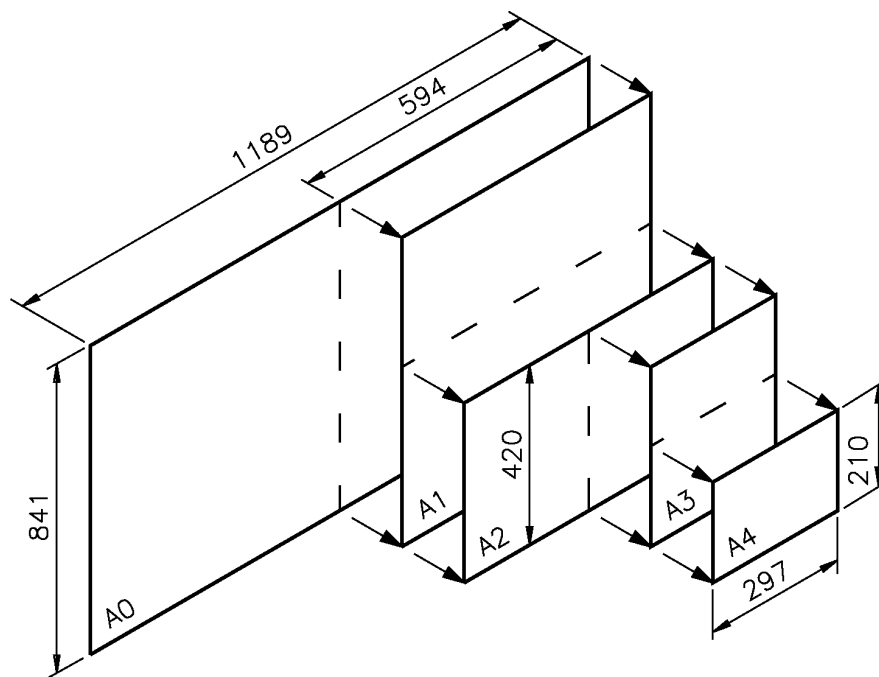
A0 – 841 x 1189

A1 – 594 x 841

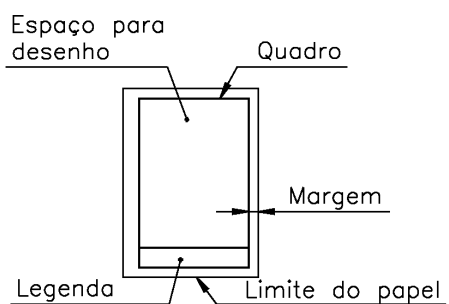
A2 – 420 x 594

A3 – 297 x 420

A4 – 210 x 297



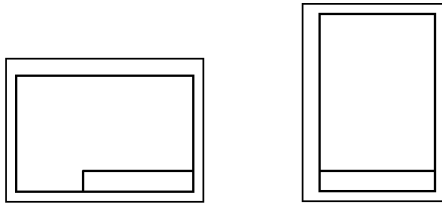
Qualquer que seja o formato do papel, os seguintes elementos devem aparecer impressos:



As margens são limitadas pelo contorno externo da folha e pelo quadro.

O quadro limita o espaço para o desenho. No canto inferior do quadro, à direita, deve ser reservado um espaço para a legenda.

As folhas de desenho podem ser utilizadas tanto na posição horizontal como na posição vertical.



Posição horizontal

Posição vertical

papel normalizado

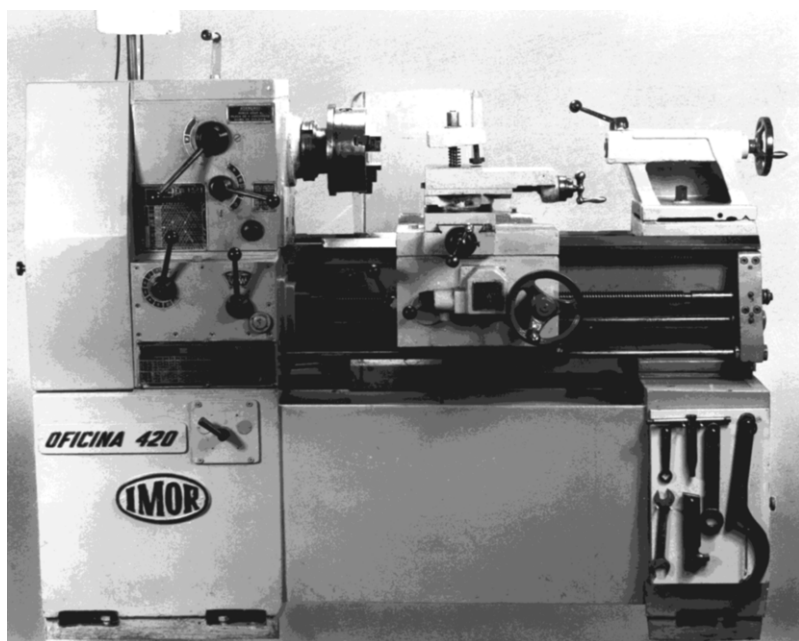
A interpretação das legendas, tanto no desenho de conjunto como nos desenhos de componentes, faz parte da interpretação do desenho técnico.

Nos formatos menores, como o A4, a legenda pode ocupar toda a parte inferior da folha.

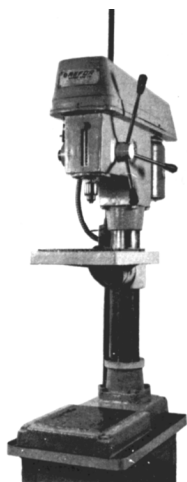
Conjuntos mecânicos

Máquinas e dispositivos são exemplos de conjuntos mecânicos. Uma máquina é formada por um ou mais conjuntos mecânicos. No conjunto mecânico, cada peça tem uma função e ocupa determinada posição.

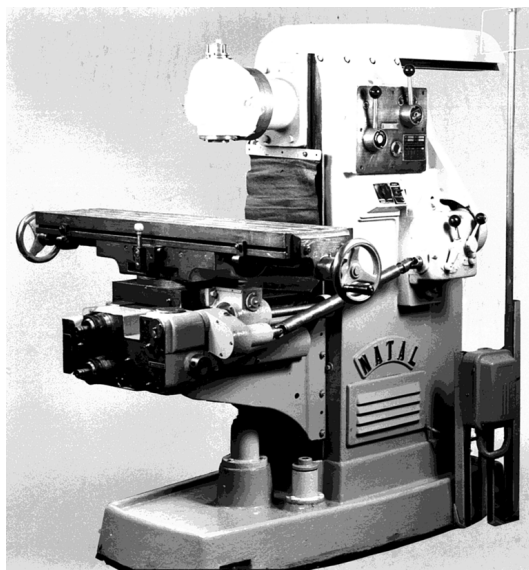
Torno mecânico, furadeira e fresadora são exemplos de máquinas.



torno mecânico

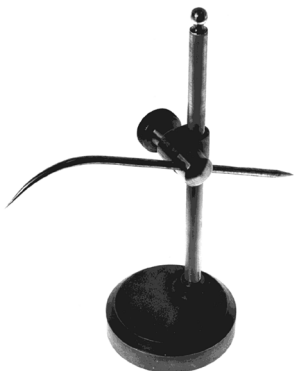


furadeira

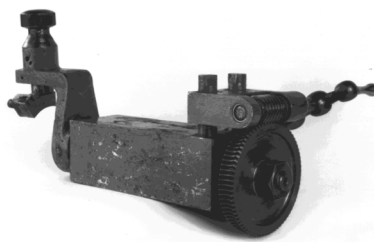


fresadora

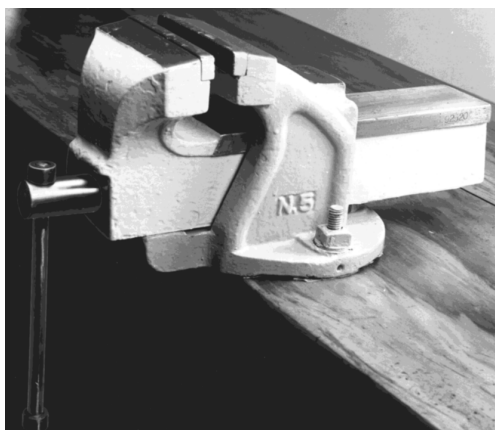
Um dispositivo também é formado de um conjunto de peças. Um dispositivo pode ter uma função isolada ou pode ser colocado em uma máquina para exercer determinadas funções. Veja alguns dispositivos que exercem função isolada de máquinas.



gaminho

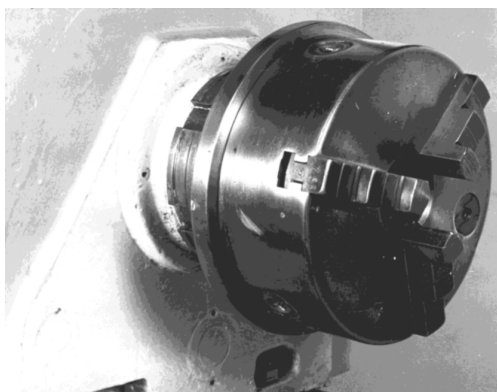


dispositivo para torneare esfera

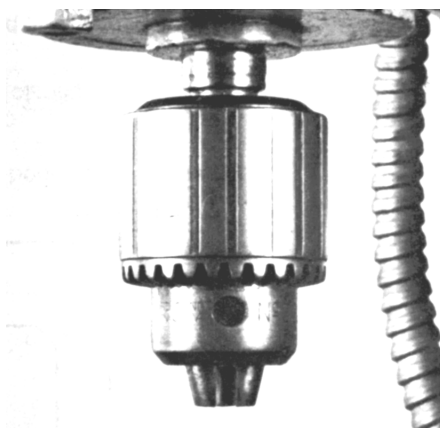


morsa

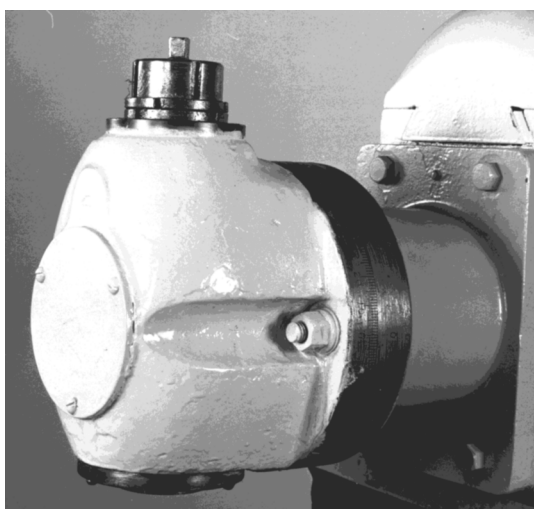
Agora, veja alguns exemplos de dispositivos que só funcionam quando acoplados a determinadas máquinas.



placa universal do torno



mandril da furadeira



cabeçote da fresadora

Como você vê, um conjunto mecânico pode funcionar como um subconjunto quando seu funcionamento depende de outros conjuntos.

Exercícios

1. A identificação da peça, ou do conjunto, e outras especificações para execução da peça aparecem num espaço reservado chamado:
 - a) () margem;
 - b) () ilustração;
 - c) () legenda;
 - d) () conjunto mecânico.

2. Os desenhos de conjunto e os desenhos de componentes, com todas as indicações de forma, tamanho e estado de superfície, representados em folhas normalizadas e seguindo as normas próprias, constituem:
 - a) () As normas da ABNT.
 - b) () Os desenhos para execução.
 - c) () A descrição das relações entre as peças.
 - d) () Parte do desenho definitivo.

3. Os lados da folha de papel A0 medem, em milímetros:
 - a) () 841 x 1189;
 - b) () 594 x 841;
 - c) () 420 x 594;
 - d) () 297 x 420.

4. São exemplos de conjunto mecânico:
 - a) () parafuso;
 - b) () mola;
 - c) () chave de boca;
 - d) () máquinas e dispositivos.

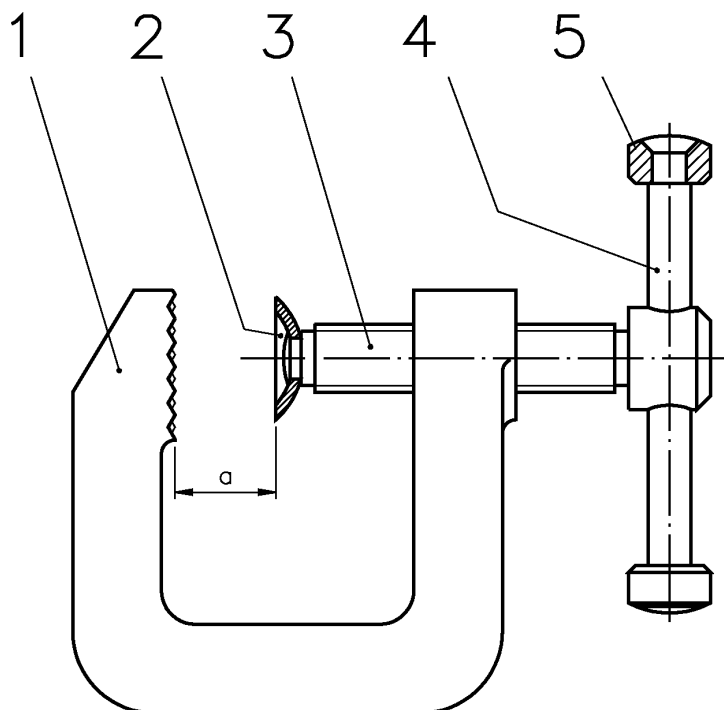
5. São exemplos de dispositivos que funcionam acoplados a determinadas máquinas:
- a) () A placa universal do torno e a morsa.
 - b) () A placa universal do torno, o mandril da furadeira e o cabeçote da fresa.
 - c) () O graminho e o mandril da furadeira.
 - d) () O graminho, a morsa e o mandril da furadeira.

Desenho de conjunto

Desenho de conjunto é o desenho da máquina, dispositivos ou estrutura, com suas partes montadas.

As peças são representadas nas mesmas posições que ocupam no conjunto mecânico.

O primeiro conjunto que você vai estudar, para interpretar desenhos para execução de conjunto mecânico é o grampo fixo.



O grampo fixo é uma ferramenta utilizada para fixar peças temporariamente. As peças a serem fixadas ficam no espaço “a” (ver na figura). Esse espaço pode ser reduzido ou ampliado, de acordo com o movimento rotativo do manípulo (peça nº 4) que aciona o parafuso (peça nº 3) e o encosto móvel (peça nº 2). Quando o espaço “a” é reduzido, ele fixa a peça e quando aumenta, solta a peça.

O desenho de conjunto é representado, normalmente, em vistas ortográficas. Cada uma das peças que compõem o conjunto é identificada por um numeral.

O algarismo do número deve ser escrito em tamanho facilmente visível. Observe esse sistema de numeração na representação ortográfica do grampo fixo.

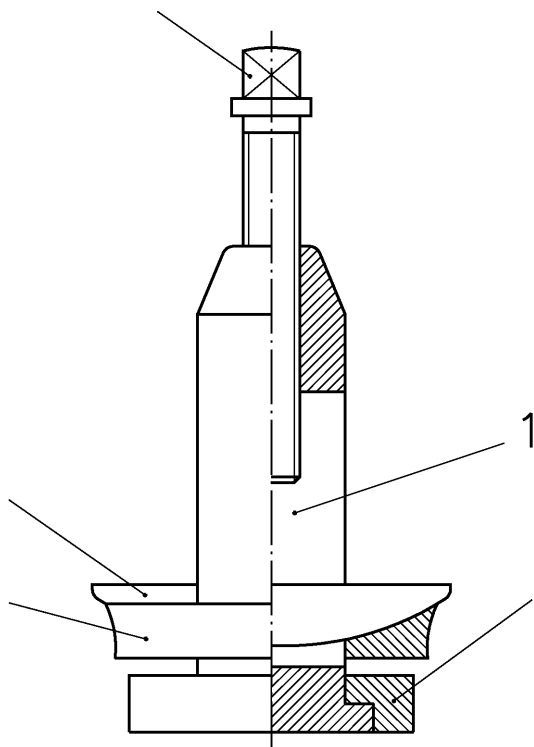
Você deve Ter notado que a numeração das peças segue o sentido horário. Os numerais são ligados a cada peça por linhas de chamada. As linhas de chamada são representadas por uma linha contínua estreita. Sua extremidade termina com um ponto, quando toca a superfície do objeto. Quando toca a aresta ou contorno do objeto, termina com seta.

Uma vez que as peças são desenhadas da mesma maneira como devem ser montadas no conjunto, fica fácil perceber como elas se relacionam entre si e assim deduzir o funcionamento de cada uma.

Geralmente, o desenho de conjunto em vistas ortográficas não aparece cotado. Mas, quando o desenho de conjunto é utilizado para montagem, as cotas básicas podem ser indicadas.

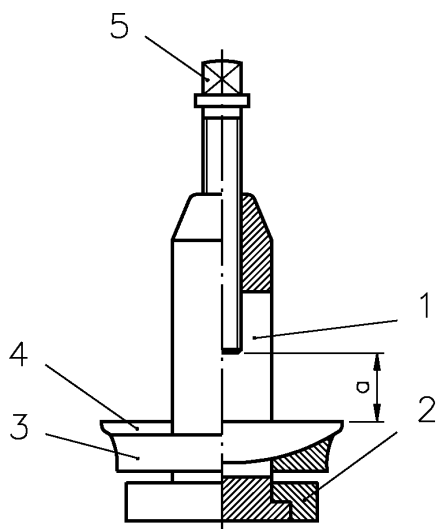
Verificando o entendimento

Complete a numeração das peças do conjunto abaixo.



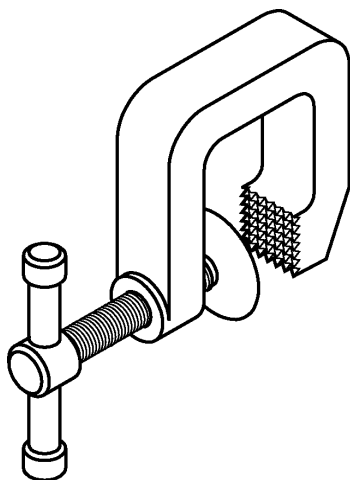
Os desenhos de conjunto são representados, de preferência, em corte, como nesse exercício. Assim, fica mais clara a representação e a interpretação das peças.

Verifique, a seguir, se você numerou as peças corretamente.



O nome deste conjunto é “Porta-ferramenta do torno”. É utilizado para fixar ferramentas que ficam presas no espaço “a”, entre a peça 4 (calço) e a peça 5 (parafuso).

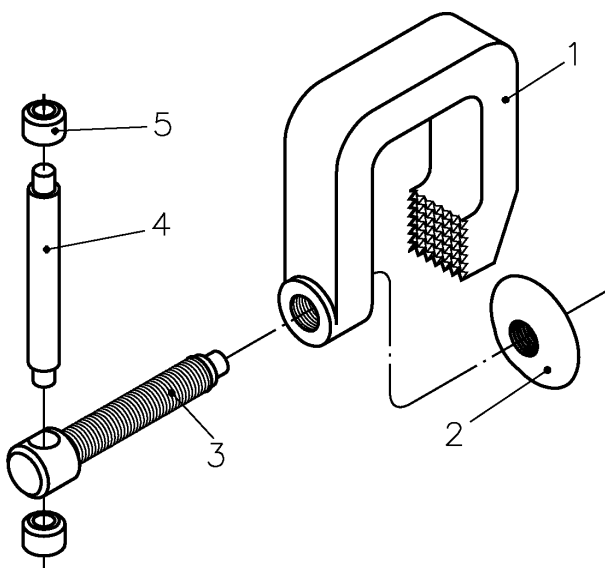
O desenho de conjunto, para montagem, pode ser representado em perspectiva isométrica, como mostra a ilustração seguinte.



Por meio dessa perspectiva você tem a idéia de como o conjunto será montado.

Outra maneira de representar o conjunto é através do desenho de perspectiva não montada. As peças são desenhadas separadas, mas permanece clara a relação que elas mantêm entre si.

Esse tipo de representação é também chamado perspectiva explodida.



Geralmente, os desenhos em perspectiva são raramente usados para fornecer informações para a construção de peças. O uso da perspectiva é mais comum nas revistas e catálogos técnicos.

A partir do próximo capítulo, você aprenderá a interpretar desenhos para execução de conjuntos mecânicos em projeções ortográficas, que é a forma de representação empregada nas indústrias. O conjunto mecânico que será estudado primeiramente é o grampo fixo.

Interpretação da legenda

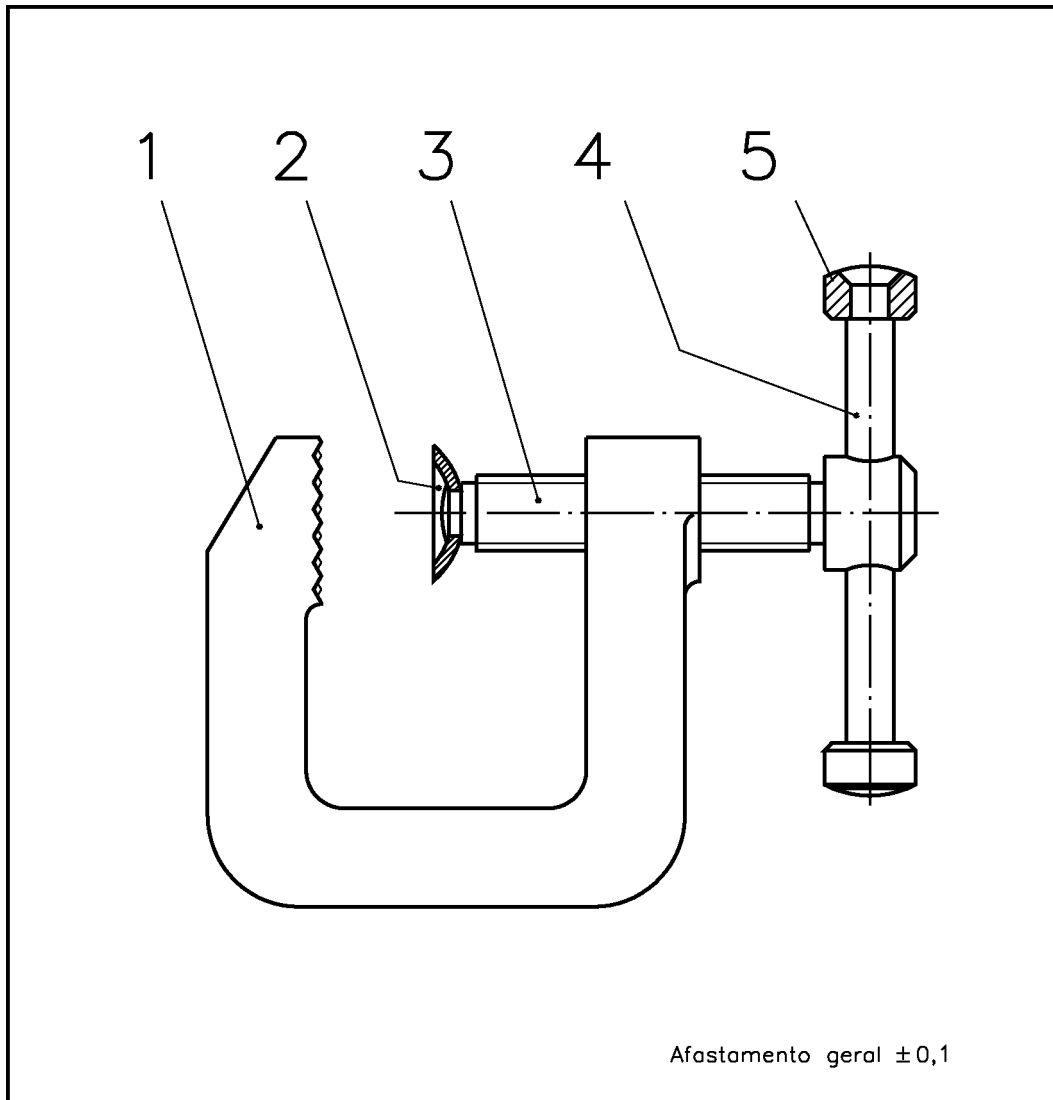
Veja, a seguir, o conjunto do grampo fixo desenhado numa folha de papel normalizada.

No desenho para execução, a legenda é muito importante. A legenda fornece informações indispensáveis para a execução do conjunto mecânico.


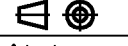
A legenda é constituída de duas partes: rótulo e lista de peças. A disposição e o número de informações da legenda podem variar.

Geralmente, as empresas criam suas próprias legendas de acordo com suas necessidades.

A NBR 10068/1987 normaliza apenas o comprimento da legenda.






Afastamento geral $\pm 0,1$

5	Cabeça	Des.n° 1.5	2	Aço ABNT 1010/20	tref. $\varnothing 12,7 \times 20$
4	Manípulo	Des.n° 1.4	1	Aço ABNT 1010/20	tref. $\varnothing 6,35 \times 80$
3	Parafuso	Des.n° 1.3	1	Aço ABNT 1010/20	tref. $\varnothing 16 \times 70$
2	Encosto móvel	Des.n° 1.2	1	Aço ABNT 1010/20	# 16 $\varnothing 25$
1	Corpo	Des.n° 1.1	1	Aço ABNT 1010/20	$\square 19 \times 63,5 \times 66$
Peça	Denominação e observações		Quant.	Material e dimensões	
 São Paulo	Título:			 Escala:	
	GRAMPO FIXO (CONJUNTO)			Unidade mm	
	Aluno:			Data: / /	
Professor:			C.F.P.:		Des.n° : 1

Formato A5 (148,5 x 210mm)


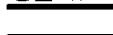

Veja, a seguir, a legenda criada para o nosso curso.

Peça	Denominação e observações	Quant.	Material e dimensões	
 SENAI  <i>São Paulo</i>	Título:			Escala:
				Unidade mm
	Aluno:		Data: / /	Turma:
Professor:		C.F.P.:	Des.nº :	

É fácil interpretar a legenda do desenho de conjunto. Basta ler as informações que o rótulo e a lista de peças contêm.

Para facilitar a leitura do rótulo e da lista de peças, vamos analisá-los separadamente.

Vamos começar pelo rótulo.

 SENAI  <i>São Paulo</i>	Título: GRAMPO FIXO (CONJUNTO)			Escala: 1:1
				Unidade mm
	Aluno:		Data: / /	Turma:
Professor:		C.F.P.:	Des.nº : 1	

As informações mais importantes do rótulo são:

- Nome do conjunto mecânico: grampo fixo.
- Tipo de desenho: conjunto (a indicação do tipo de desenho é sempre feita entre parênteses).
- Escala do desenho: 1:1 (natural).
- Símbolo indicativo de diedro: 1º diedro.
- Unidade de medida: milímetro.

Outras informações que podem ser encontradas no rótulo do desenho de montagem são:

- Número do desenho (correspondente ao lugar que ele deve ocupar no arquivo).
- Nome da instituição responsável pelo desenho.
- Assinaturas dos responsáveis pelo desenho.
- Data da sua execução.

Veja, a seguir, a lista de peças.

5	Cabeça	Des.n° 1.5	2	Aço ABNT 1010/20 tref. \varnothing 12,7 x 20
4	Manípulo	Des.n° 1.4	1	Aço ABNT 1010/20 tref. \varnothing 6,35 x 80
3	Parafuso	Des.n° 1.3	1	Aço ABNT 1010/20 tref. \varnothing 16 x 70
2	Encosto móvel	Des.n° 1.2	1	Aço ABNT 1010/20 \neq 16 \varnothing 25
1	Corpo	Des.n° 1.1	1	Aço ABNT 1010/20 \square 19 x 63,5 x 66
Peça	Denominação e observações		Quant.	Material e dimensões

Todas as informações da lista de peças são importantes. A lista de peças informa:

- A quantidade de peças que formam o conjunto.
- A identificação numeral de cada peça.
- A denominação de cada peça.
- A quantidade de cada peça no conjunto.
- Os materiais usados na fabricação das peças.
- As dimensões dos materiais de cada peça.

Acompanhe a interpretação da lista de peças do grampo fixo. O grampo fixo é composto de cinco peças.

Os nomes das peças que compõem o grampo fixo são: corpo, encosto móvel, parafuso, manípulo e cabeça. Para montagem do grampo fixo são necessárias duas cabeças e uma unidade de cada uma das outras peças.

Todas as peças são fabricadas com aço ABNT 1010-1020. Esse tipo de aço é padronizado pela ABNT. Os dois primeiros algarismos dos numerais 1010 e 1020 indicam o material a ser usado, que nesse caso é o aço-carbono.

Os dois últimos algarismos dos numerais 1010 e 1020 indicam a porcentagem de carbono existente no aço. Nesse exemplo, a porcentagem de carbono pode variar entre 0,10 e 0,20%.

Todas as peças do grampo fixo são fabricadas com o mesmo tipo de aço. Mas, as seções e as medidas do material de fabricação são variáveis.

O que indica as variações das seções são os símbolos:

∅ □

Observe, na listas de peças, as indicações das seções:

- As seção do aço do corpo é retangular (□).
- As seções dos aços do parafuso, do manípulo e das cabeças são circulares (∅).

Já o símbolo # indica que o material de fabricação é chapa. O símbolo # acompanhado de um numeral indica a bitola da chapa.



Bitola é um número padronizado que corresponde a uma determinada espessura de chapa.

O encosto móvel é fabricado com aço 1010-1020 e bitola 16. A espessura da chapa # 16 corresponde a 1,52mm.

Assim, onde aparece # 16, leia chapa bitola 16. Existe uma correspondência entre as bitolas e as espessura das chapas. Essa correspondência pode ser encontrada em tabelas de chapas.

Verificando o entendimento

Analise a lista de peças e complete as frases.

5	Cabeça	Des.nº 1.5	2	Aço ABNT 1010/20 tref. ∅12,7 x 20
4	Manípulo	Des.nº 1.4	1	Aço ABNT 1010/20 tref. ∅6,35 x 80
3	Parafuso	Des.nº 1.3	1	Aço ABNT 1010/20 tref. ∅ 16 x 70
2	Encosto móvel	Des.nº 1.2	1	Aço ABNT 1010/20 # 16 ∅25
1	Corpo	Des.nº 1.1	1	Aço ABNT 1010/20 □19 x 63,5 x 66
Peça	Denominação e observações		Quant.	Material e dimensões
	Título:		 Escala:	
	GRAMPO FIXO (CONJUNTO)		Unidade mm 1:1	
	Aluno:		Data: / / Turma:	
Professor:		C.F.P.: Des.nº: 1		

- A peça 5 tem seção de forma
- A bitola da peça 2 é
- O material para fabricação da peça 2 é

Verifique se você respondeu corretamente:

- a) circular;
- b) dezesseis;
- c) chapa de aço ABNT 1010/20.

Agora, vamos ler as medidas do aço que será usado na fabricação das peças do grampo fixo.

Antes, porém, saiba que na legenda, em geral, as medidas do material aparecem na seguinte ordem:

- largura, altura e comprimento;
- diâmetro e comprimento.

Volte a examinar a lista de peças da legenda e verifique que as medidas do aço para fabricação do corpo são:

- 19 milímetros de largura;
- 63,5 milímetros de altura;
- 66 milímetros de comprimento.

No caso do encosto móvel, além da indicação da bitola 16, aparece a indicação do diâmetro que deve ter a chapa usada para fabricação da peça. O diâmetro do material é Ø25, ou seja, 25 milímetros.

Tente você mesmo interpretar as dimensões dos materiais para fabricação do parafuso, do manípulo e da cabeça.

Verificando o entendimento

Analise a lista de peças da legenda do grampo fixo, na página e escreva as dimensões solicitadas

Peça	Diâmetro	Comprimento
a) parafuso		
b) manípulo		
c) cabeça		

As três peças têm seção circular. Logo, a primeira medida da legenda refere-se ao diâmetro e a segunda medida, ao comprimento.

As respostas corretas são:

- a) 16mm e 70mm;
- b) 6,35mm e 80mm;
- c) 12,7mm e 20mm.

A interpretação da legenda do desenho de conjunto representa uma parte importante da interpretação do desenho técnico.

Volte a examinar o desenho da página e veja outras informações que se pode tirar do desenho de conjunto do grampo fixo:


- a peça 1, o corpo, é a principal peça do conjunto;
- no corpo está montada a peça 3, o parafuso;
- no parafuso estão montadas as peças 2 e 4 (encosto móvel e manípulo);
- em cada extremidade do manípulo está montada uma cabeça (peça 5).

Exercícios

Assinale com um X a resposta correta.



1. Escreva R ao lado das informações que aparecem no rótulo e LP ao lado das informações que aparecem na lista de peças.
 - a) () símbolo indicativo de diedro;
 - b) () unidade de medida adotada;
 - c) () denominação de cada peça;
 - d) () material usado na fabricação da peça;
 - e) () escala.

2. Analise a legenda e passe um traço sob a alternativa correta:

2	Tampa	1	Ferro fundido – 180 a 200 Brinell
1	Base	1	Ferro fundido – 180 a 200 Brinell
Peça	Denominação e observações	Quant.	Material e dimensões
 SENAI São Paulo	Título: MANCAL (conjunto)		 Escala: 1:1
	Aluno:		Unidade mm
	Professor:		Data: / /
			Turma:
		C.F.P.:	Des.nº :

- a) O desenho está representado em escala:
 () natural () de redução () de ampliação
- b) O nome do conjunto mecânico representado é:
 () tampa () mancal () base
- c) O desenho está representado no:
 () 1º diedro () 2º diedro () 3º diedro
- d) A unidade de medida adotada é:
 () metro () polegada () milímetro

3. Analise a legenda e responda às questões:

5	Parafuso	1	Aço ABNT 1020 – $\varnothing 16 \times 75$
4	Calço	1	Aço ABNT 1040 $\square 12,7 \times 16 \times 72$
3	Anel de apoio	1	Aço ABNT 1040 – $\varnothing 65 \times 12$
2	Placa	1	Aço ABNT 1040 – $\varnothing 67 \times 14$
1	Corpo	1	Aço ABNT 1040 – $\varnothing 47 \times 100$
Peça	Denominação e observações	Quant.	Material e dimensões
 SENAI São Paulo	Título: PORTA FERRAMENTA (CONJUNTO)		 Escala: 1:1
	Aluno:		Unidade mm
	Professor:		Data: / /
			Turma:
		C.F.P.:	Des.nº :

- a) Qual o nome do conjunto mecânico representado?
- b) Quantas peças diferentes compõem este conjunto?
- c) Qual a quantidade total das peças que formam o conjunto?
- d) Qual a denominação da peça 3?
- e) De que material é feita a peça 1?
- f) Qual a forma da seção da peça 4?
- g) Quais as dimensões do material da peça 2?

Desenho de componente é o desenho de uma peça isolada que compõe um conjunto mecânico.

Desenho de detalhe é o desenho de um elemento, de uma parte de um elemento, de uma parte de um componente ou de parte de um conjunto montado.

O desenho de componente dá uma descrição completa e exata da forma, dimensões e modo de execução da peça.

O desenho de componente deve informar, claramente sobre a forma, o tamanho, o material e o acabamento de cada parte. Deve esclarecer quais as operações de oficina que serão necessárias, que limites de precisão deverão ser observados etc.

Cada peça que compõe o conjunto mecânico deve ser representada em desenho de componente.

Apenas as peças padronizadas, que não precisam ser executadas pois são compradas de fornecedores externos, não são representadas em desenho de componente.

Essas peças aparecem representadas apenas no desenho de conjunto e devem ser requisitadas com base nas especificações da lista de peças.

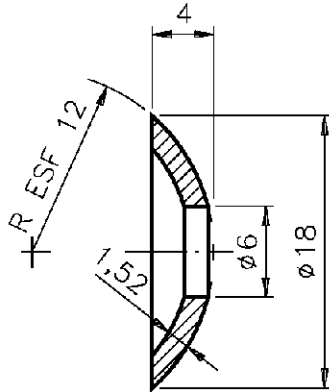
Os desenhos de componentes também são representados em folha normalizada.

A folha do desenho de componente também é dividida em duas partes: espaço para o desenho e para a legenda.

A interpretação do desenho de componente depende da interpretação da legenda e da interpretação do desenho propriamente dito.

Veja, a seguir, o desenho de componente da peça 2 do grampo fixo.

2 ✓



Afastamento geral $\pm 0,1$


2	Encosto móvel	1	Aço ABNT 1010/20 - #16 ø25
Peça	Denominação e observações	Quant	Material e dimensões
 São Paulo	Título:	GRAMPO FIXO (COMPONENTE)	 Escala: 2:1
	Aluno:		Unidade mm Data: / / Turma:
	Professor:		C.F.P.: Des.nº: 1.2

Formato A5 (148,5 x 210mm)

A legenda do desenho de componente é bastante parecida com a legenda do desenho de conjunto.

Ela também apresenta rótulo e lista de peças.

Examine, com atenção, a legenda do desenho de componente da peça 2.

2	Encosto móvel	1	Aço ABNT 1010/20 - #16 Ø25
Peça	Denominação e observações	Quant	Material e dimensões
 	Título:	GRAMPO FIXO (COMPONENTE)	 Escala: 2:1
	Aluno:		Unidade mm
	Professor:		Data: / /
		C.F.P.:	Turma: Des.nº : 1.2

A interpretação do rótulo do desenho de componente é semelhante à do rótulo do desenho de conjunto.

Uma das informações que varia é a indicação do tipo de desenho: componente em vez de conjunto.

Podem variar, também, o número do desenho e os responsáveis por sua execução.

Os desenhos de componente e de detalhe podem ser representados em escala diferente da escala do desenho de conjunto.

Nesse exemplo, a peça **2** foi desenhada em escala de ampliação (2:1), enquanto que o conjunto foi representado em escala natural (1:1).

A lista de peças apresenta informações sobre a peça representada.

Tente, você mesmo, interpretar a lista de peças, resolvendo o exercício.

Verificando o entendimento

Complete as frases:

- a) O nome da peça representada é
- b) A quantidade necessária dessa peça é
- c) A peça deve ser feita de Aço ABNT 1010-1020, bitola, com.....mm de diâmetro.

Você deve ter escrito as seguintes respostas:

- a) encosto móvel;
- b) uma;
- c) 16, 25.

Interpretação do desenho de componente

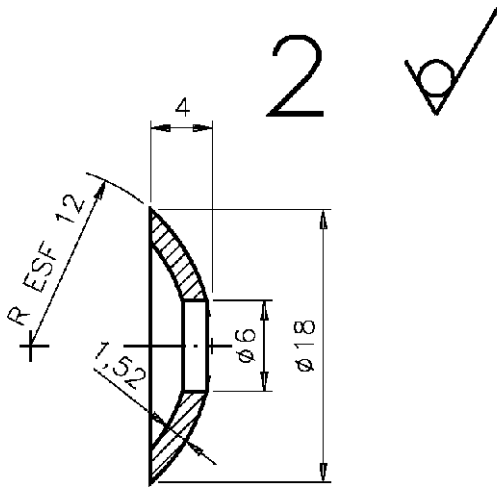
Você já tem todos os conhecimentos necessários para fazer a interpretação completa do desenho de componente. Para isso você terá de aplicar assuntos aprendidos nas aulas anteriores do curso.

Acompanhe a interpretação do desenho do encosto móvel, para recordar.

O encosto móvel está representado com supressão de vistas. Apenas a vista frontal está representada.

A vista frontal está representada em corte total. Analisando as cotas, percebemos que o encosto tem a forma de uma calota esférica, com um furo passante.

A superfície interna do encosto tem a forma côncava.



As cotas básicas do encosto são: diâmetro = 18 mm e altura = 4 mm. O diâmetro do furo passante é de 6 mm. O raio da superfície esférica é de 12 mm.

A espessura do encosto é de 1,52 mm e corresponde à espessura do Aço ABNT 1010-1020, bitola 16.

O numeral 2, que aparece na parte superior do desenho, corresponde ao número da peça.

O símbolo $\sqrt{\checkmark}$, ao lado do número 2, é o símbolo de rugosidade, e indica o estado de superfície que a peça deverá ter.

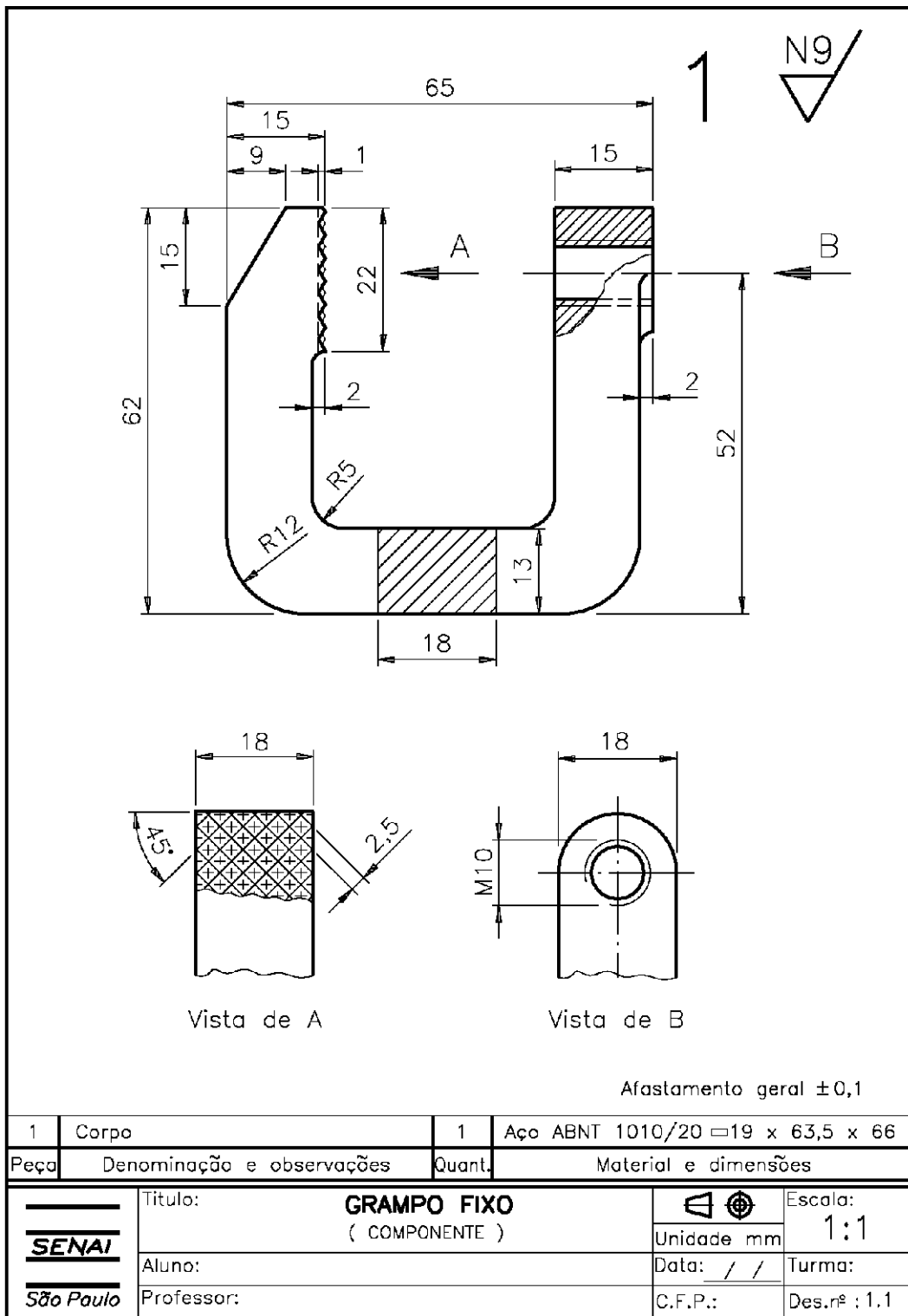
O círculo adicionado ao símbolo básico de rugosidade $\sqrt{\checkmark}$ indica que a superfície da chapa para o encosto deve permanecer como foi obtida na fabricação. Isto quer dizer que a remoção de material não é permitida.

Não há indicações de tolerâncias específicas, pois trata-se de uma peça que não exige grande precisão. Apenas a tolerância dimensional geral foi indicada: $\pm 0,1$.

Acompanhe a interpretação dos desenhos das demais peças que formam o grampo fixo.

Vamos analisar, em seguida, o desenho de componente da peça nº 1, que é o corpo.

Veja a representação ortográfica do corpo em papel normalizado e as explicações, comparando-as sempre com o desenho.



Examinando o rótulo, vemos que o corpo está representado em escala natural (1:1), no 1º diedro. As medidas da peça são dadas em milímetros. A lista de peças traz as mesmas informações já vistas no desenho de conjunto.

O corpo está representado pela vista frontal e duas vistas especiais: vista de A e vista de B. A vista de A e a vista de B foram observadas conforme o sentido das setas A e B, indicadas na vista frontal.

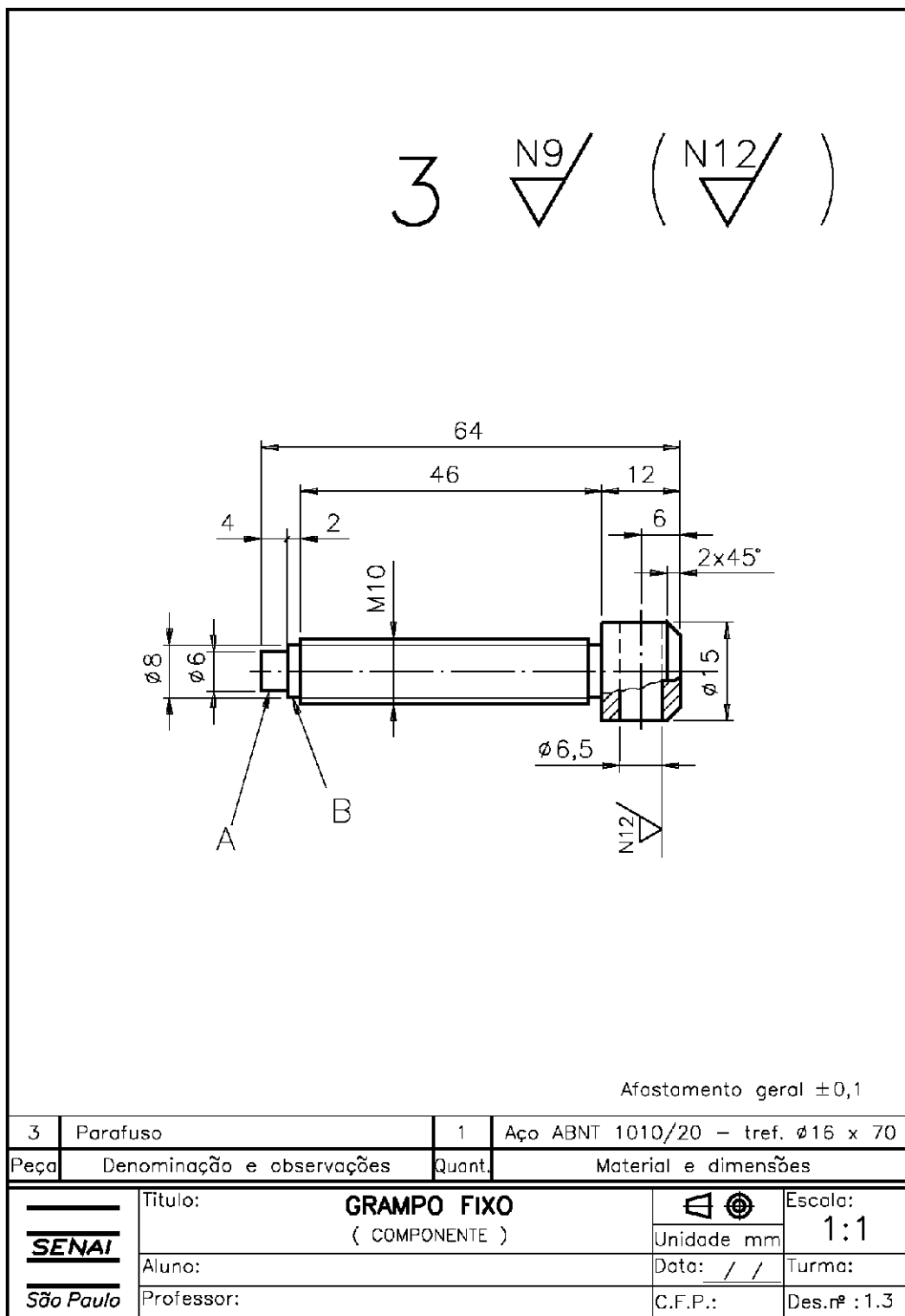
A vista frontal apresenta um corte parcial e uma seção rebatida dentro da vista. O corte parcial mostra o furo roscado. O furo roscado tem uma rosca triangular métrica normal. A rosca é de uma entrada.

A vista de B mostra a saliência e o furo roscado da peça. A vista de A mostra a representação das estrias. O acabamento que o corpo receberá vem indicado pelo símbolo ∇ , que caracteriza uma superfície a ser usada. N9 indica a classe de rugosidade de todas as superfícies da peça. O afastamento geral é de $\pm 0,1$.

Agora, vamos interpretar as medidas do corpo:

- Comprimento, largura e altura - 65mm, 18mm e 62mm.
- Distância da base do corpo até o centro do furo roscado - 52mm.
- Diâmetro da rosca triangular métrica - 10mm.
- Diâmetro da saliência - 18mm.
- Tamanho da saliência - 2mm e 18mm.
- Largura da seção - 18mm.
- Altura da seção - 13mm.
- Tamanho do elemento com estrias - 15mm, 18mm e 22mm.
- Profundidade da estria - 1mm.
- Largura da estria - 2,5mm.
- Ângulo de inclinação da estria - 45°.
- Tamanho do chanfro - 9mm, 15mm e 18mm.
- Raios das partes arredondadas - 5mm e 12mm.

Agora, acompanhe a interpretação da peça 3, o parafuso.



A legenda nos informa que o parafuso está desenhado em escala natural (1:1), no 1º diedro.

As informações da lista de peças são as mesmas do desenho de conjunto.

O parafuso está representado por intermédio da vista frontal com aplicação de corte parcial.

A vista frontal mostra a cabeça do parafuso, o corpo roscado, o elemento **A** e o elemento **B**. O elemento **A** deverá ser rebitado no encosto móvel.

Na cabeça do parafuso há um furo passante. O furo passante está representado parcialmente visível.

As medidas do parafuso são:

- Comprimento total do parafuso - 64mm.
- Diâmetro externo da rosca triangular métrica normal - 10mm.
- Comprimento do corpo do parafuso - 46mm.
- Comprimento da parte roscada - 46mm.
- Tamanho do chanfro da cabeça do parafuso - 2mm e 45°.
- Altura da cabeça do parafuso - 12mm.
- Diâmetro da cabeça do parafuso - 15mm.
- Diâmetro do furo da cabeça do parafuso - 6,5mm.
- Localização do furo da cabeça do parafuso - 6mm.
- Tamanho do elemento A - 4mm e 6mm.
- Tamanho do elemento B - 2mm e 8mm.

Não há indicação de tolerâncias específicas. O afastamento geral $\pm 0,1$ vale para todas as cotas. O acabamento geral da peça corresponde à classe de rugosidade N9. O acabamento do furo da cabeça corresponde à classe de rugosidade N12. A usinagem será feita com remoção de material.

Veja, a seguir, a interpretação da peça 4, o manípulo. Só que, desta vez, você participará mais ativamente, resolvendo os exercícios de interpretação propostos.

4 ✓ (N12/✓)

Afastamento geral ±0,1

4	Manípulo	1	Aço ABNT 1010/20 tref. $\phi 6,35 \times 80$
Peça	Denominação e observações	Quant.	Material e dimensões

 SENAI São Paulo	Título: GRAMPO FIXO (COMPONENTE)		Escala: 1:1
	Aluno:	Data: / /	Turma:
	Professor:	C.F.P.:	Des.nº : 1.4

Formato A5 (148,5 x 210mm)

O manípulo também está representado em escala natural, no 1º diedro.

Essa peça será feita de uma barra de aço com 6,35mm de diâmetro e 80 mm de comprimento.

O manípulo está representado em vista frontal. A vista frontal mostra o corpo do manípulo e duas espigas nas extremidades.

O símbolo indicativo de diâmetro indica que tanto o corpo como as espigas são cilíndricos.

O manípulo receberá acabamento geral. Apenas as superfícies cilíndricas das espigas receberão acabamento especial ∇^{N12} .

Verificando o entendimento

Responda às questões.

- a) Qual o comprimento do manípulo?
- b) Qual o tamanho do corpo do manípulo?
- c) Qual o tamanho das espigas do manípulo?

Veja se você interpretou corretamente a cotação:

- a) 72mm;
- b) 56mm e 6,3mm;
- c) 8mm e 5mm.

O afastamento geral a ser observado na execução é de $\pm 0,1$ mm.

Note que as espigas têm tolerância ISO determinada: e9 no diâmetro. Essas duas espigas serão rebitadas nas cabeças no manípulo (peça 5).

Finalmente, participe da interpretação da peça 5, a cabeça.

5 ∇ N9 / (∇ N12 /)

Afastamento geral $\pm 0,1$


5	Cabeça	2	Aço ABNT 1010/20 tref. $\varnothing 12,7 \times 20$
Peça	Denominação e observações	Quant.	Material e dimensões
 São Paulo	Título: GRAMPO FIXO (COMPONENTE)		Escala: 2:1 Unidade mm
	Aluno:		Data: / / Turma:
	Professor:		C.F.P.: Des.nº : 1.5

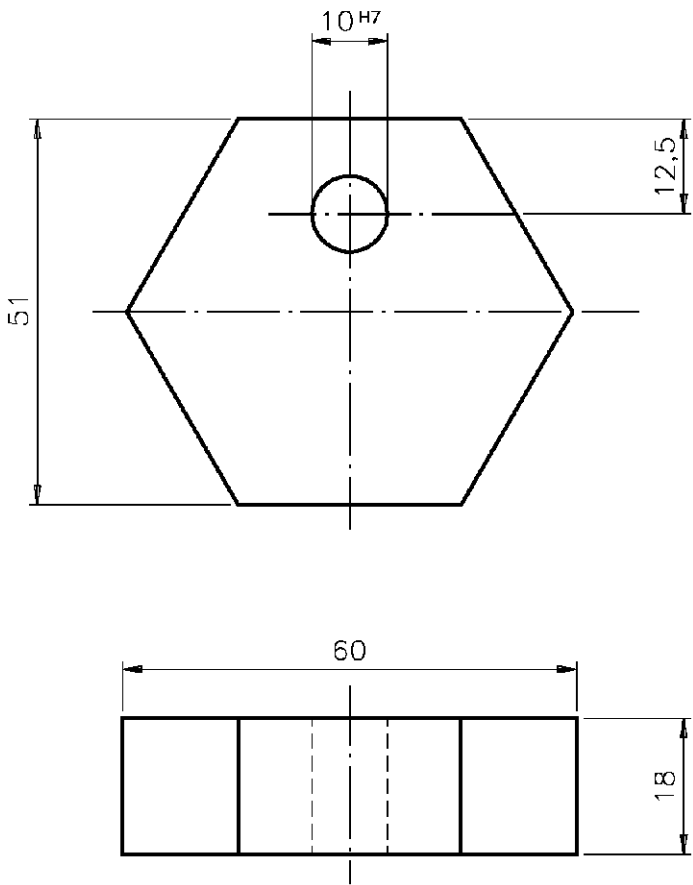
Formato A5 (148,5 x 210mm)

A cabeça está representada em escala de ampliação (2:1), no 1º diedro. Serão necessárias 2 cabeças para a montagem do manipululo.

Exercícios



1. Analise o desenho de componente e responda às questões.

2 



Afastamento geral $\pm 0,1$

2	Calço regulável	1	Aço ABNT 1010 – 19 x 53 x 63
Peça	Denominação e observações	Quant.	Material e dimensões

 SENAI <i>São Paulo</i>	Título: PRESILHA REGULÁVEL (COMPONENTE)		Escala: 1:1
	Aluno:	Unidade mm	Turma:
	Professor:	Data: / /	Des.nº:
		C.F.P.:	

Formato A5 (148,5 x 210mm)

- a) Qual o nome da peça representada neste desenho?
- b) Qual o nome do conjunto ao qual pertence esta peça?
- c) Quantas destas peças serão necessárias para a montagem do conjunto?
- d) De que material deverá ser feita esta peça?
- e) Quais as dimensões do material para execução da peça?
- f) Em que escala está representado o desenho desta peça?

2. Analise novamente o desenho do exercício anterior e complete as frases:

- a) A peça do desenho está representada em duas vistas que são: e
- b) As cotas básicas da peça são , e
- c) As cotas de tamanho do furo são: e
- d) O acabamento geral da peça é

Referências bibliográficas

FRM/SENAI-SP. **Telecurso 2000 – Profissionalizante – Leitura e Interpretação de Desenho Técnico Mecânico**. Por Joel Ferreira e Regina Maria Silva. São Paulo, 1997.

SENAI-SP. **Iniciação ao Desenho (Desenho I)**. Por Antonio Ferro e outros. São Paulo, 1991.

SENAI-SP. **Desenho com Instrumentos (Desenho II)**. Por Antonio Ferro e outros. São Paulo, 1991.

