



Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP

Ligações mecânicas

Elementos de ligação mecânicos

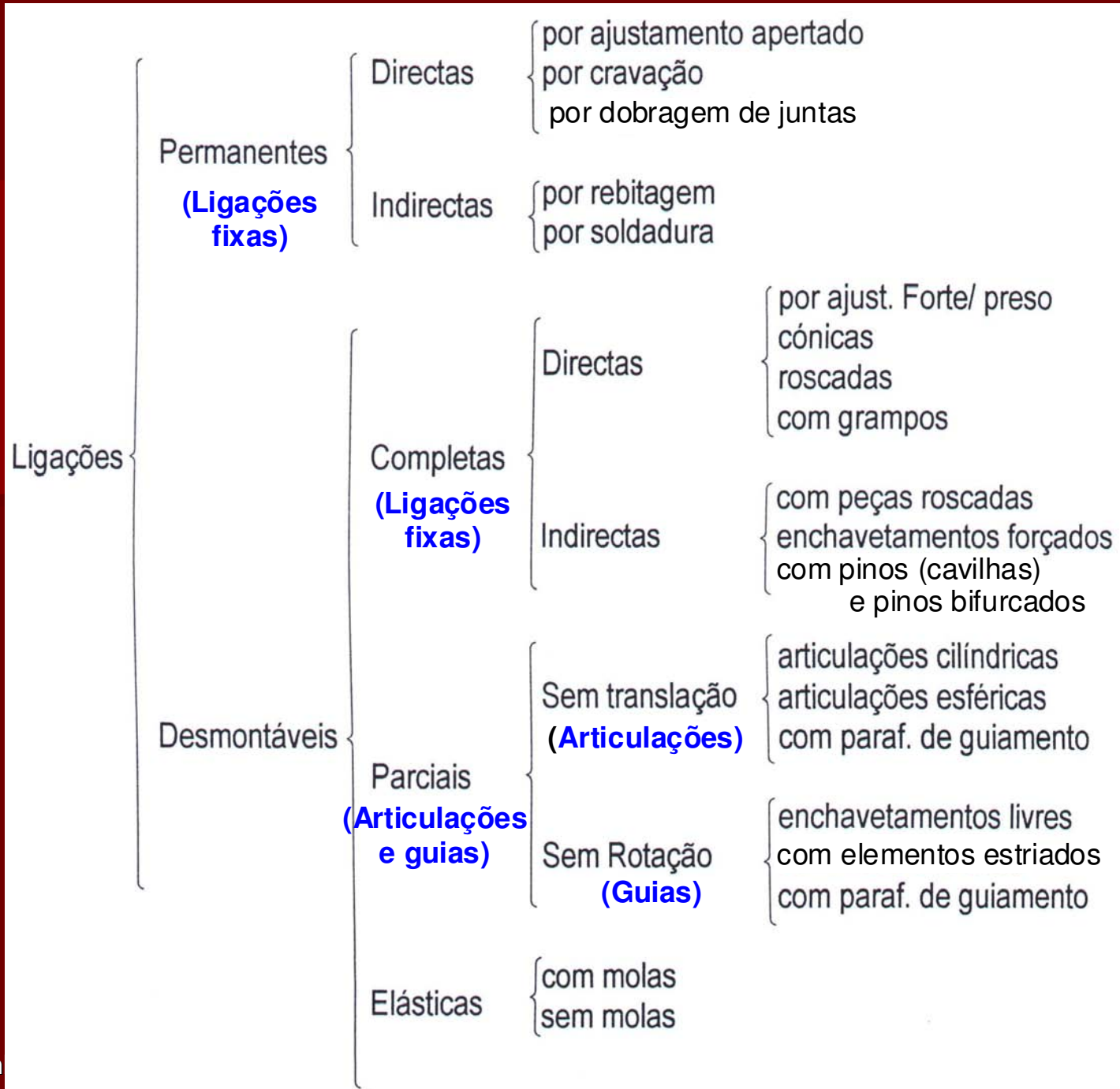
José António Almacinha



1.1 Elementos de ligação mecânicos

Os elementos de ligação mecânicos são órgãos que materializam funções mecânicas elementares:

- ligações fixas,
- articulações,
- guias,
- ligações elásticas.





1.1.1 Ligações permanentes (não desmontáveis)

As peças ligadas não podem ser separadas sem destruição

1.1.1.1 Ligações directas

Na ligação, apenas intervêm as peças a ligar.

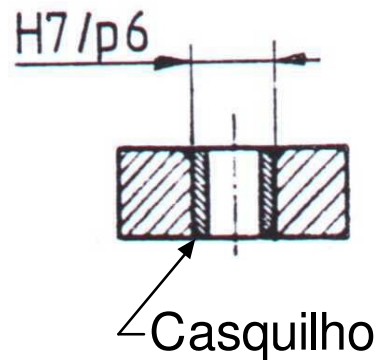


Ligações mecânicas: elementos de ligação mecânicos

Ligações permanentes (não desmontáveis)

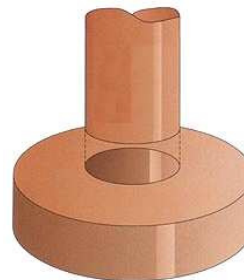
Ligações directas (apenas intervêm as peças a ligar)

1.1.1.1.1 Ajustamentos apertados (montagem com prensa)



a frio:

ex: H6 / n5
H / p



Ver norma ISO 286-1

a quente:

ex: H / r
H / s
H / t
H / u
H / x

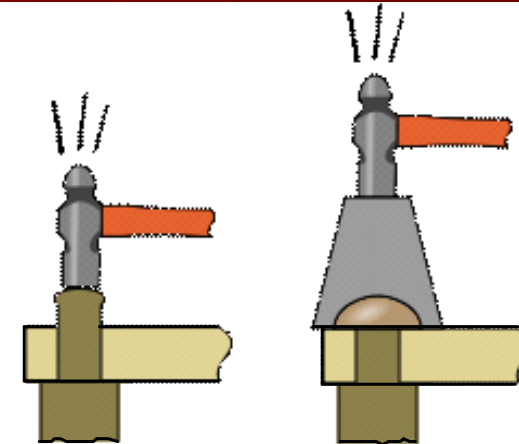
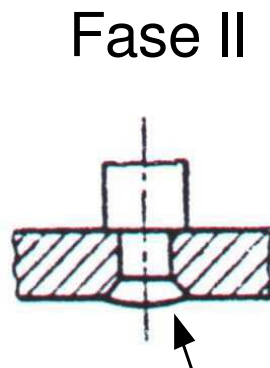
Podem assegurar a transmissão de esforços significativos.



Ligações permanentes (não desmontáveis)

Ligações directas (apenas intervêm as peças a ligar)

1.1.1.1.2 Cravação



Contracabeça obtida por deformação plástica da espiga (ou corpo)



Ligações permanentes (não desmontáveis)

Ligações directas (apenas intervêm as peças a ligar)

1.1.1.1.3 Dobragem de juntas

Aplicação em chapas de pequena espessura { chapas de alumínio
folha de flandres



a



b



Símbolo

(ver NP EN ISO 15785)

Ligação estaque quando estanhada
(exemplo de aplicação: latas de conserva)



1.1.1 Ligações permanentes (não desmontáveis)

As peças ligadas não podem ser separadas sem destruição.

1.1.1.2 Ligações indirectas


É necessário recorrer a outra peça ou elemento intermediário para estabelecer a ligação.



Ligações permanentes (não desmontáveis)

Ligações indirectas (com peça ou elemento intermediário)

1.1.1.2.1 Rebitagem



Cravação do Rebite

EMBUTIDEIRA
MAÇACOTE

Rebitagem a frio – $d < 10$ mm
a quente – $d \geq 10$ mm

Rebite de expansão

Contracabeça esférica

Contracabeça contrapunçoada

The diagram illustrates the riveting process. It shows a cross-section of a rivet being inserted into a hole in a metal plate. The rivet is then deformed by a hammer (MAÇACOTE) and a die (EMBUTIDEIRA) to form a spherical head (Contracabeça esférica) and a countersunk head (Contracabeça contrapunçoada). Dimensions are indicated: d for the diameter of the rivet, Σe for the thickness of the plates, and $\approx 1.5d$ for the length of the rivet. A small inset image shows a collection of various rivets and bolts.

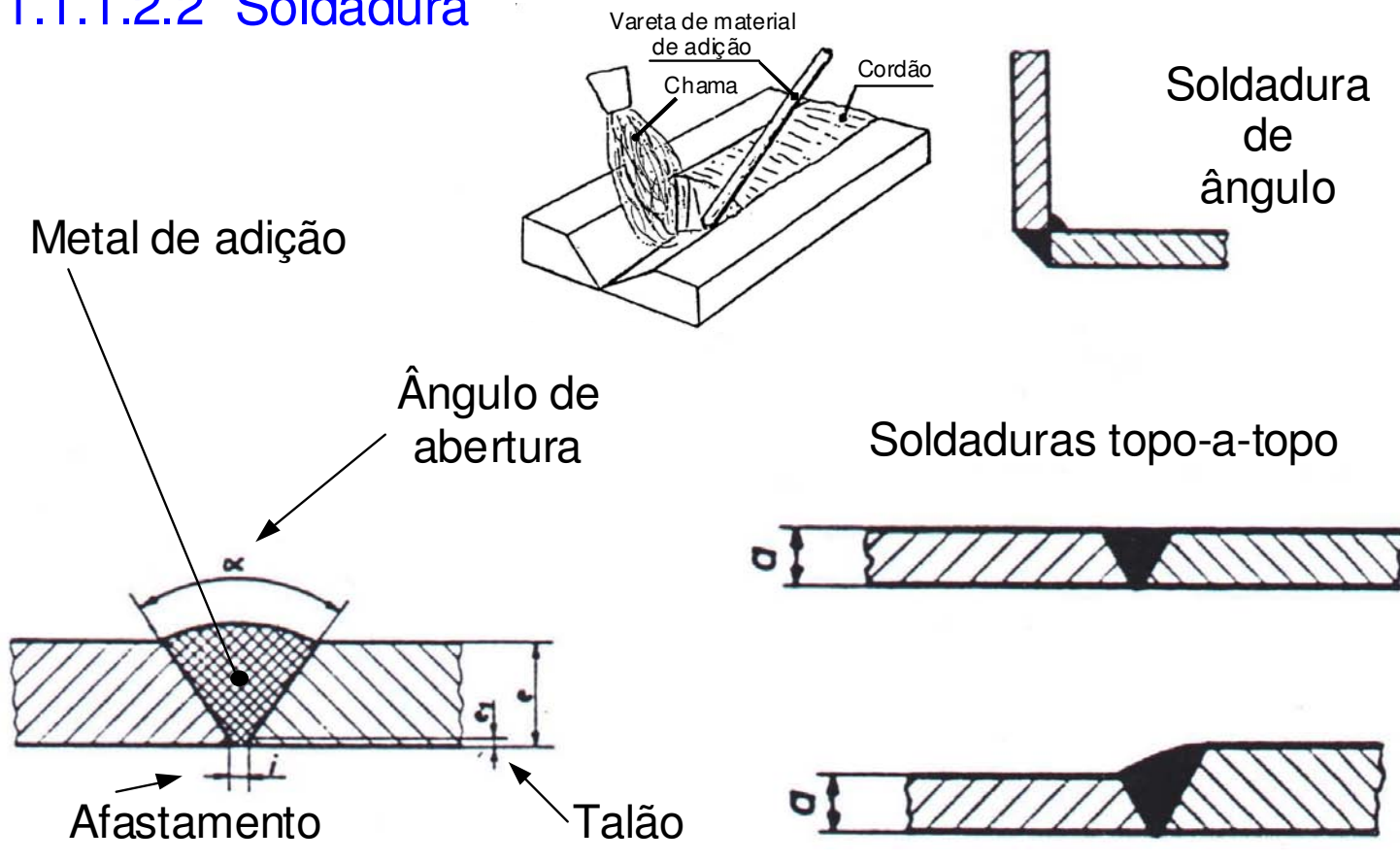


Ligações mecânicas: elementos de ligação mecânicos

Ligações permanentes (não desmontáveis)

Ligações indirectas (com peça ou elemento intermediário)

1.1.1.2.2 Soldadura





1.1.2 Ligações desmontáveis

As peças ligadas podem ser separadas sem destruição.

1.1.2.1 Ligações completas (ligações fixas)

Não são possíveis deslocamentos relativos das peças ligadas.

1.1.2.1.1 Ligações directas

Na ligação, apenas intervêm as peças a ligar.



Ligações desmontáveis

Ligações completas (ligações fixas)

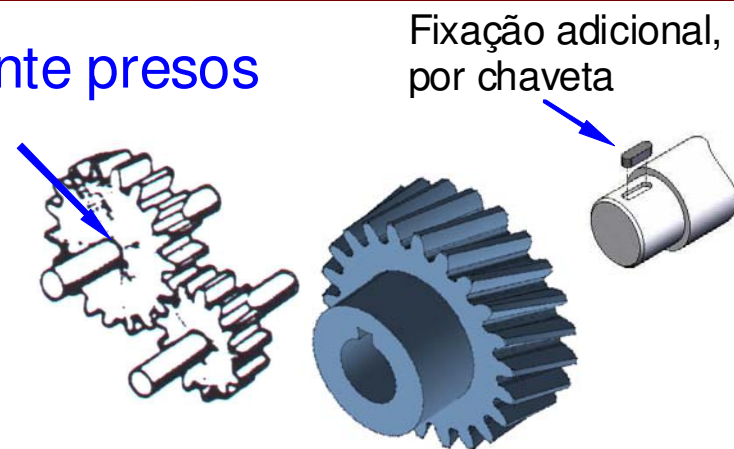
Ligações directas (apenas intervêm as peças a ligar)

1.1.2.1.1 Ajustamentos fortemente presos

ex: H / m
H7 / n6 (montagem com martelo)

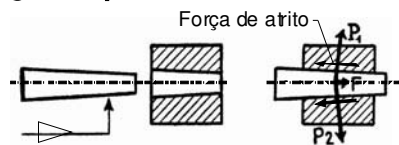
Ver norma ISO 286-1

Asseguram um bom posicionamento das peças e uma estabilidade da ligação sob cargas variáveis.

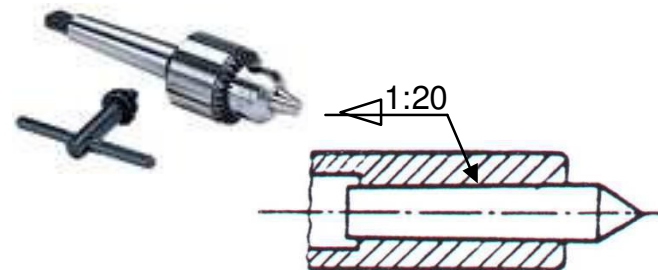


1.1.2.1.1.2 Ligações cónicas

Ligação por atrito na fixação.



Ver norma
ISO 3040





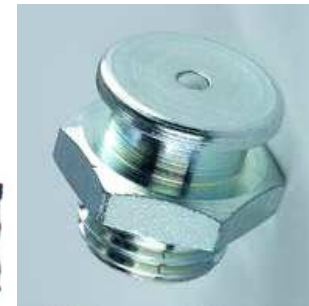
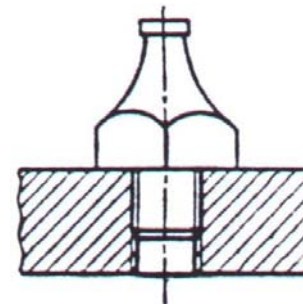
Ligações desmontáveis

Ligações completas (ligações fixas)

Ligações directas (apenas intervêm as peças a ligar)

1.1.2.1.1.3 Ligações roscadas

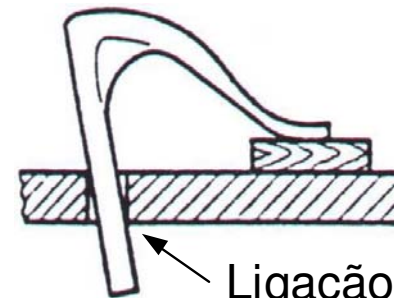
O corpo roscado é parte integrante da peça (exemplo: copo de lubrificação)



1.1.2.1.1.4 Ligações com grampos

Ligação por simples aderência

Ligação directa



Ligação directa



1.1.2 Ligações desmontáveis

As peças ligadas podem ser separadas sem destruição.

1.1.2.1 Ligações completas

Não são possíveis deslocamentos relativos das peças ligadas.

1.1.2.1.2 Ligações indirectas

É necessário recorrer a outra peça ou elemento intermediário para estabelecer a ligação.



Ligações mecânicas: elementos de ligação mecânicos

Ligações
desmontáveis

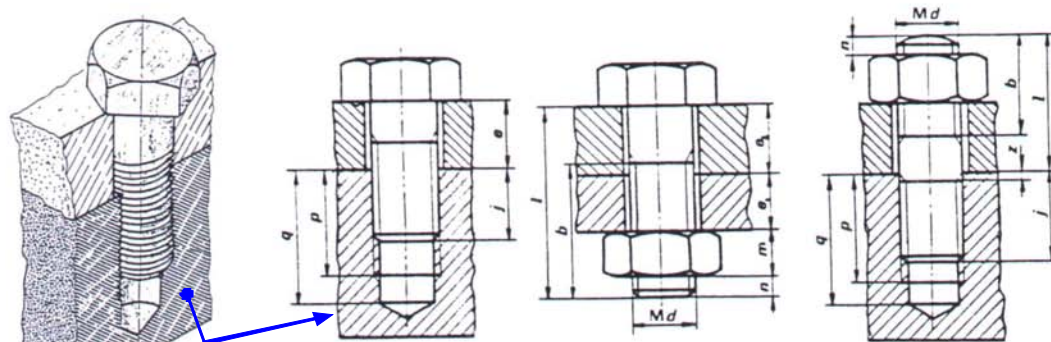
Ligações
completas
(ligações fixas)

Ligações
indirectas



1.1.2.1.2.1 Ligações com peças roscadas (ver DTB-3, pp. 247-267)

Para desmontagens frequentes. Grande fiabilidade.

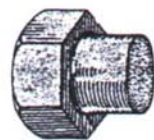


Parafuso -
Peça roscada

Parafuso - Porca

Perno - Porca

Cabeça



Rosca



Parafuso



Porca (ver DTB-3, p.255)

Parafuso + Porca



Perno (ver DTB-3, p.254)



Perno + Porca



Cabeças de parafusos



Chave





Ligações mecânicas: elementos de ligação mecânicos

Ligações
desmontáveis

Ligações
completas
(ligações fixas)

Ligações
indirectas



1.1.2.1.2.1 Ligações com peças roscadas (continuação)

Para desmontagens frequentes. Grande fiabilidade.

Anilhas

(ver DTB-3, pág. 261)



plana



de dentes acavalados
exteriores



de dentes acavalados
interiores

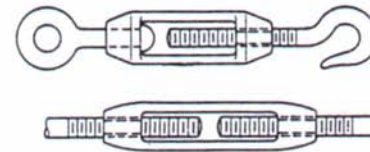


de dentes acavalados
côncava



elásticas de
espira W

Esticador



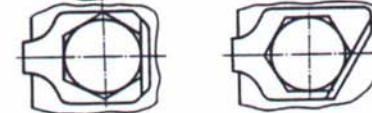
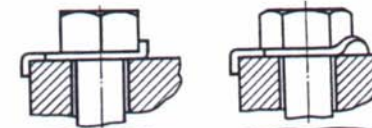
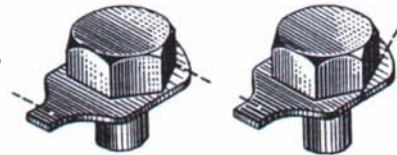
Porca



Porca
cilíndrica
com
ranhuras



Freio de porcas



Anilha
elástica
de espira
W





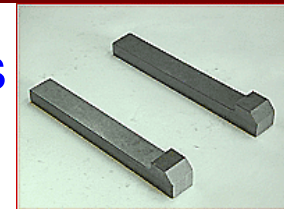
Ligações mecânicas: elementos de ligação mecânicos

Ligações desmontáveis

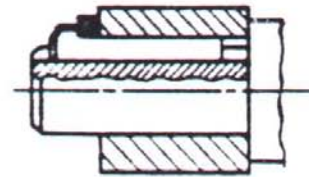
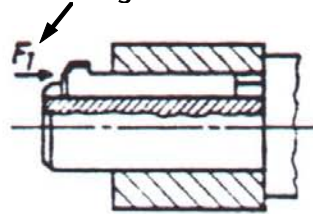
Ligações completas (ligações fixas)

Ligações indirectas (com peça ou elemento intermediário)

1.1.2.1.2.2 Ligações com enchavetamentos forçados

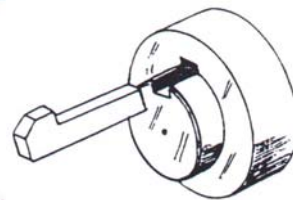


Força de montagem



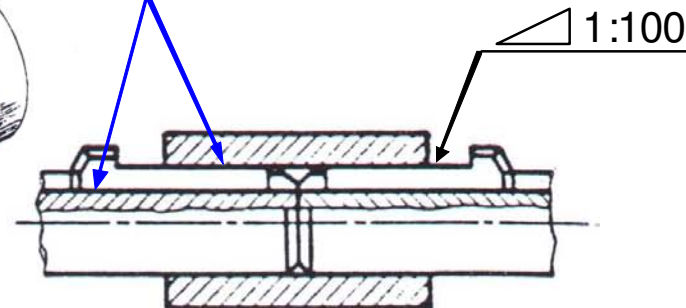
Operação de
desmontagem

F_2



Ligação por
atrito

(Ver DTB-3, p. 154)



Chavetas inclinadas ou de cunha

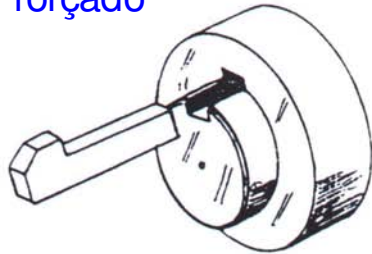


Ligações mecânicas: elementos de ligação mecânicos

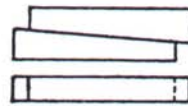
Chavetas inclinadas ou de cunha (continuação)



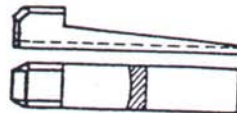
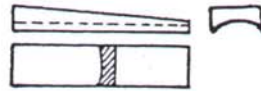
Enchavetamento
forçado



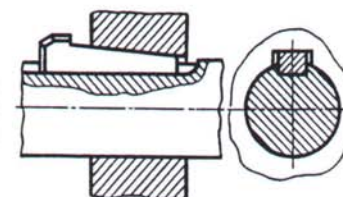
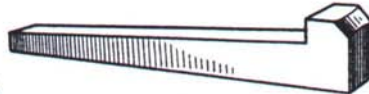
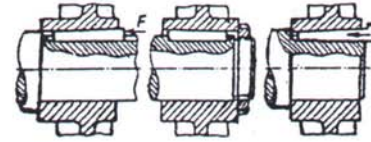
Chavetas inclinadas



Chavetas inclinadas
côncavas



Chaveta de cunha
com cabeça



Chaveta inclinada com cabeça



Ligações mecânicas: elementos de ligação mecânicos

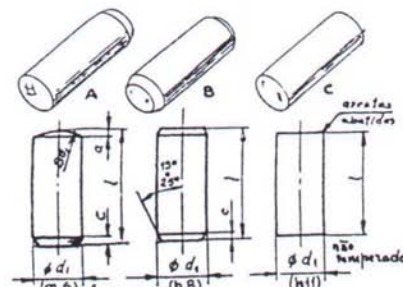
Ligações desmontáveis

Ligações completas (ligações fixas)

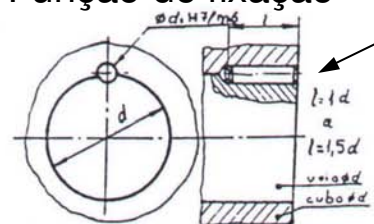
Ligações indirectas

1.1.2.1.2.3 Ligações com pinos (ou cavilhas)

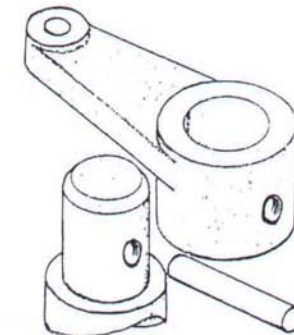
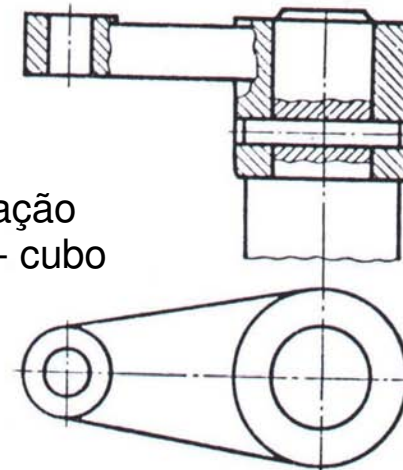
Pinos cilíndricos



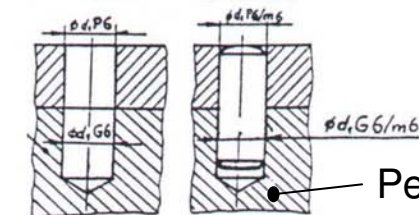
Função de fixação



Ligação manivela - veio



Função de fixação



Função de posicionamento

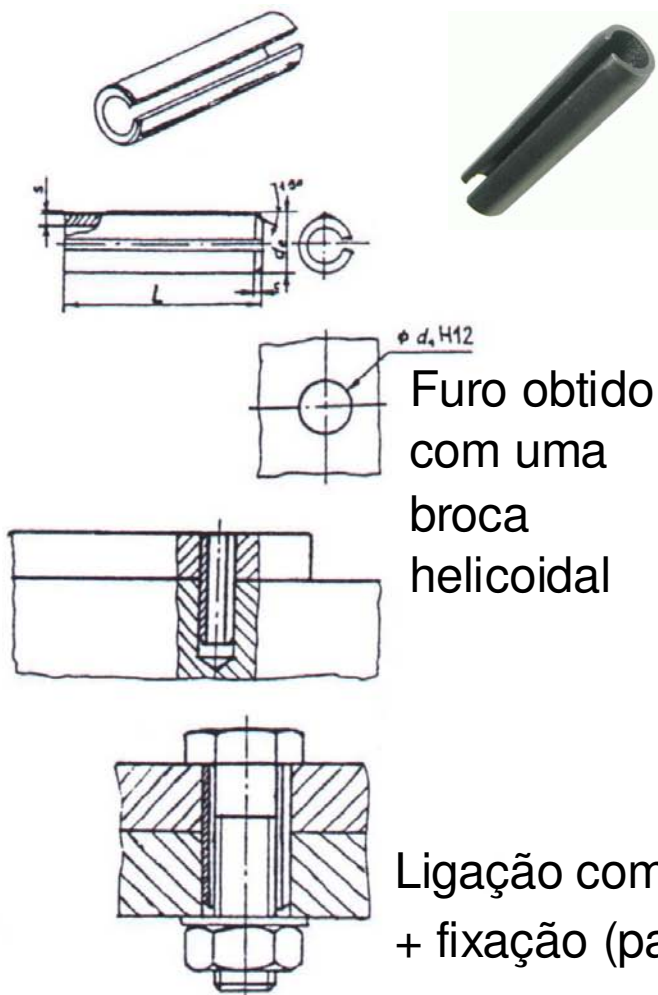


Função de fixação

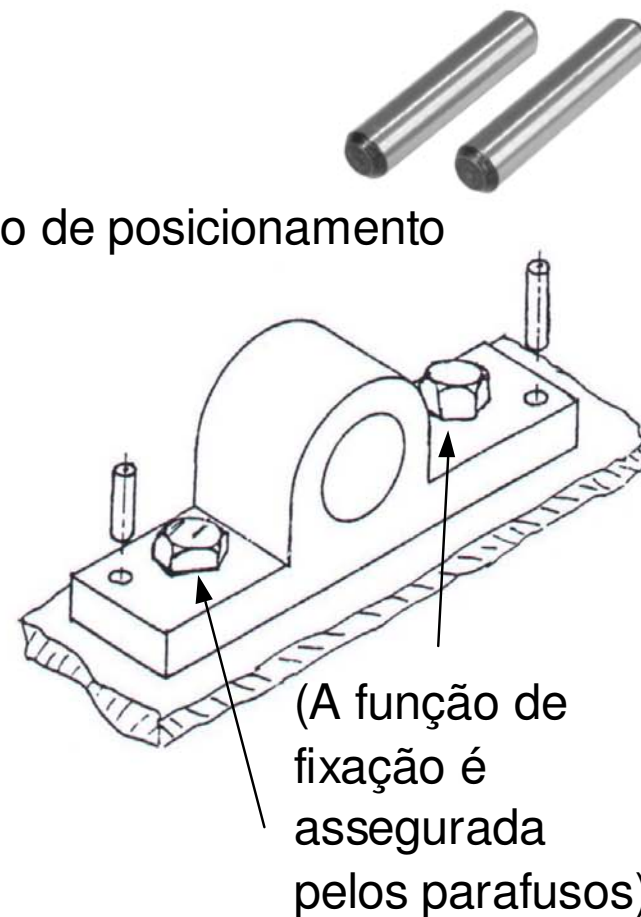


Ligações mecânicas: elementos de ligação mecânicos

Pinos elásticos



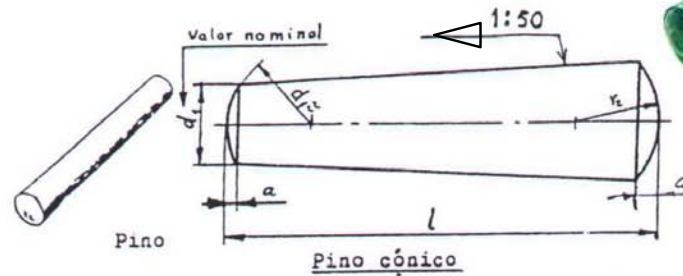
Função de posicionamento





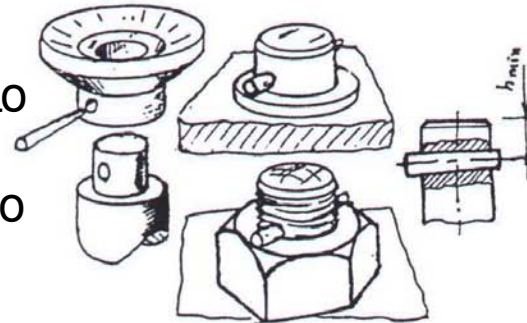
Ligações mecânicas: elementos de ligação mecânicos

Pinos cónicos



Tipos de ligações

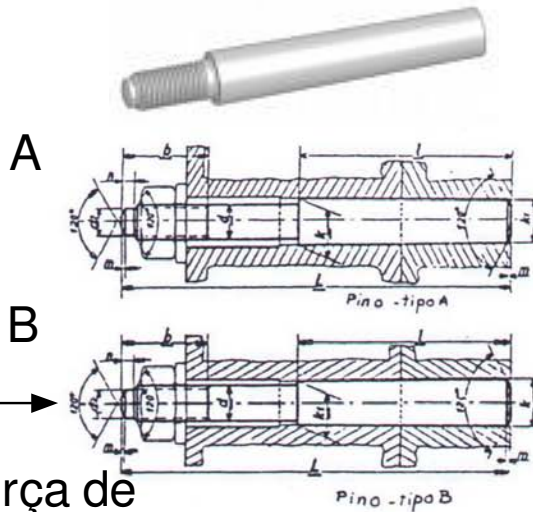
Função de fixação



Limitação de movimento (Segurança)



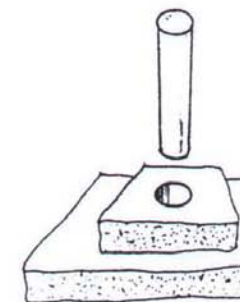
Força de desmontagem



Força de desmontagem



Forma B



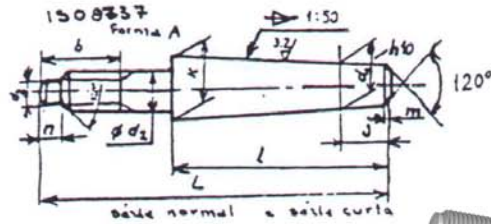
Função de centragem





Ligações mecânicas: elementos de ligação mecânicos

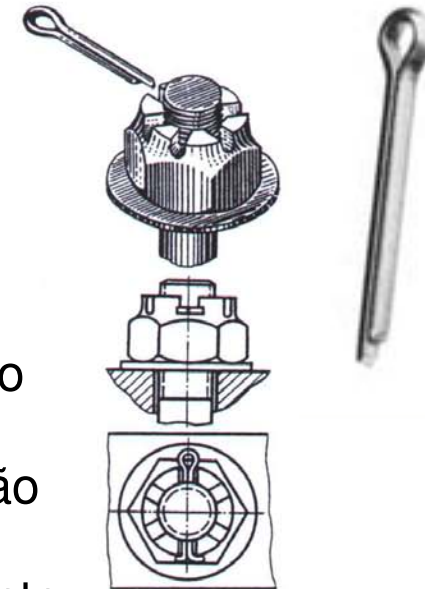
Pinos cónicos (continuação)



Forma A

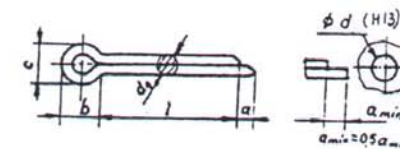
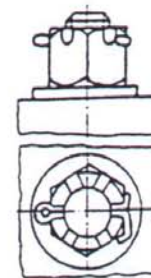
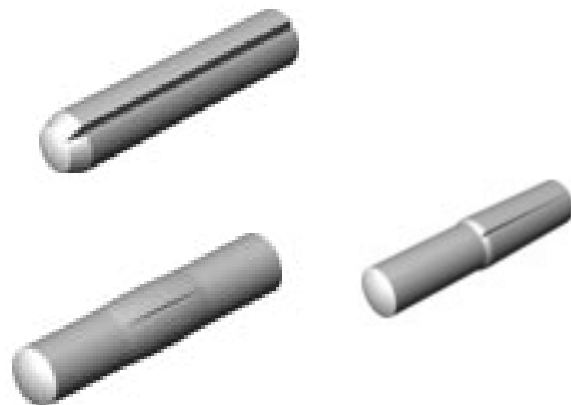
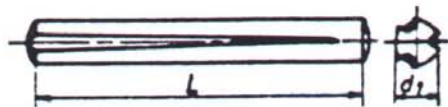


Pinos bifurcados



Função de limitação de movimento (segurança)

Pinos estriados





1.1.2 Ligações desmontáveis

As peças ligadas podem ser separadas sem destruição.

1.1.2.2 Ligações parciais

Apenas são possíveis certos tipos de deslocamentos relativos entre as peças ligadas.

1.1.2.2.1 Ligações sem translação

Articulações

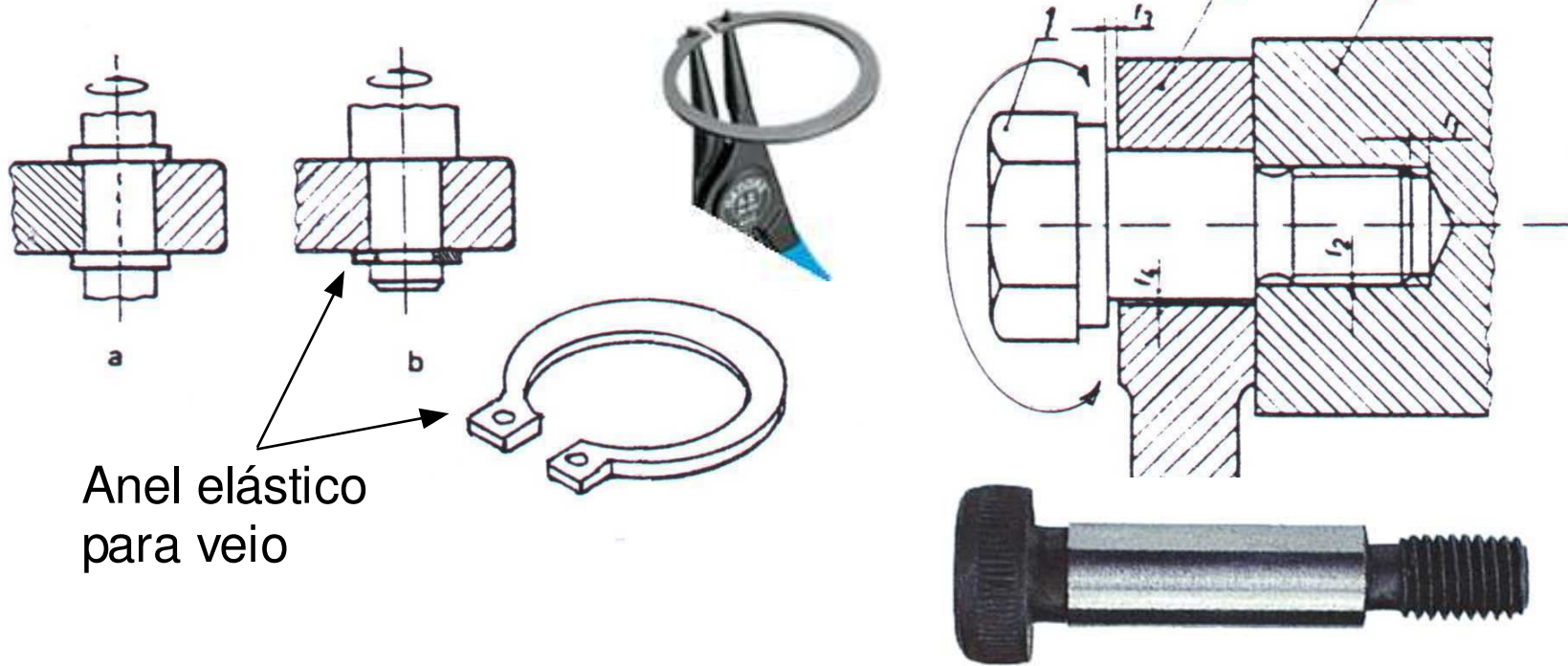


Ligações desmontáveis

Ligações parciais

Ligações sem translação (articulações)

1.1.2.2.1.1 Articulações cilíndricas



Anel elástico para veio



Ligações mecânicas: elementos de ligação mecânicos

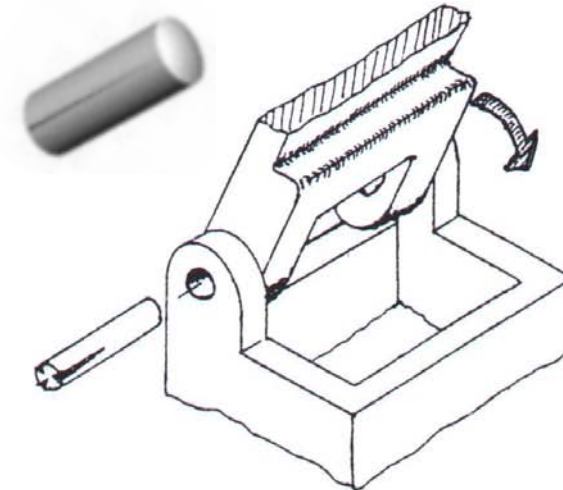
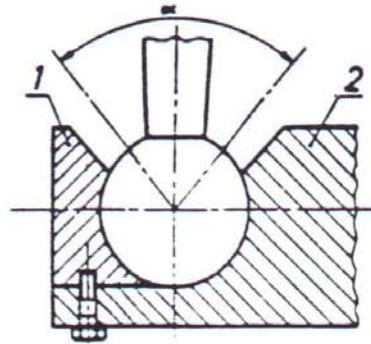
Ligações
desmontáveis

Ligações
parciais

Ligações sem
translação
(articulações)

1.1.2.2.1.2 Articulações esféricas

(Rótula)

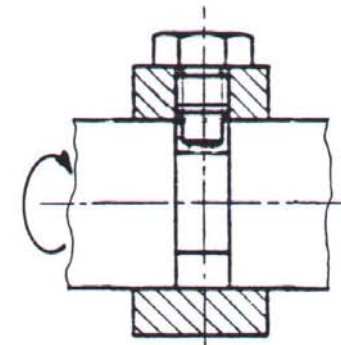


Articulação cilíndrica
com pinos cilíndricos

1.1.2.2.1.3 Ligação com parafuso de guiamento



É permitida apenas
uma rotação.





1.1.2 Ligações desmontáveis

As peças ligadas podem ser separadas sem destruição.

1.1.2.2 Ligações parciais

Apenas são possíveis certos tipos de deslocamentos relativos entre as peças ligadas.

1.1.2.2.2 Ligações sem rotação

Guias



Ligações mecânicas: elementos de ligação mecânicos

Ligações
desmontáveis

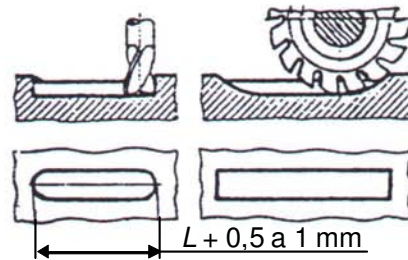
Ligações
parciais

Ligações sem
rotação
(guias)

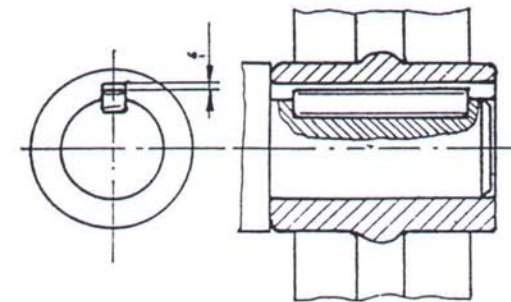
1.1.2.2.1 Ligações com enchavetamentos livres



Fresa de topo Fresa-disco



Operações para maquinar, por
fresagem, escatéis em veios





Ligações mecânicas: elementos de ligação mecânicos

Ligações sem rotação (guias)



Chavetas paralelas (cont.)

Cubo de roda

Anilha de segurança (ISO 2982-2)

Porca cilíndrica com ranhuras (ISO 2982-2)

Dispositivos de imobilização longitudinal

Chaveta paralela, forma A de 6x6x32, NP

Anilha

Parafuso H, M6-15

Ligação com movimento de translação

Ajustamentos

Escatel do cubo

P9 – apertado
JS9 – normal
D10 – livre (deslizante)

Escatel

Veio

Tolerâncias normais

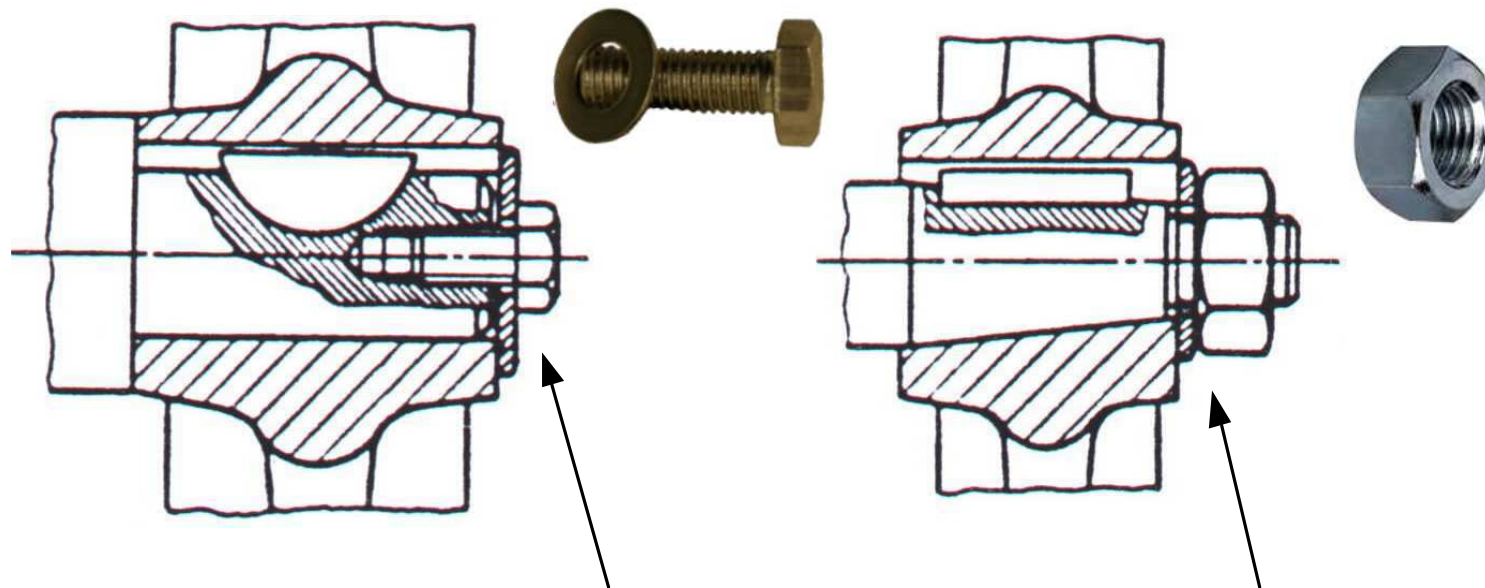


Ligações mecânicas: elementos de ligação mecânicos

Ligações desmontáveis

Ligações parciais

Ligações sem rotação (guias)



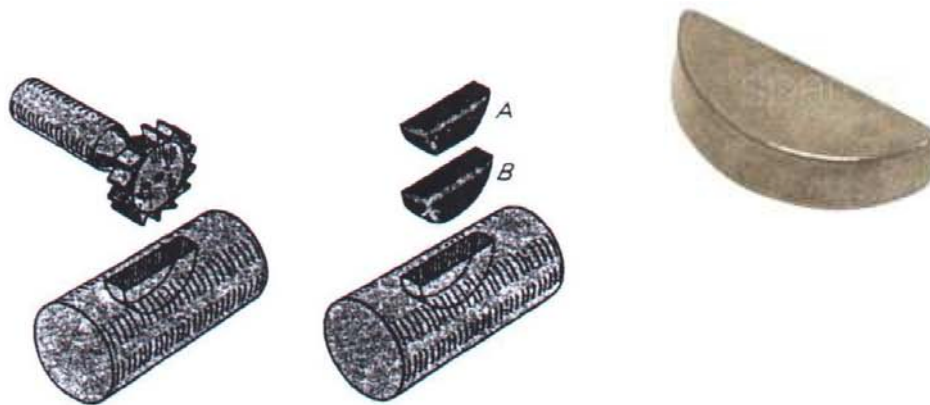
Dispositivos adicionais para a imobilização longitudinal



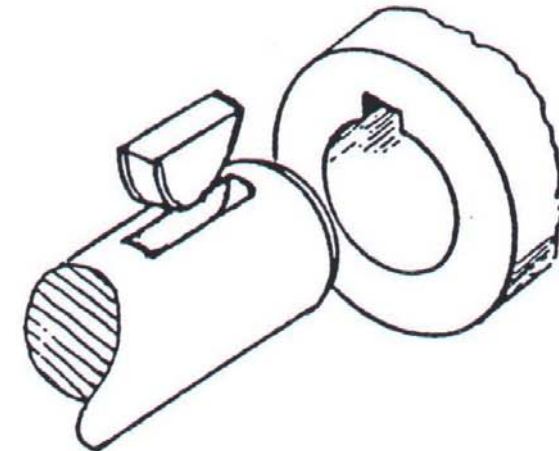
Ligações mecânicas: elementos de ligação mecânicos

Ligações sem rotação (guias)

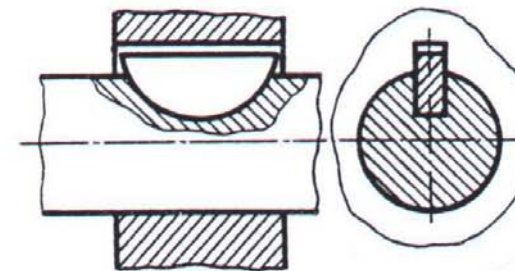
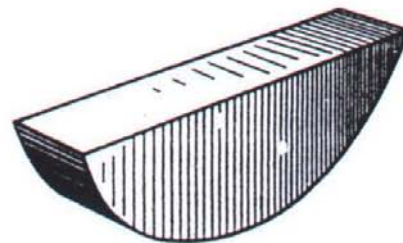
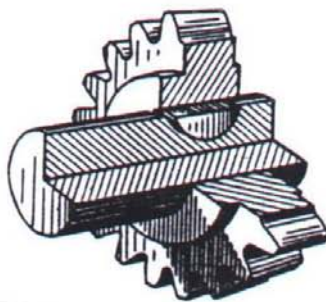
Chaveta-disco ou chaveta Woodruff



Abertura de escatel com fresa-disco



Enchavetamento livre





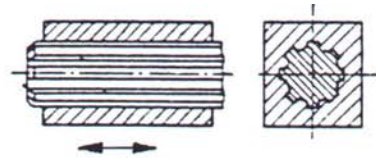
Ligações

Ligações desmontáveis

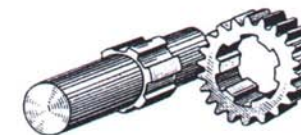
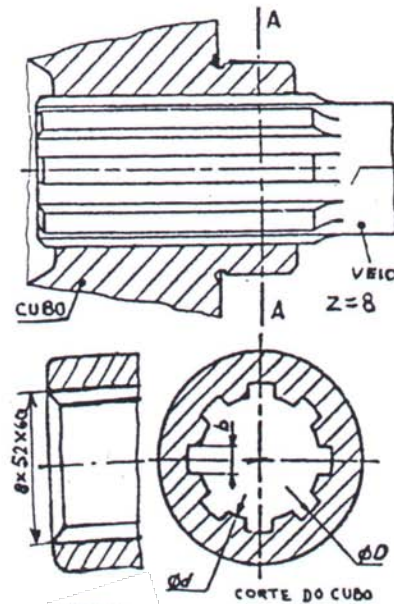
Ligações parciais

Ligações sem rotação (guias)

1.1.2.2.2 Ligações com elementos estriados



PEÇAS COM ESTRIAS CILÍNDRICAS		ISO 6413
TIPOS DE ESTRIAS	REPRESENTAÇÃO REAL (a evitar)	REPRESENTAÇÃO SIMPLIFICADA (indicação da designação)
ESTRIAS DE FLANCOS PARALELOS ISO 14 (de centragem interior)	VEIO ESTRIADO 	 ISO 14-6x23 f7x26 40
	CUBO COM FURO ESTRIADO 	 ISO 14-6x23 H7x26
	CONJUNTO 	 ISO 14-6x23 H7/f7 x26





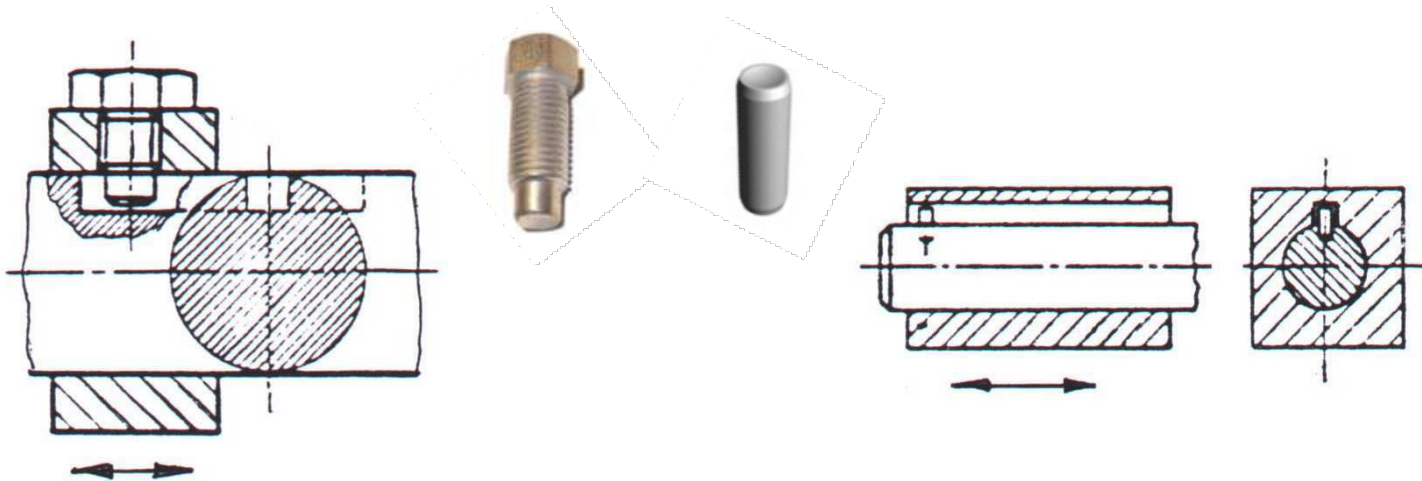
Ligações mecânicas: elementos de ligação mecânicos

Ligações desmontáveis

Ligações parciais

Ligações sem rotação (guias)

1.1.2.2.3 Ligações com parafuso (ou pino) de guiamento



Ligação em translação
com parafuso de guiamento

Ligação em translação
com pino de guiamento (prisioneiro)



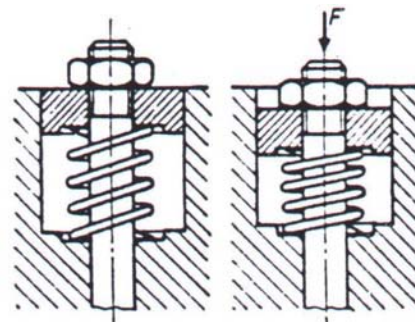
1.1.2.3 LIGAÇÕES ELÁSTICAS

Ligações utilizadas para amortecer vibrações e choques ou garantir a manutenção de peças em posição.

Os elementos que garantem a elasticidade da ligação podem ser metálicos (**molas**) ou não metálicos (ex.: **borracha**).

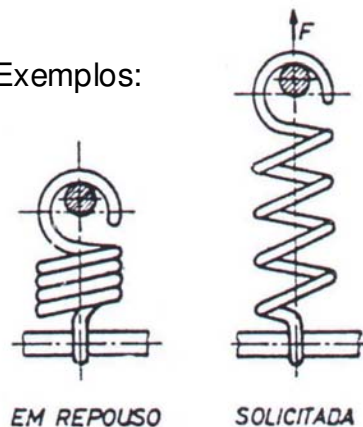


1.1.2.3.1 Ligações com molas



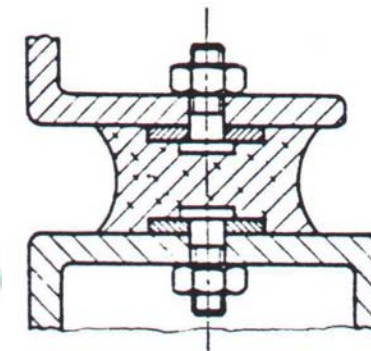
Molas helicoidais DE COMPRESSÃO

Exemplos:



Molas helicoidais DE TRACÇÃO

1.1.2.3.2 Ligações sem molas



Ligação sem molas (borracha)

Peças susceptíveis de sofrer deformações importantes, quando submetidas à acção de forças, e de retomar a forma inicial, quando cessa a acção deformadora.



Órgãos de máquinas

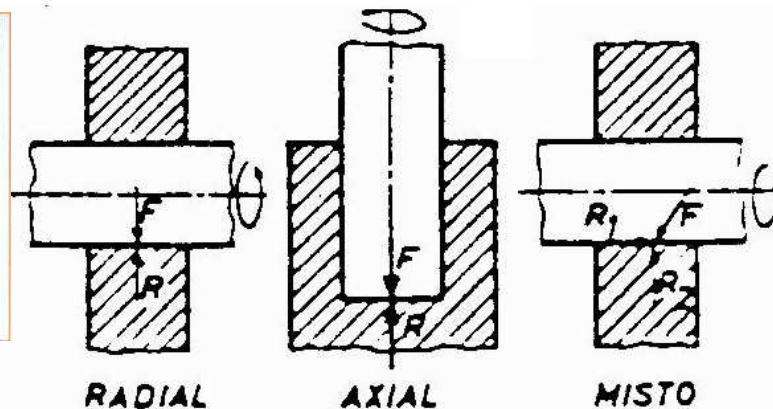
Chumaceiras de escorregamento e de rolamento (Rolamentos)

Para o **apoio de veios**, com movimento de rotação, que transmitem esforços, com ou sem possibilidade de absorção de pequenos desvios (angulares e axiais) dos veios.

Os **esforços** transmitidos pelos veios, aos apoios, podem ser **radiais**, **axiais** ou **mistos**.



Chumaceiras de escorregamento



Rolamentos



Ligações mecânicas: elementos de ligação mecânicos

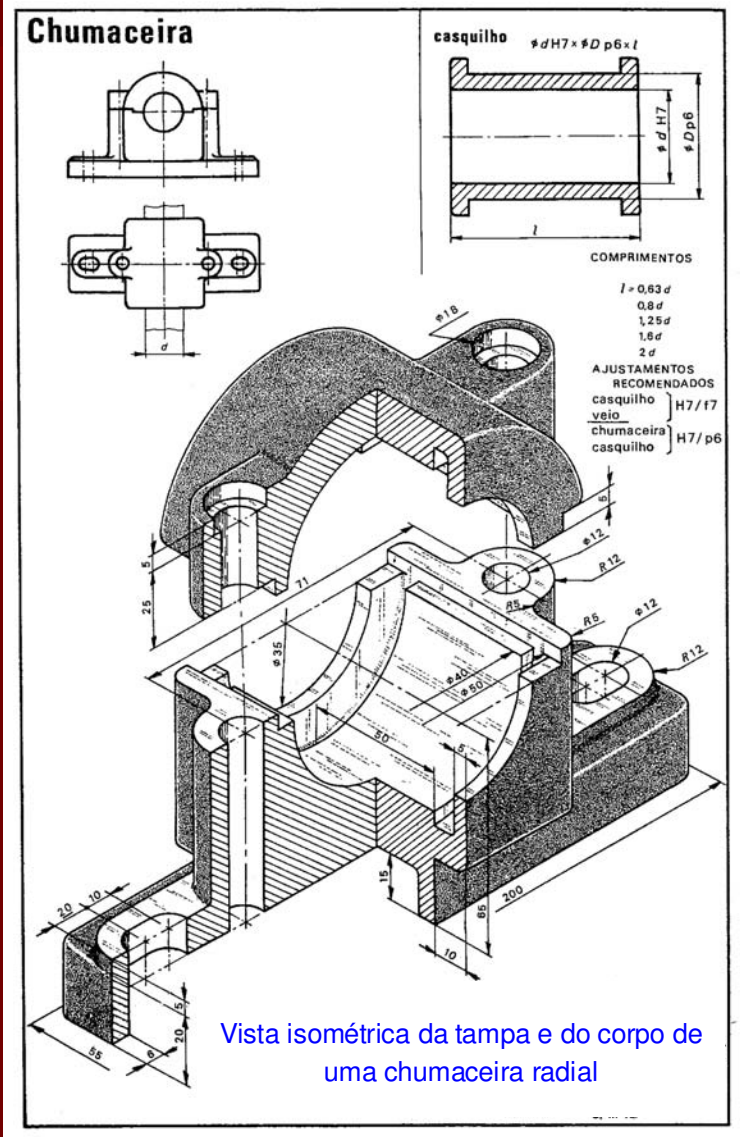
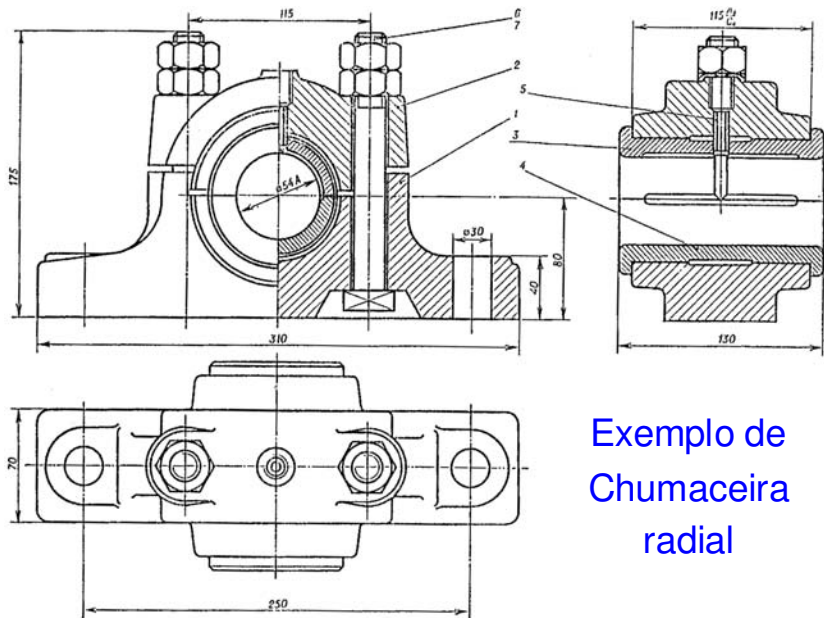
Órgãos de máquinas

Chumaceiras de escorregamento



Para o **apoio de veios**, com movimento de rotação, que transmitam esforços, com ou sem possibilidade de absorção de pequenos desvios do veio.

Em termos de absorção de esforços, as **chumaceiras** podem ser **radiais** ou **axiais**.





Ligações mecânicas: elementos de ligação mecânicos

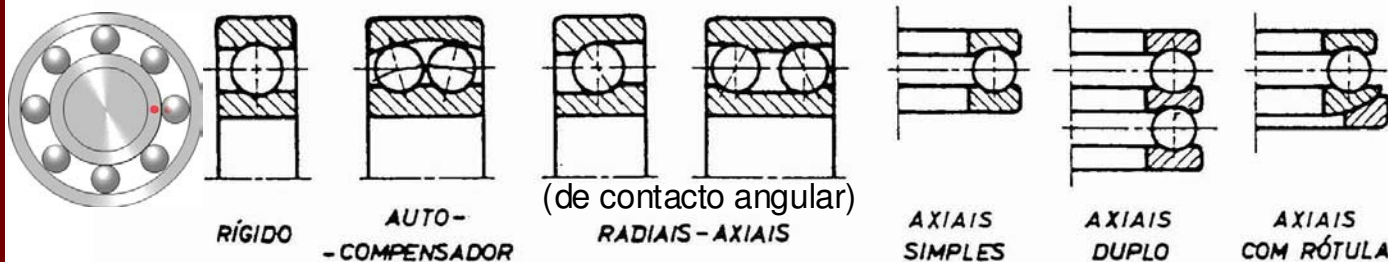
Órgãos de máquinas

Chumaceiras de rolamento (Rolamentos)

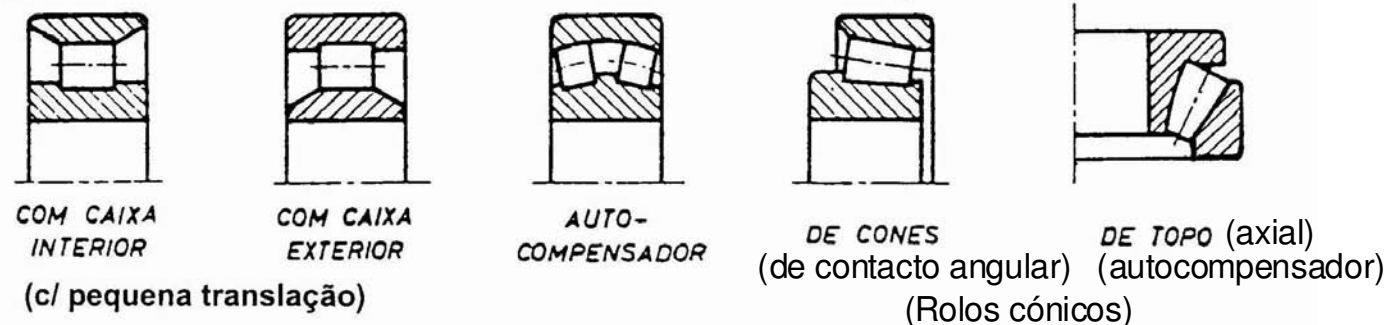
Para o **apoio de veios**, com movimento de rotação, que transmitem esforços, com ou sem possibilidade de absorção de pequenos desvios (angulares e axiais) dos veios.



Tipos de Rolamentos de Esferas



Tipos de rolamentos de Rolos





Ligações mecânicas: elementos de ligação mecânicos

Chumaceiras de rolamento (Rolamentos)

