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.

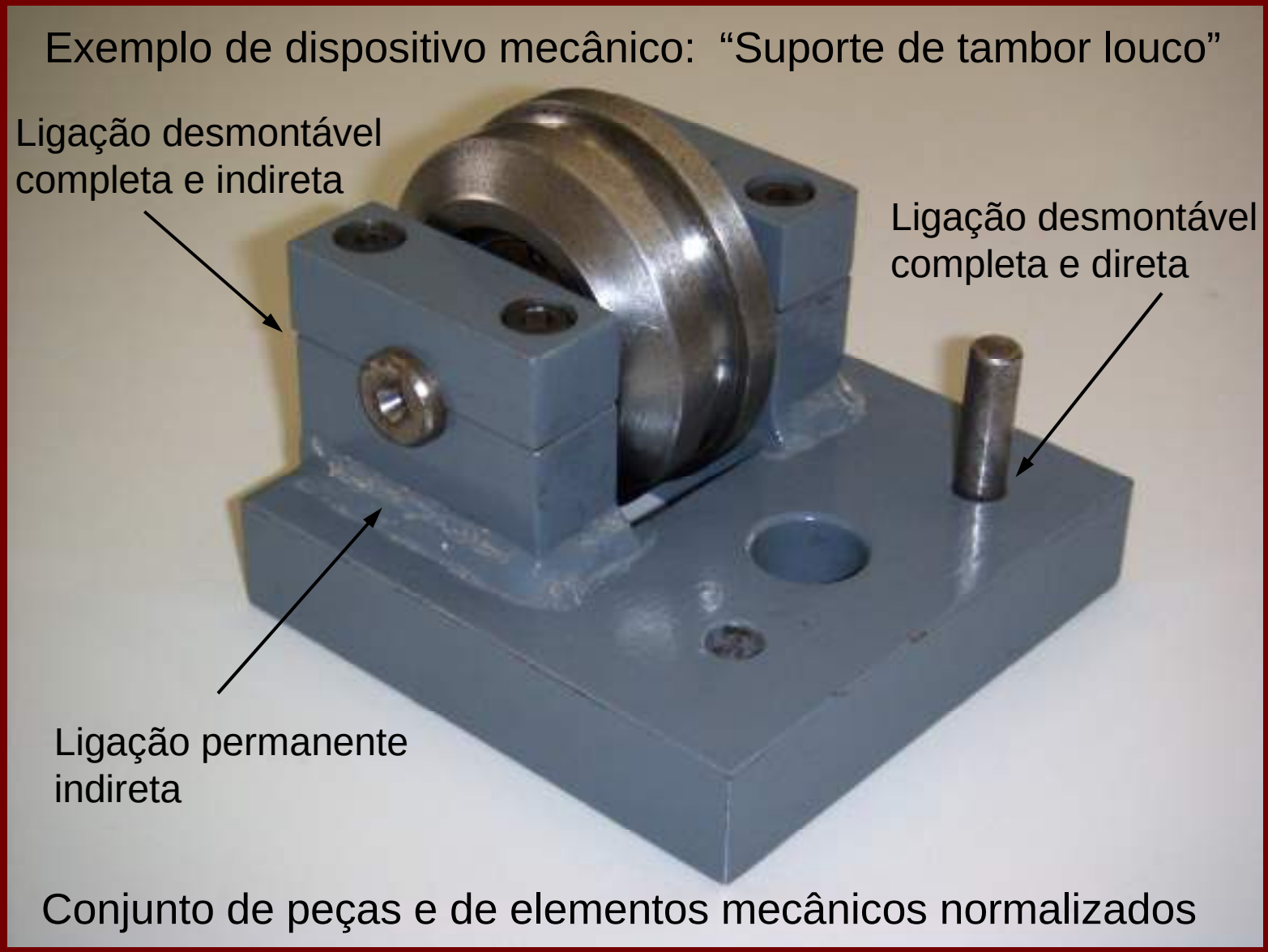
L

Exemplos


Ligações
Permanentes
(Ligações fixas)
Diretas
por ajustamento apertado
por cravação
por dobragem de juntas
Indiretas
por rebitagem
por soldadura
Desmontáveis
Completas
(Ligações fixas)
Diretas
por ajust. forte/ preso
cónicas
roscadas
com grampos
Indiretas
com peças roscadas
enchavetamentos forçados
com pinos (cavilhas)
e pinos fendidos (bifurcados)
Parciais
(Articulações e guias)
Sem translação
(Articulações)
articulações cilíndricas
articulações esféricas
com paraf. de guiamento
Sem Rotação
(Guias)
enchavetamentos livres
com elementos estriados
com paraf. de guiamento
Elásticas
com molas
sem molas

Ligações mecânicas: elementos de ligação mecânicos

Exemplo de dispositivo mecânico: "Suporte de tambor louco"



Conjunto de peças e de elementos mecânicos normalizados

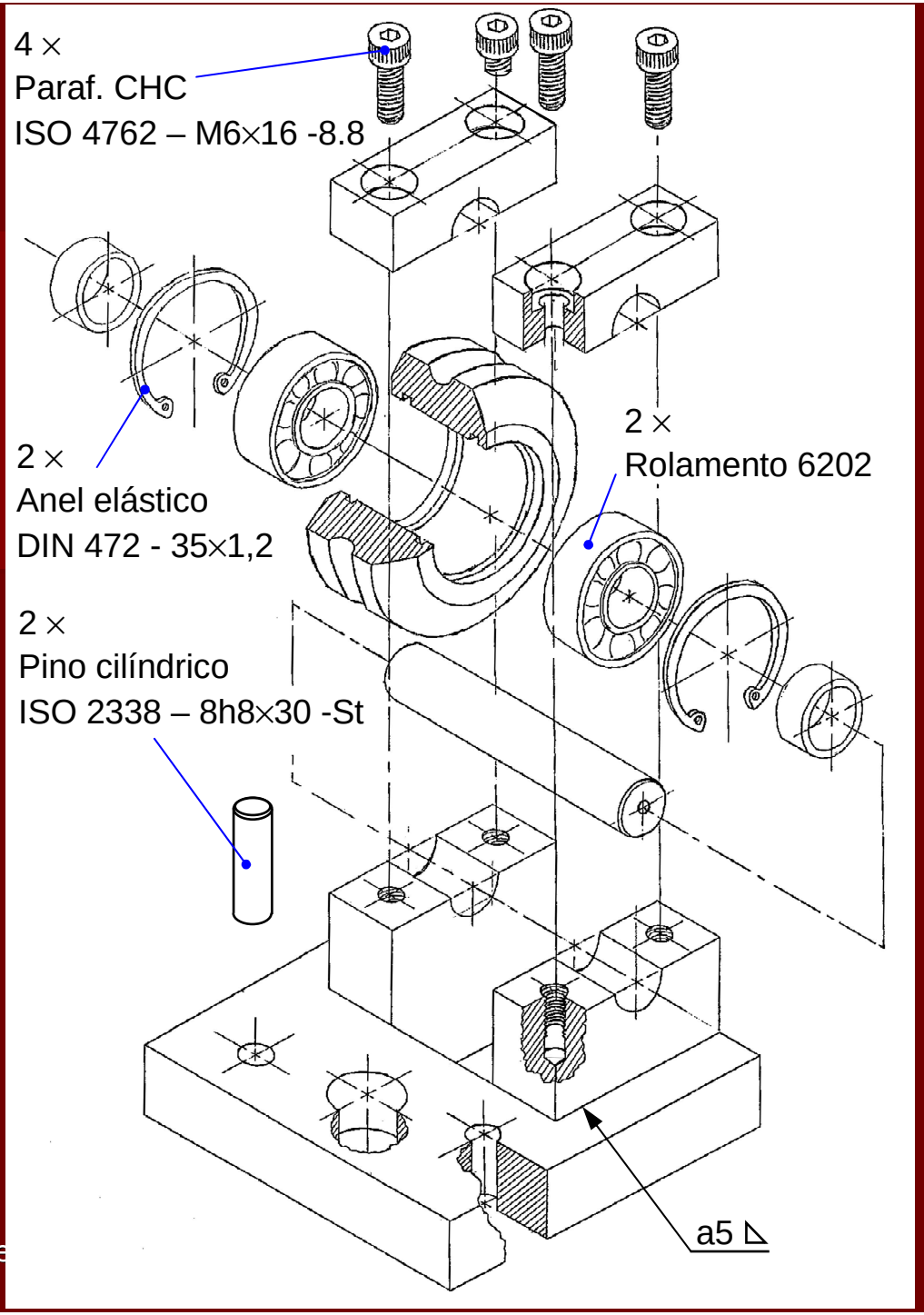
Ligações mecânicas: elementos de ligação mecânicos



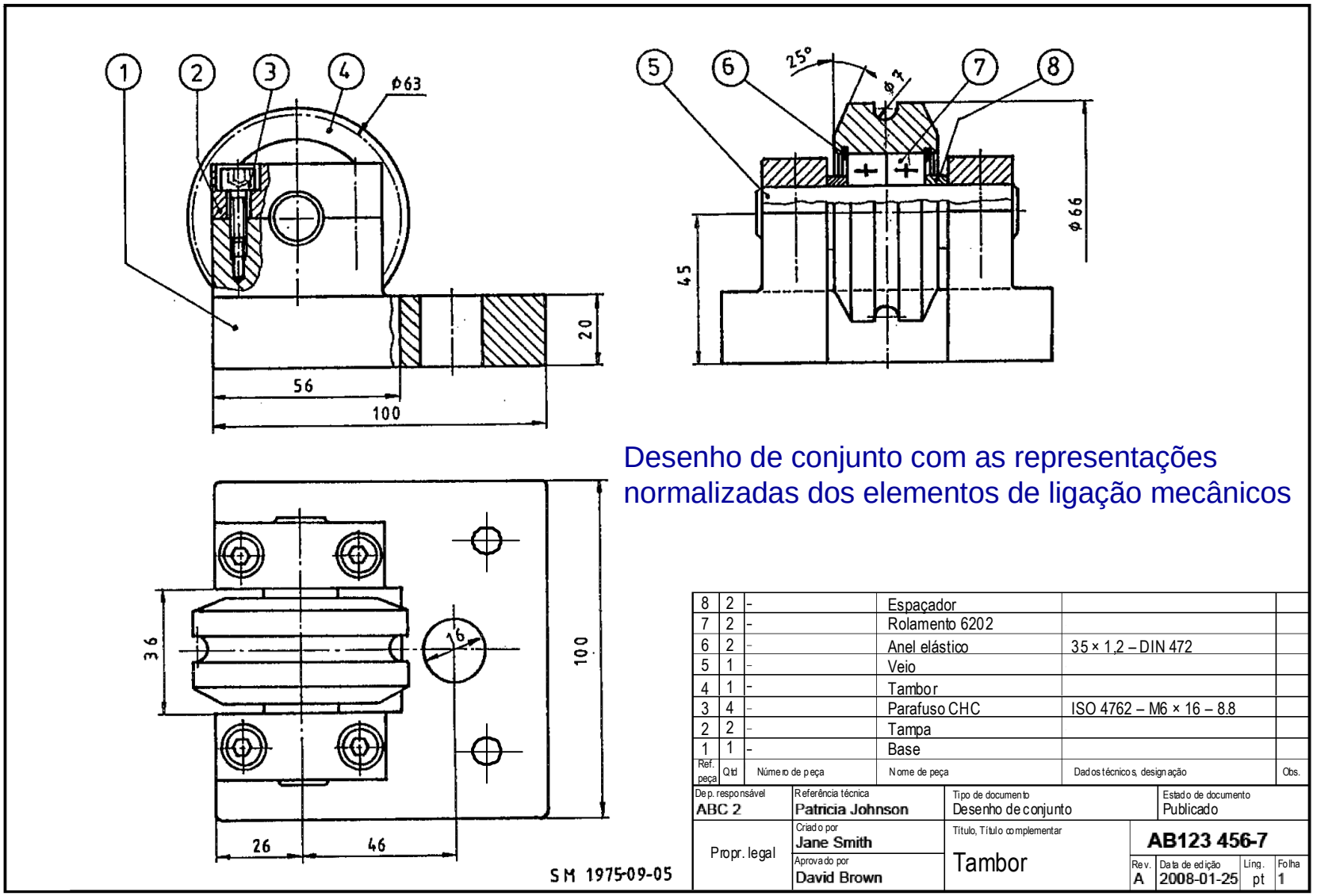
Peças e elementos de ligação mecânicos normalizados constituintes do conjunto

Ligações mecânicas:

Representação isométrica explodida do conjunto “Suporte de tambor louco”, com designações normalizadas dos seus elementos de ligação mecânicos constituintes



Ligações mecânicas: elementos de ligação mecânicos



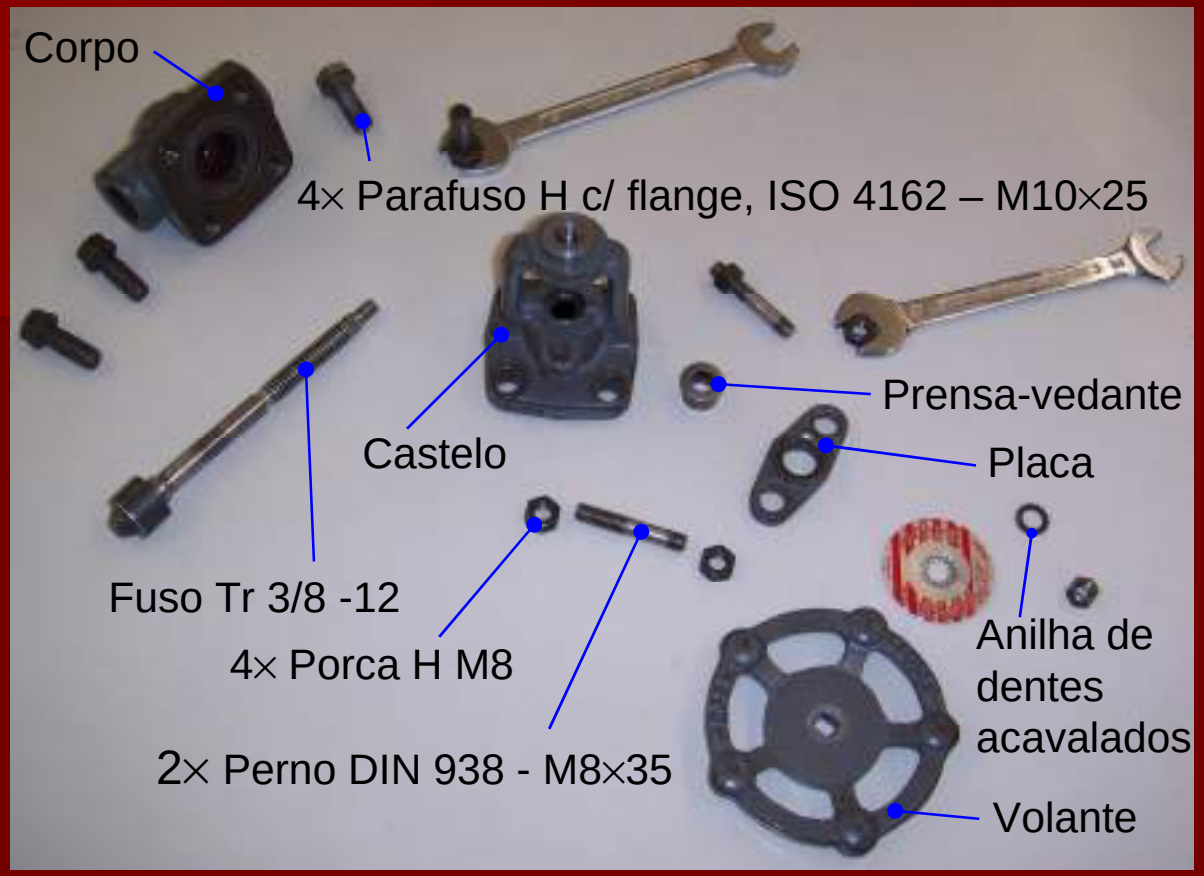
Desenho de conjunto com as representações normalizadas dos elementos de ligação mecânicos

Ref. peça	Qtd	Número de peça	Nome de peça	Dados técnicos, designação	Obs.
8	2	-	Espaçador		
7	2	-	Rolamento 6202		
6	2	-	Anel elástico	35 × 1,2 – DIN 472	
5	1	-	Veio		
4	1	-	Tambor		
3	4	-	Parafuso CHC	ISO 4762 – M6 × 16 – 8.8	
2	2	-	Tampa		
1	1	-	Base		

Dep. responsável: ABC 2	Referência técnica: Patricia Johnson	Tipo de documento: Desenho de conjunto	Estado de documento: Publicado
Propr. legal	Criado por: Jane Smith Aprovado por: David Brown	Título, Título complementar: Tambor	AB123 456-7 Rev.: A · Data de edição: 2008-01-25 · Líng.: pt · Folha: 1

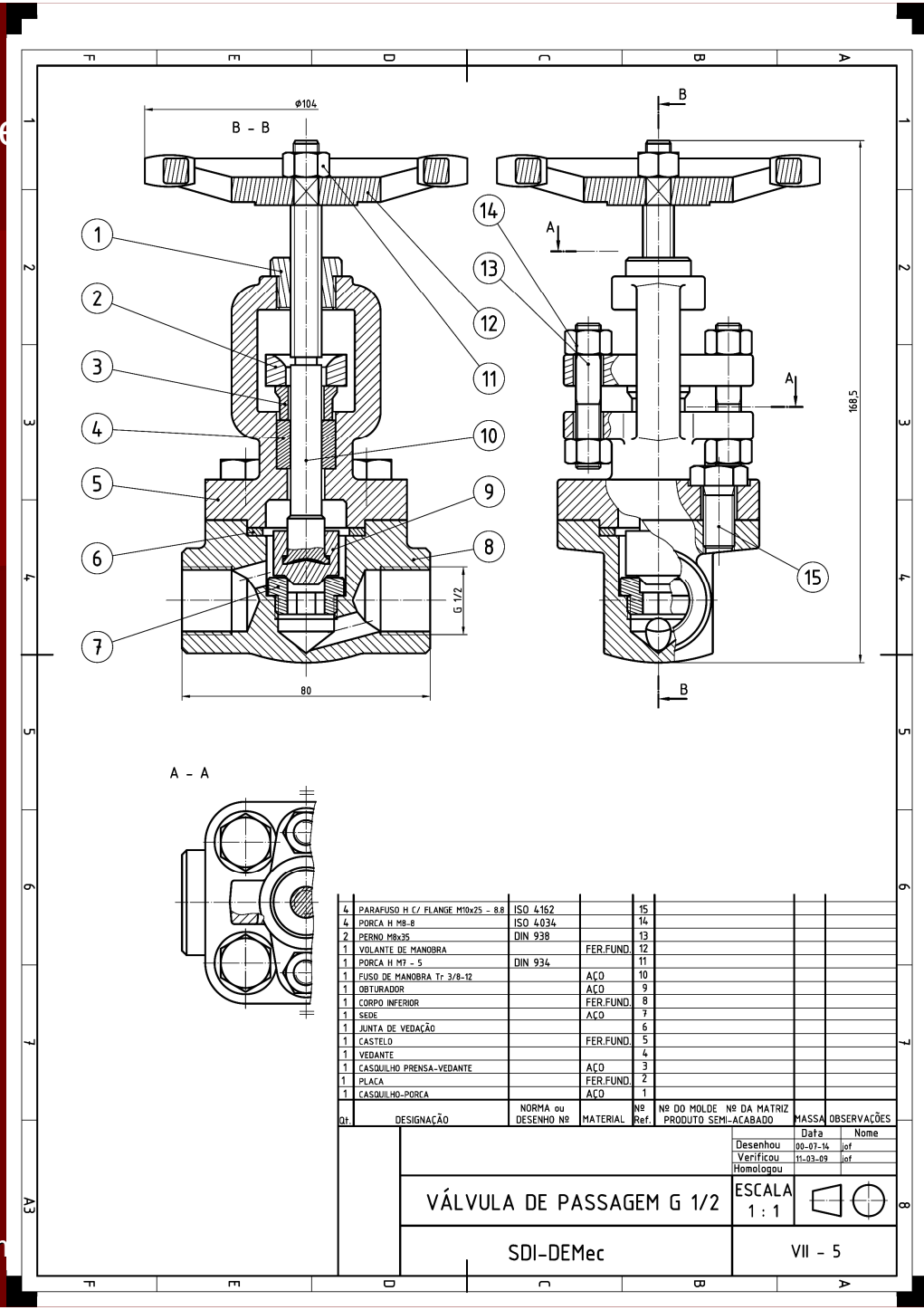
Ligações mecânicas: elementos de ligação mecânicos





Exemplo: Válvula de globo G ½ (válvula de passagem)

Desenho de conjunto, em representação ortográfica, de uma "Válvula de globo G 1/2", com representações normalizadas dos seus elementos de ligação mecânicos constituintes



Qt.	DESIGNAÇÃO	NORMA ou DESENHO Nº	MATERIAL	Nº Ref.	Nº DO MOLDE Nº DA MATRIZ PRODUTO SEMI-ACABADO	MASSA	OBSERVAÇÕES
4	PARAFUSO H C/ FLANGE M10x25 - 8.8	ISO 4162		15			
4	PORCA H M8-8	ISO 4034		14			
2	PERNO M8x35	DIN 938		13			
1	VOLANTE DE MANOBRA		FER.FUND.	12			
1	PORCA H M7 - 5	DIN 934		11			
1	FUSO DE MANOBRA Tr 3/8-12		AÇO	10			
1	OBTURADOR		AÇO	9			
1	CORPO INFERIOR		FER.FUND.	8			
1	SEDE		AÇO	7			
1	JUNTA DE VEDAÇÃO			6			
1	CASTELO		FER.FUND.	5			
1	VEDANTE			4			
1	CASQUILHO PRENSA-VEDANTE		AÇO	3			
1	PLACA		FER.FUND.	2			
1	CASQUILHO-PORCA		AÇO	1			

	Data	Nome
Desenhou	00-07-14	jof
Verificou	11-03-09	jof
Homologou		

VÁLVULA DE PASSAGEM G 1/2 — ESCALA 1 : 1

SDI-DEMec — VII - 5

1.1.1 Ligações permanentes (não desmontáveis)

As peças ligadas não podem ser separadas sem destruição

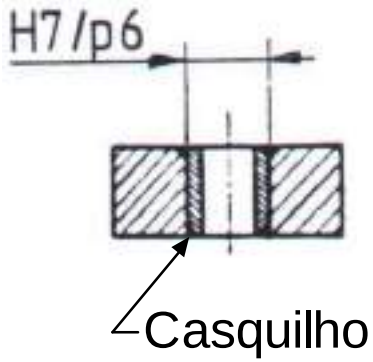
1.1.1.1 Ligações diretas

Na ligação, apenas intervêm as peças a ligar.

Ligações permanentes (não desmontáveis)

Ligações diretas (apenas intervêm as peças a ligar)

1.1.1.1.1 Ajustamentos apertados (montagem com prensa)

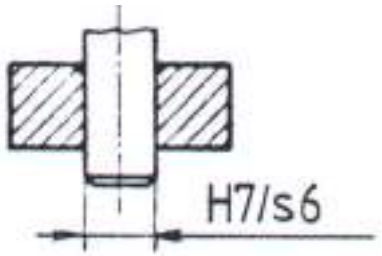




Ver norma ISO 286-1

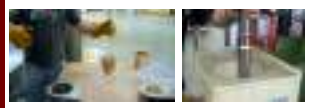
a frio:

ex: H6 / n5
H / p



a quente:

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



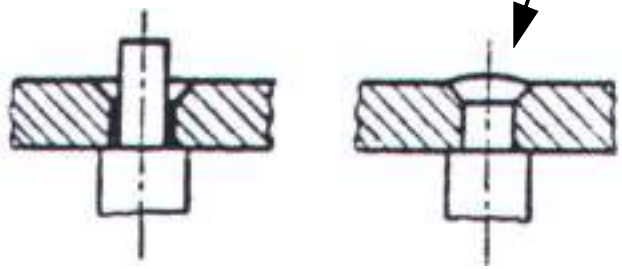
Podem assegurar a transmissão de esforços significativos.

Ligações permanentes (não desmontáveis)

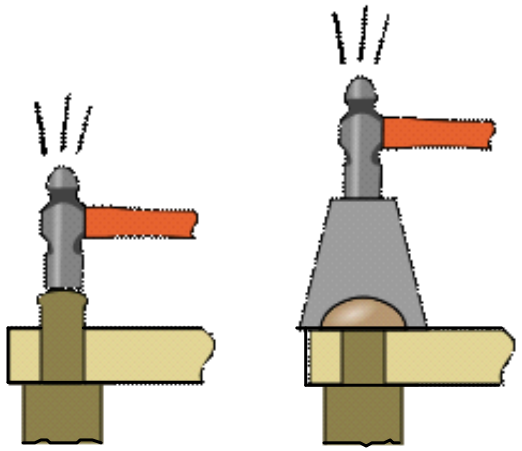
Ligações diretas (apenas intervêm as peças a ligar)

1.1.1.1.2 Cravação

Contracabeça obtida por deformação plástica da espiga (ou corpo)



Fase I Fase II

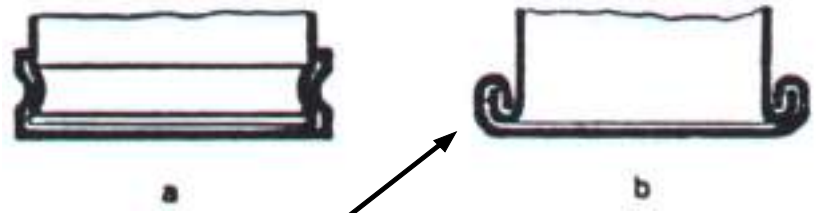


Ligações permanentes (não desmontáveis)

Ligações diretas (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





Símbolo
(ver NP EN ISO 15785)

Ligação estanque 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 indiretas

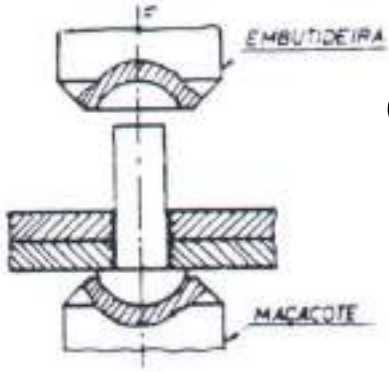
É necessário recorrer a outra peça ou elemento intermediário para estabelecer a ligação.

Ligações permanentes (não desmontáveis)
Ligações indiretas (com peça ou elemento intermediário)

1.1.1.2.1 Rebitagem

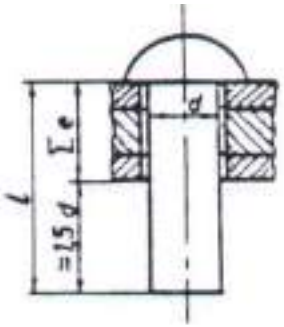


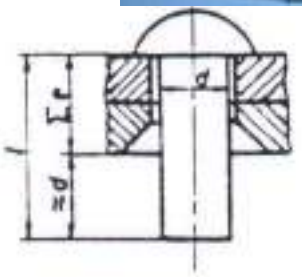




Cravação do Rebite







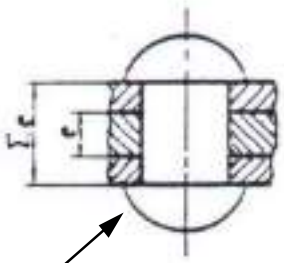


Rebitagem a frio – $d < 10$ mm

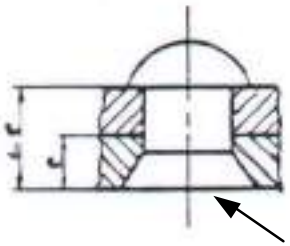
a quente – $d \geq 10$ mm



Rebite de expansão



Contracabeça esférica

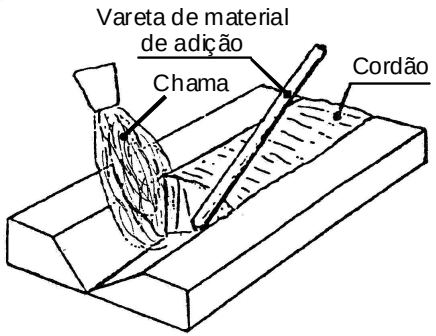


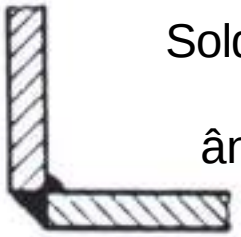
Contracabeça contrapunçoada

Ligações permanentes (não desmontáveis)
Ligações indiretas (com peça ou elemento intermediário)

1.1.1.2.2 Soldadura



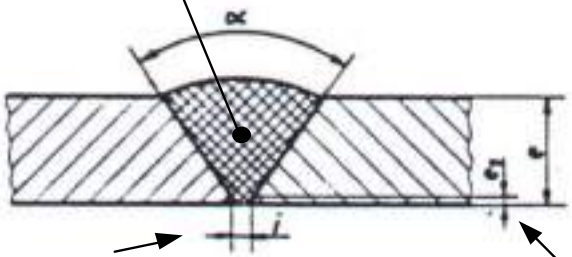




Soldadura de ângulo

Metal de adição

Ângulo de abertura



Afastamento

Talão

Soldaduras topo-a-topo





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 diretas

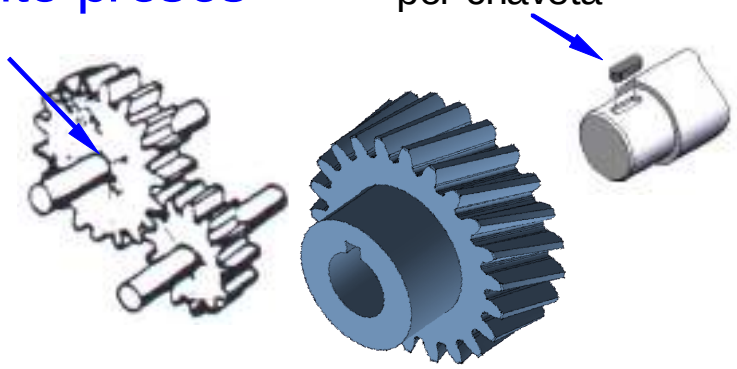
Na ligação, apenas intervêm as peças a ligar.

Ligações desmontáveis
Ligações completas (ligações fixas)
Ligações diretas (apenas intervêm as peças a ligar)

1.1.2.1.1.1 Ajustamentos fortemente presos

ex: H / m
H7 / n6

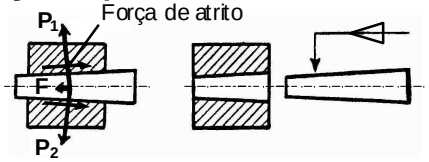
Ver norma ISO 286-1
(montagem com martelo)



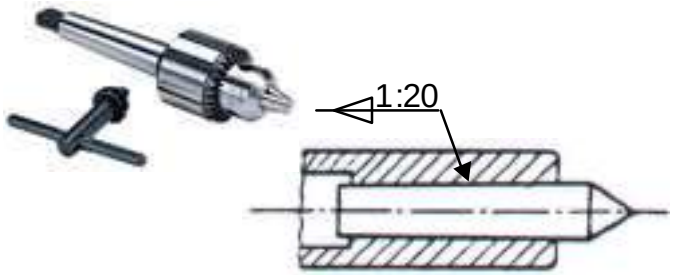
Asseguram um bom posicionamento das peças e uma estabilidade da ligação sob cargas variáveis.

1.1.2.1.1.2 Ligações cónicas

Ligação por atrito na fixação.



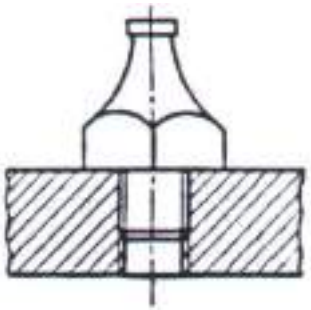
Ver norma ISO 3040



Ligações desmontáveis
Ligações completas (ligações fixas)
Ligações diretas (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)





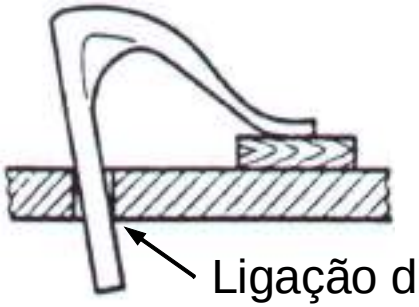
1.1.2.1.1.4 Ligações com grampos

Ligação por simples aderência



Ligação direta





Ligação direta

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 indiretas

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

Ligações mecânicas: elementos de ligação mecânicos

Ligações desmontáveis

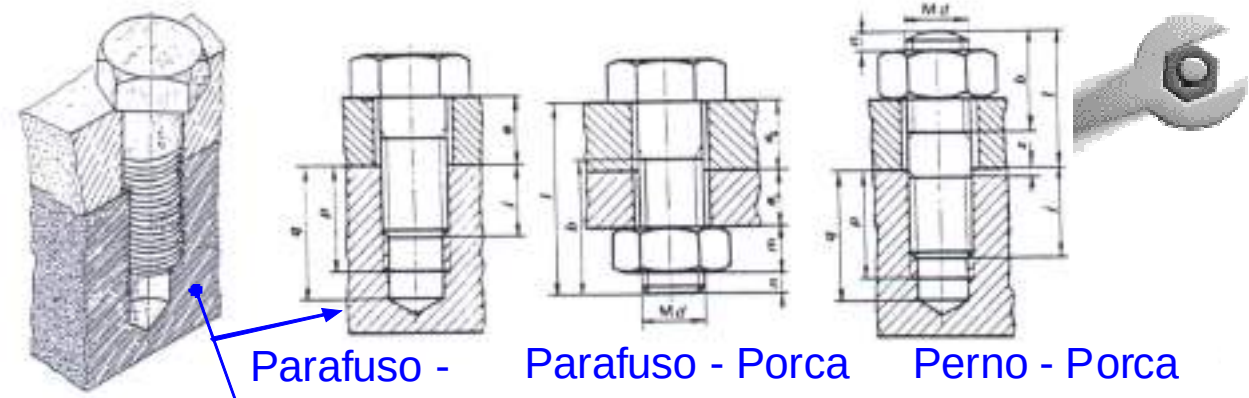
Ligações completas (ligações fixas)

Ligações indiretas



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

Para desmontagens frequentes. Grande fiabilidade.



Cabeça

Rosca

Parafuso + Porca



Parafuso

Porca (ver DTB-3, p.255)

Perno (ver DTB-3, p.254)



Perno + Porca



Cabeças de parafusos



Chave



Ligações desmontáveis

Ligações completas (ligações fixas)

Ligações indiretas



1.1.2.1.2.1 Ligações com peças roscadas (continuação)

Para desmontagens frequentes. Grande fiabilidade.



Anilhas
(ver DTB-3, pág. 261)


plana

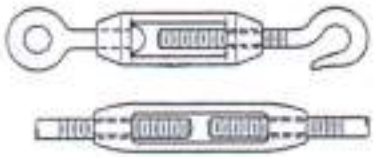

de dentes acavalados exteriores


de dentes acavalados interiores


de dentes acavalados côncava


elásticas de espira W

Esticador



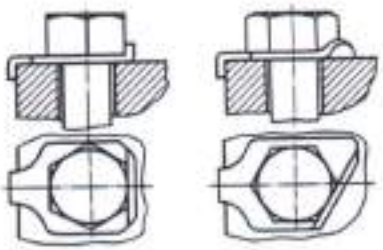
Porca



Porca cilíndrica com ranhuras

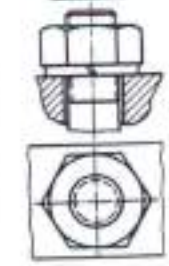
Freio de porcas





Anilha elástica de espira W



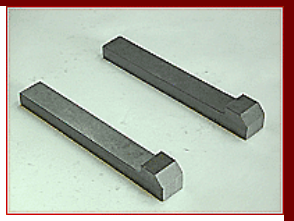


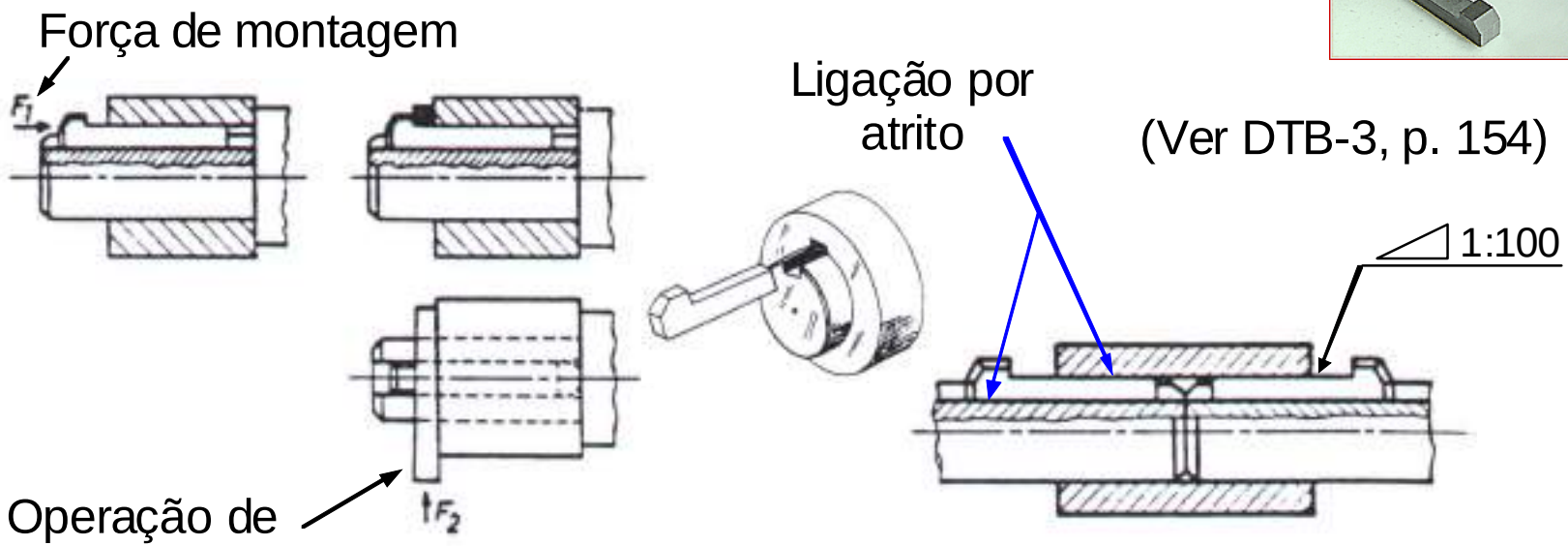
Ligações desmontáveis

Ligações completas (ligações fixas)

Ligações indiretas (com peça ou elemento intermediário)

1.1.2.1.2.2 Ligações com enchavetamentos forçados





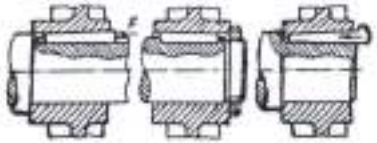
Chavetas inclinadas ou de cunha

Ligações mecânicas: elementos de ligação mecânicos

Chavetas inclinadas ou de cunha (continuação)

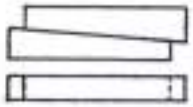


Chavetas inclinadas

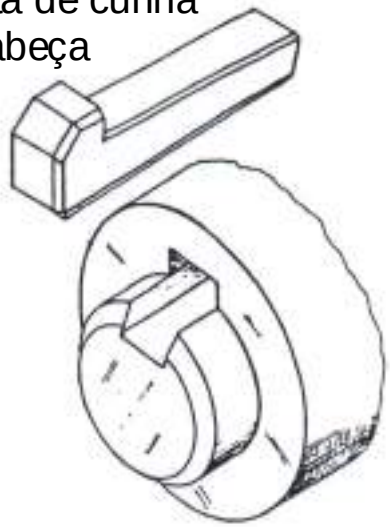


Enchavetamento forçado

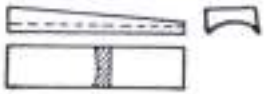


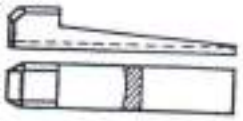


Chaveta de cunha com cabeça



Chavetas inclinadas côncavas







Chaveta inclinada com cabeça

Ligações mecânicas: elementos de ligação mecânicos

Ligações desmontáveis

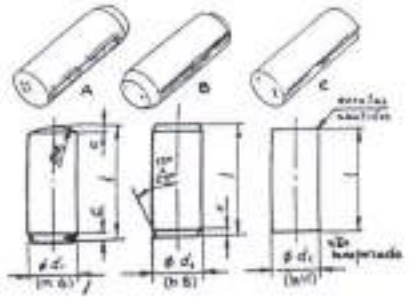
Ligações completas
(ligações fixas)

Ligações indiretas

1.1.2.1.2.3 Ligações com pinos (ou cavilhas)

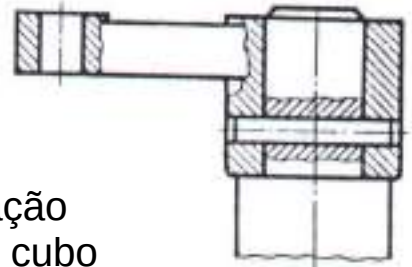


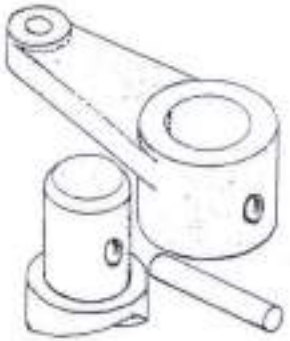
[Pinos cilíndricos]



Função de fixação

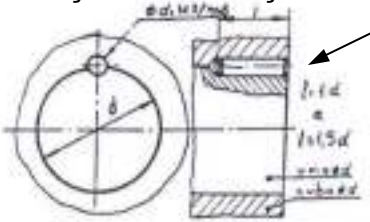
Ligação manivela - veio

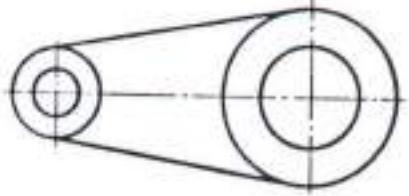


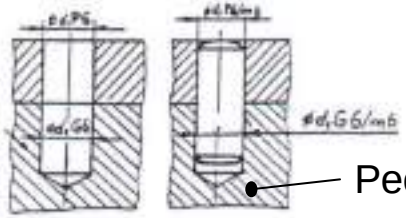


Função de fixação

Ligação Veio - cubo







Peça desmontável

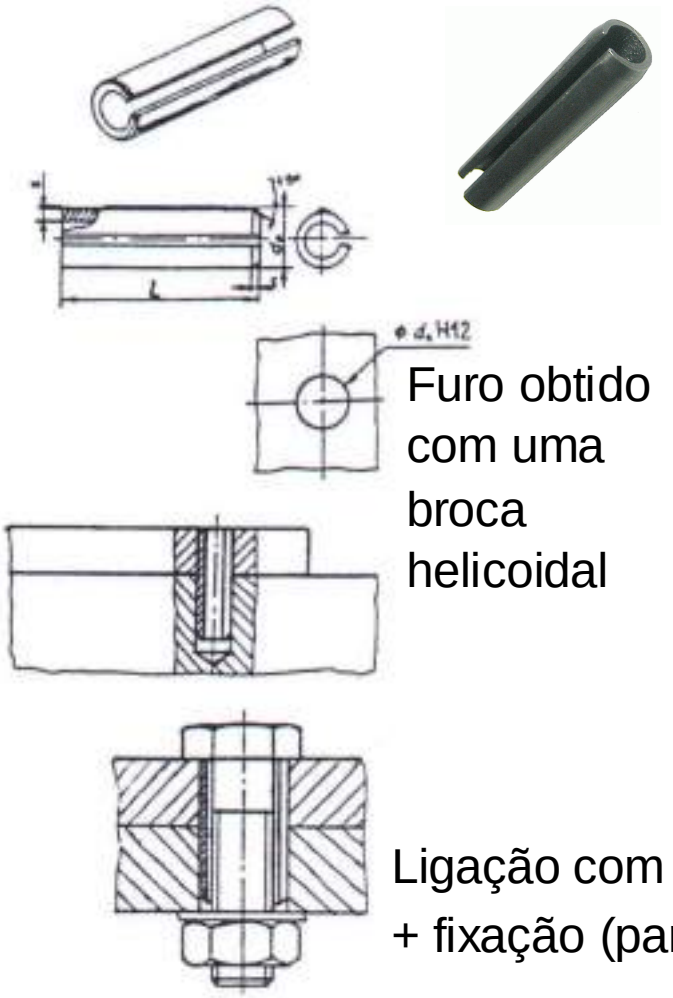
Função de posicionamento



Função de fixação

Ligações mecânicas: elementos de ligação mecânicos

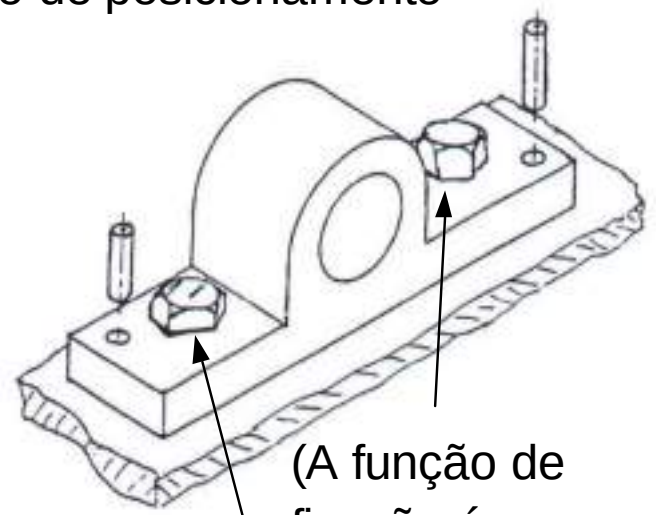
Pinos elásticos



Furo obtido com uma broca helicoidal



Função de posicionamento



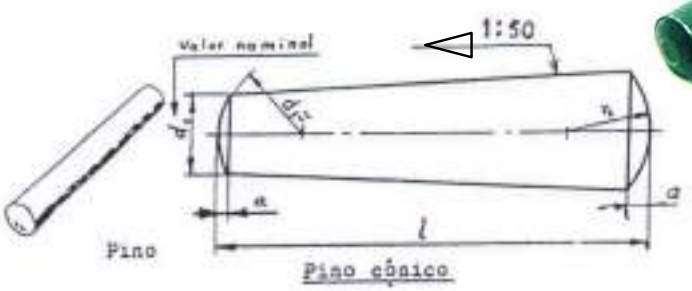
(A função de fixação é assegurada pelos parafusos)

Ligação com posicionamento (pino) + fixação (parafuso – porca)

Ligações mecânicas: elementos de ligação mecânicos

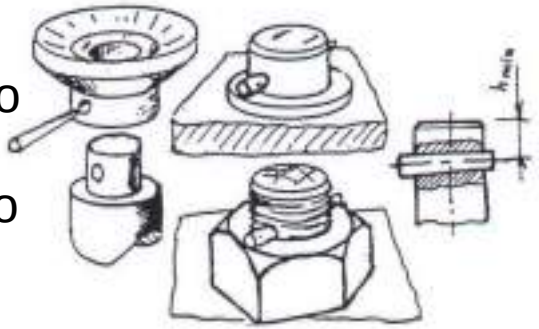
Pinos cónicos





Tipos de ligações

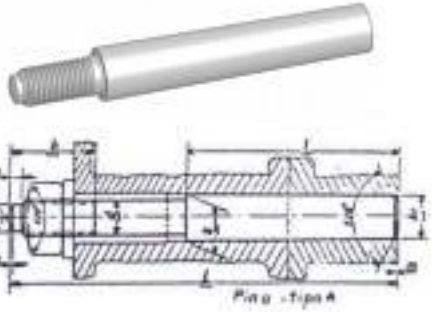
Função de fixação



Limitação de movimento (Segurança)

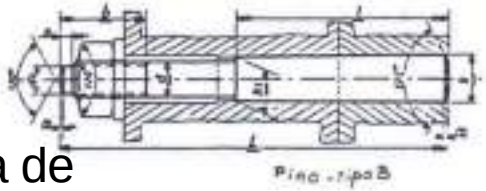


A

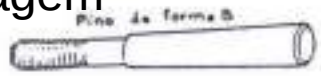


Força de desmontagem

B



Força de desmontagem



Forma B

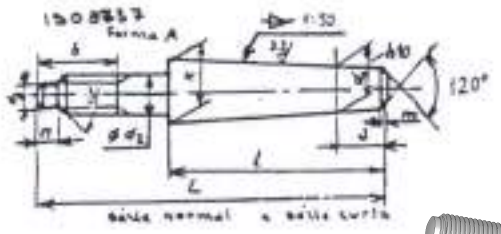




Função de centragem

Ligações mecânicas: elementos de ligação mecânicos

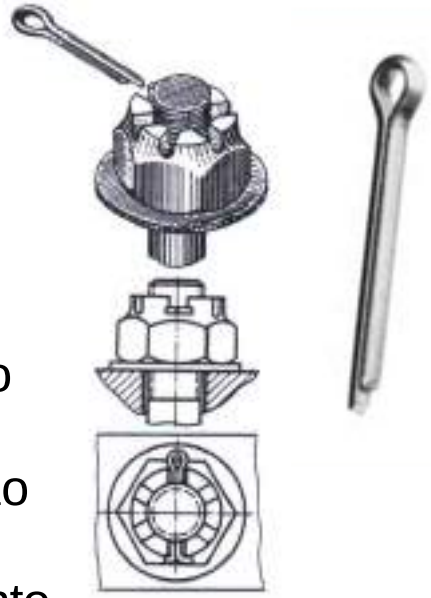
Pinos cónicos (continuação)



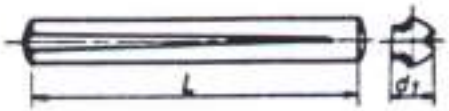
Forma A



Pinos fendidos ou bifurcados



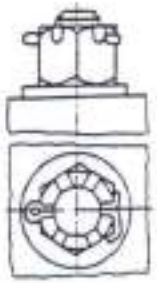
Pinos estriados



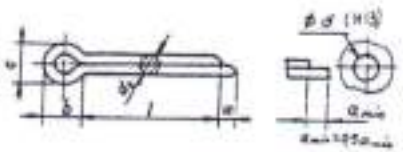








Função de limitação de movimento (segurança)



1.1.2 Ligações desmontáveis

As peças ligadas podem ser separadas sem destruição.

1.1.2.2 Ligações parciais

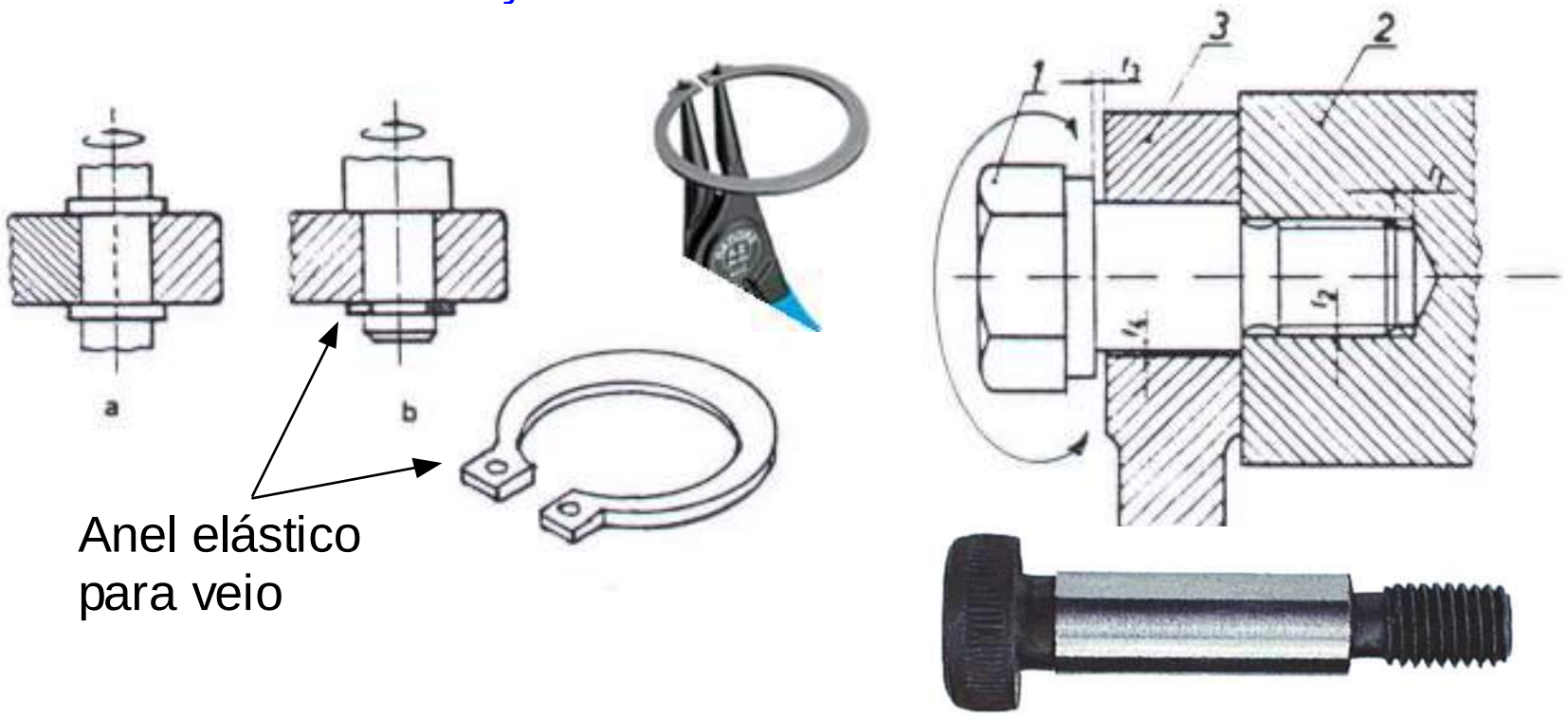
Apenas são possíveis certos tipos de deslocamentos relativos entre as peças ligadas.

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



Ligações mecânicas: elementos de ligação mecânicos

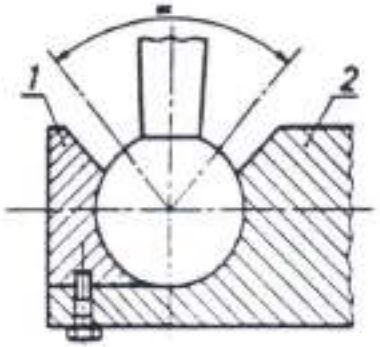
Ligações desmontáveis

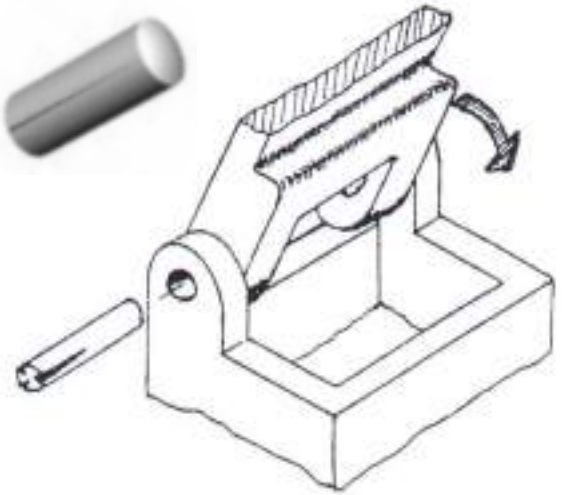
Ligações parciais

Ligações sem translação (articulações)

1.1.2.2.1.2 Articulações esféricas

(Rótula)



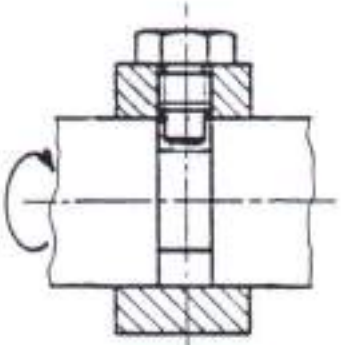


Articulação cilíndrica com pinos cilíndricos

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

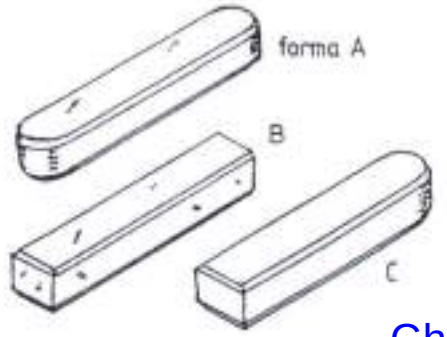
Guias

Ligações mecânicas: elementos de ligação mecânicos

- Ligações desmontáveis
- Ligações parciais
- Ligações sem rotação (guias)

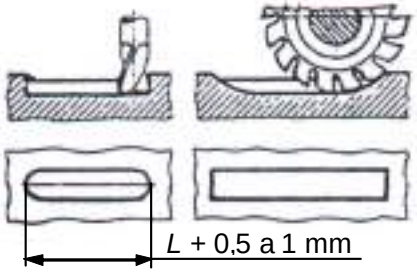
1.1.2.2.2.1 Ligações com enchavetamentos livres



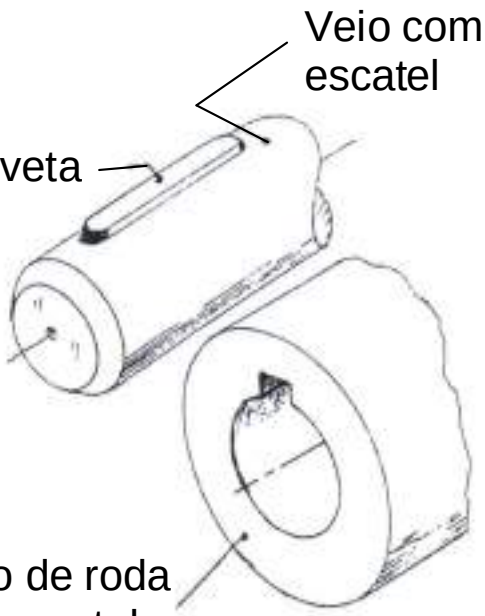


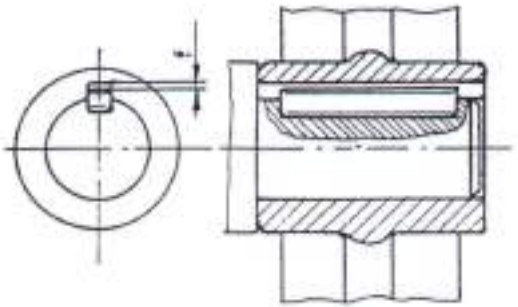
Chavetas paralelas

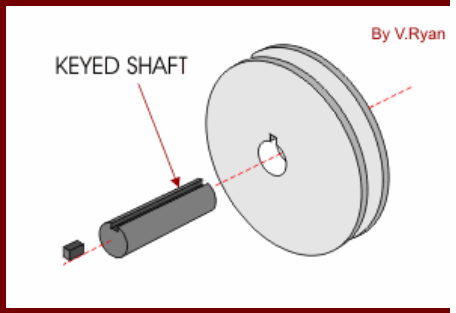
Fresa de topo Fresa-disco



Operações para maquinar, por fresagem, escatéis em veios







Ligações sem rotação (guias)



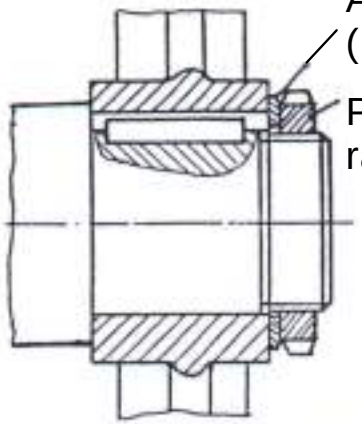
Chavetas paralelas (cont.)



Cubo de roda

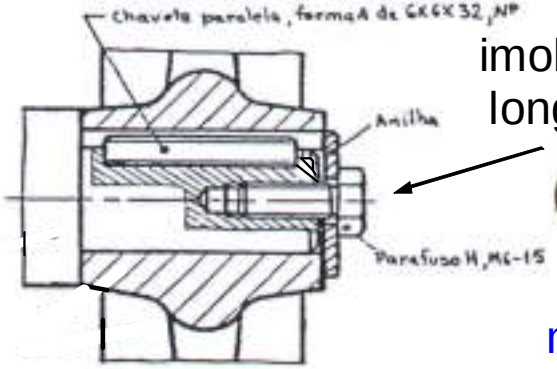
Anilha de segurança (ISO 2982-2)

Porca cilíndrica com ranhuras (ISO 2982-2)



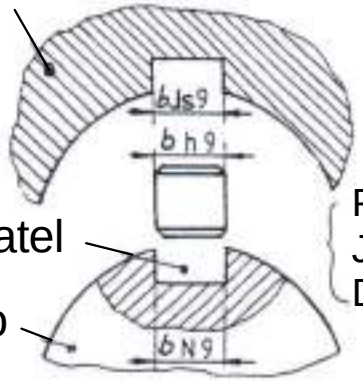


Dispositivos de imobilização longitudinal





Ligação com movimento de translação



Ajustamentos

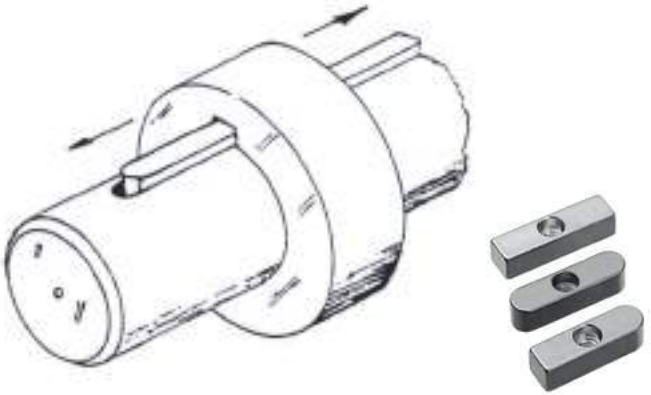
Escatel do cubo

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

Escatel

Veio

Tolerâncias normais

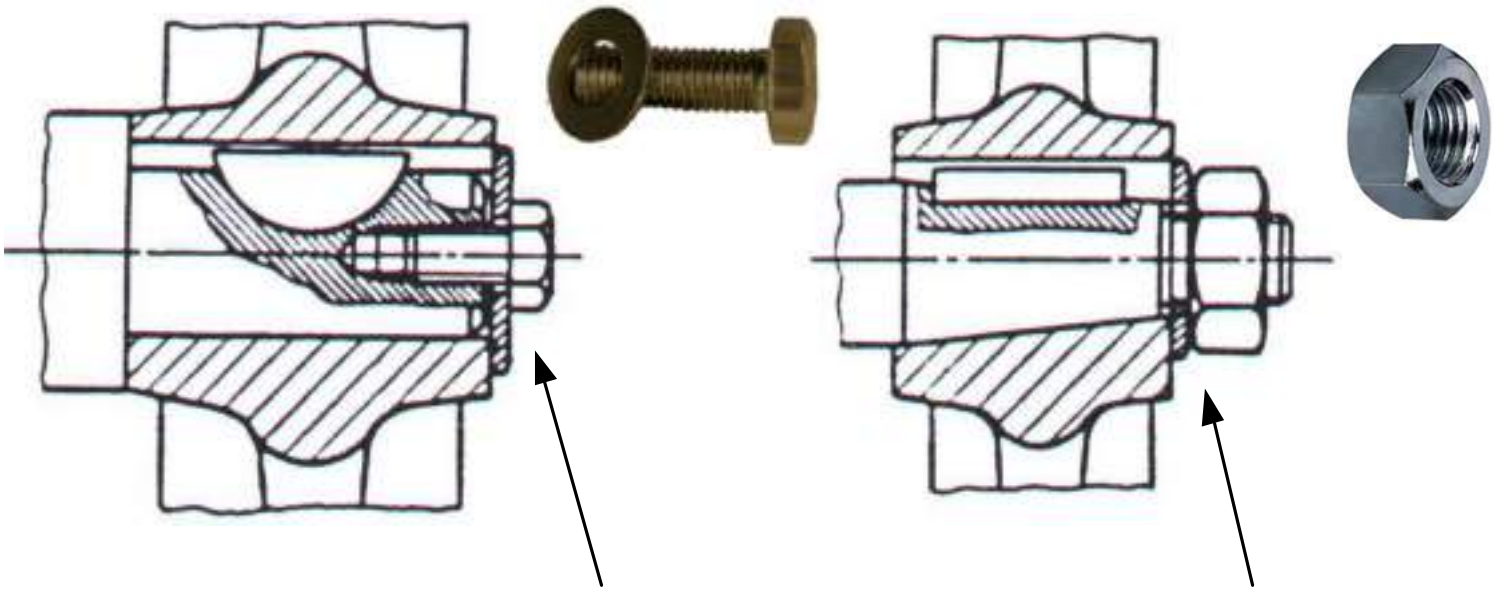


Ligações mecânicas: elementos de ligação mecânicos

Ligações desmontáveis

Ligações parciais

Ligações sem rotação (guias)



Dispositivos adicionais para a imobilização longitudinal

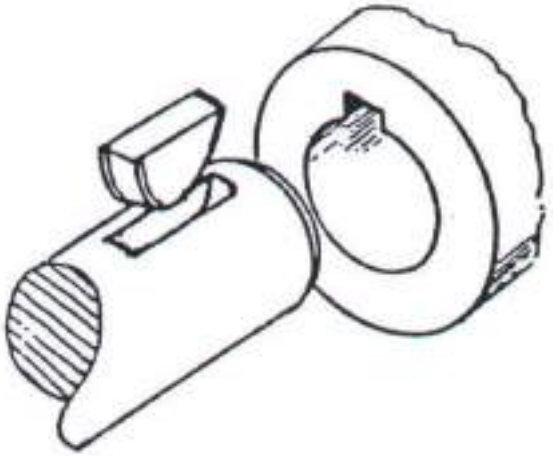
Ligações mecânicas: elementos de ligação mecânicos

Ligações sem rotação (guias)

Chaveta-disco ou chaveta Woodruff



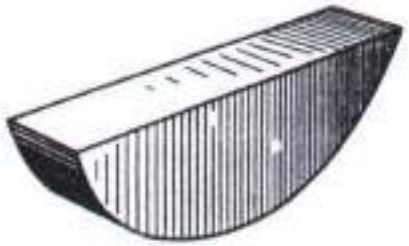


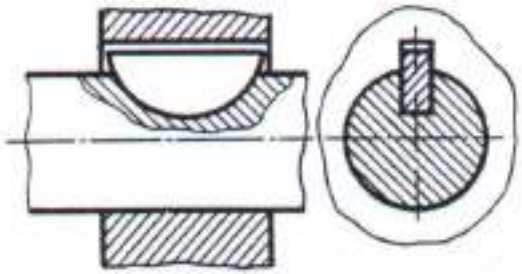


Abertura de escatel com fresa-disco

Enchavetamento livre



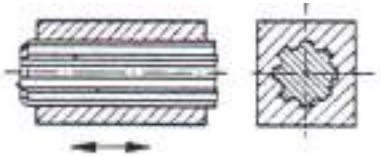




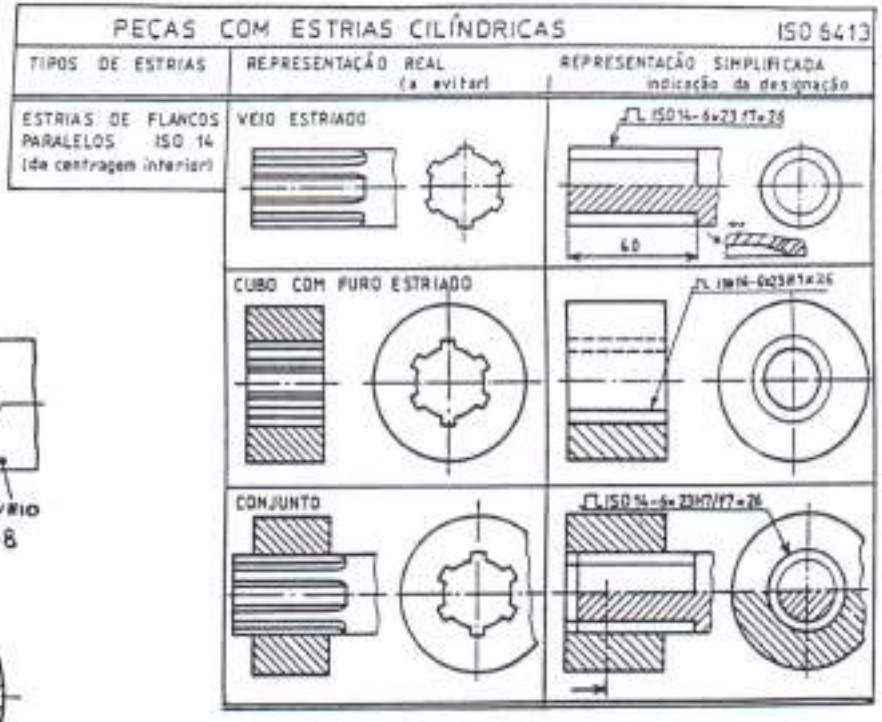
1.1.2.2.2.2 Ligações com elementos estriados

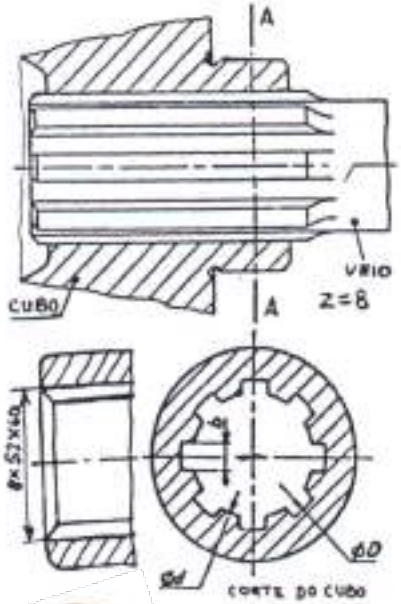
- Ligações desmontáveis
- Ligações parciais
- Ligações sem rotação (guias)















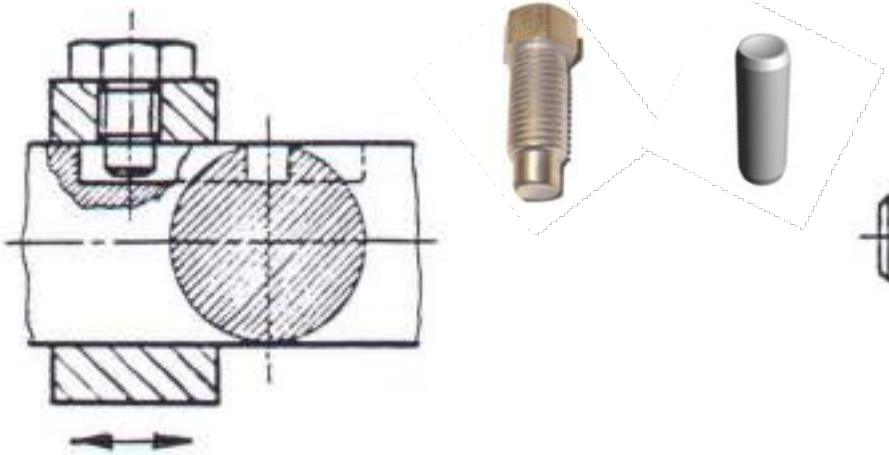


Ligações desmontáveis

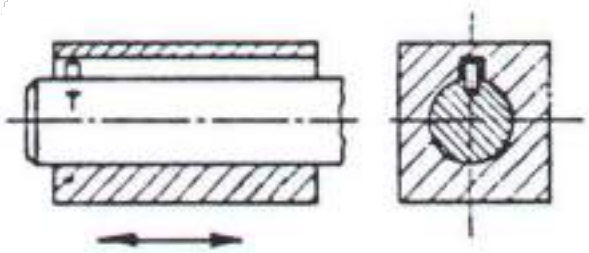
Ligações parciais

Ligações sem rotação (guias)

1.1.2.2.2.3 Ligações com parafuso (ou pino) de guiamento



Ligação em translação
com parafuso de guiamento



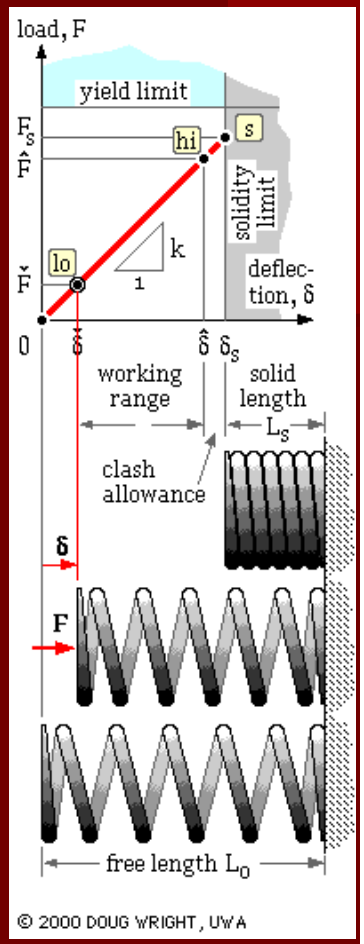
Ligação em translação
com pino de guiamento (prisioneiro)

1.1.2.3 LIGAÇÕES ELÁSTICAS

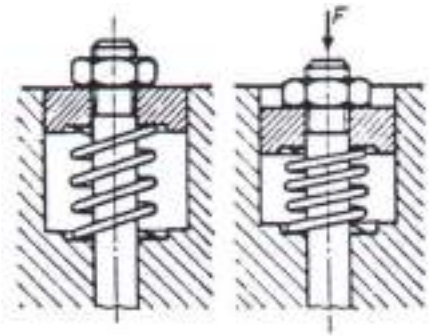
Ligações utilizadas para amortecer vibrações e choques ou garantir a manutenção de peças em posição.



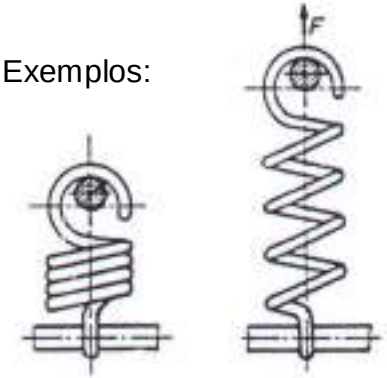
Os elementos que garantem a elasticidade da ligação podem ser metálicos (molas) ou não metálicos (ex.: borracha).



1.1.2.3.1 Ligações com molas



Exemplos:

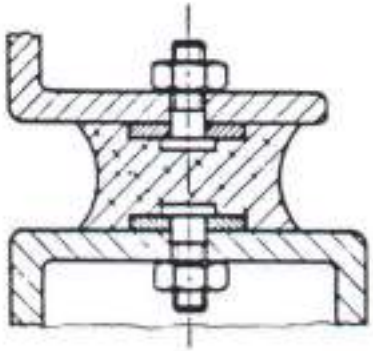


Molas helicoidais DE COMPRESSÃO



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 ação de forças, e de retomar a forma inicial, quando cessa a ação deformadora.

Órgãos de máquinas

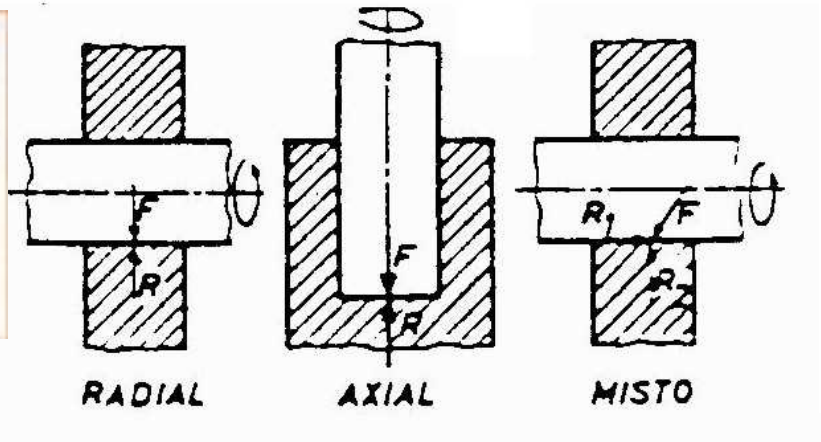
Chumaceiras de escorregamento e de rolamento (Rolamentos)

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

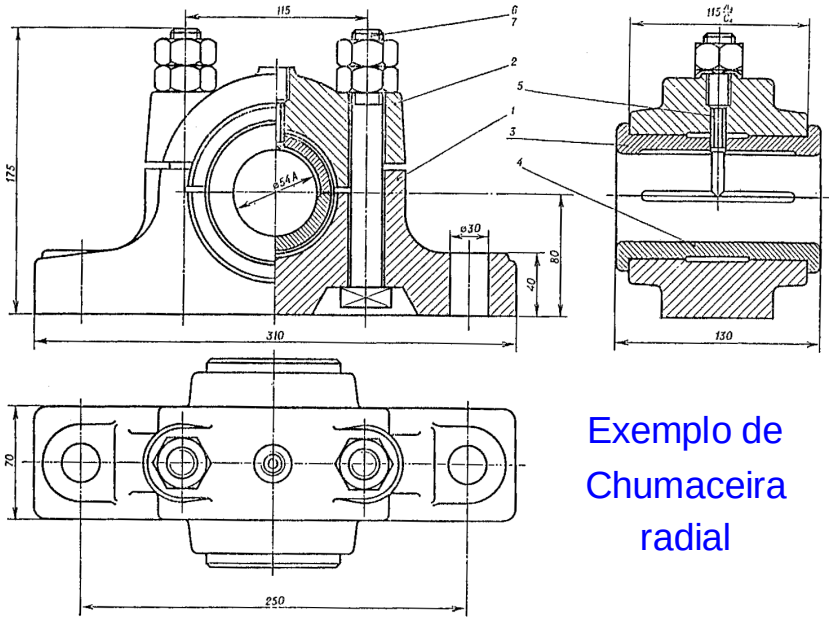
Órgãos de máquinas

Chumaceiras de escorregamento

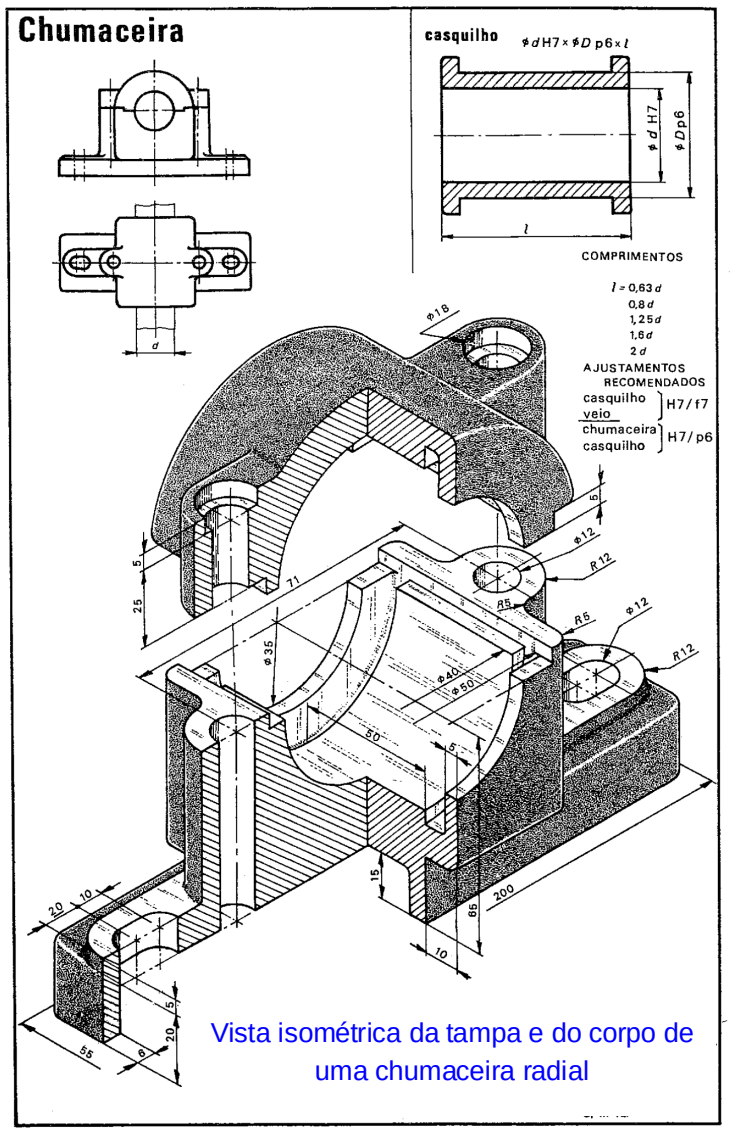


Para o apoio de veios, com movimento de rotação, que transmitem esforços, com ou sem possibilidade de absorção de pequenos desvios do veio.

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



Exemplo de Chumaceira radial



Vista isométrica da tampa e do corpo de uma chumaceira radial

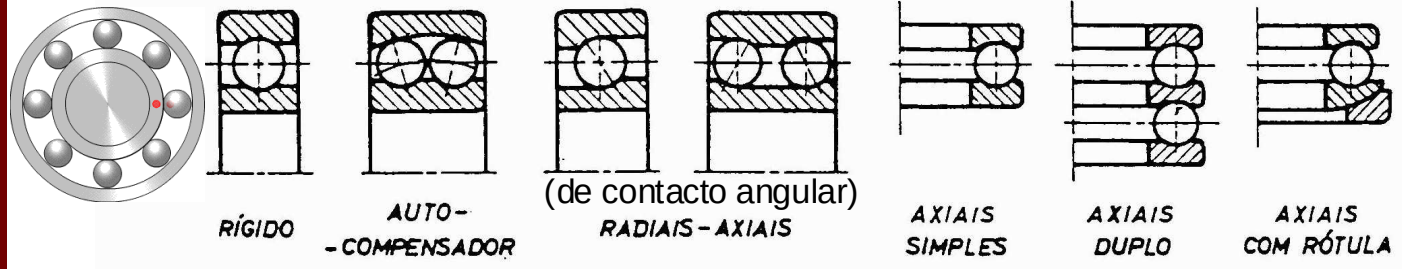
Órgãos de máquinas

Chumaceiras de rolamento (Rolamentos)

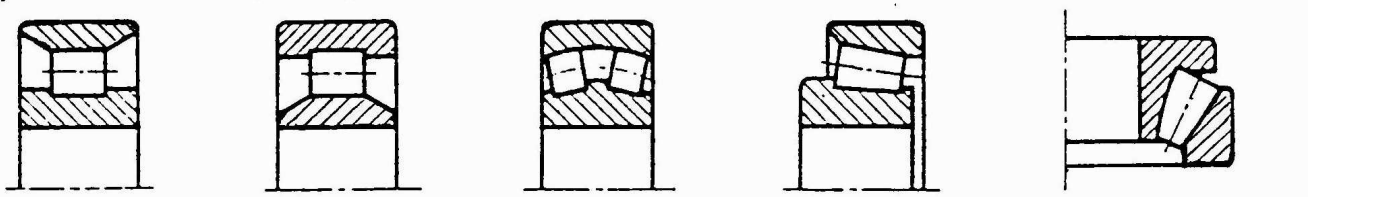


Para o apoio de veios, com movimento de rotação, que transmitem esforços, com ou sem possibilidade de absorção de pequenos desvios (angulares e axiais) dos veios.

Tipos de Rolamentos de Esferas



Tipos de rolamentos de Rolos



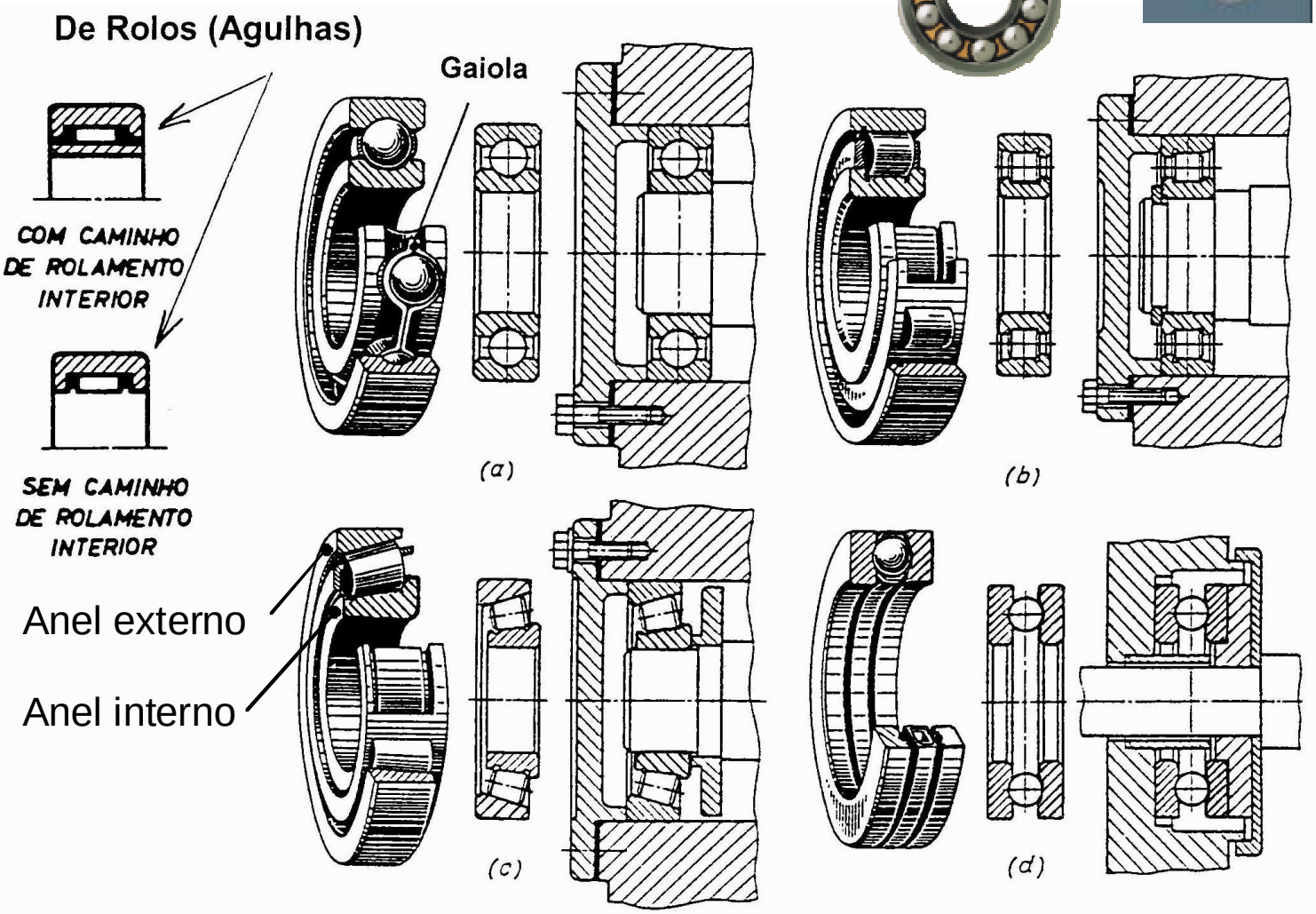
(c/ pequena translação)

Ligações mecânicas: elementos de ligação mecânicos

Chumaceiras de rolamento (Rolamentos)

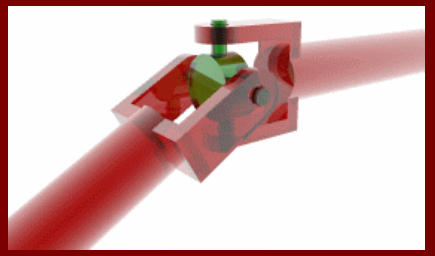






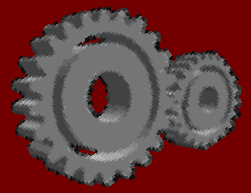
Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP

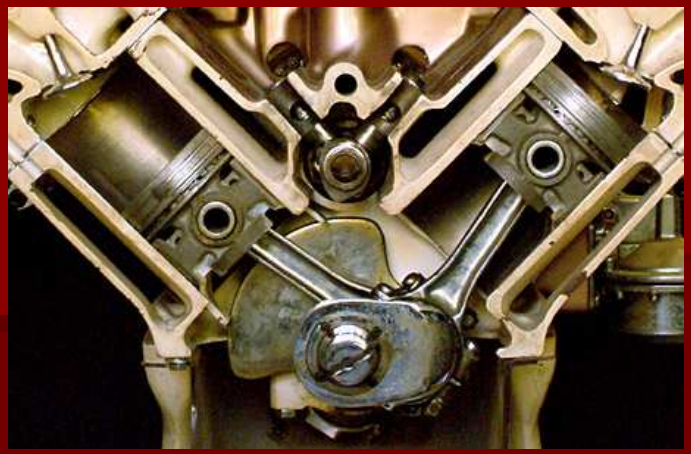






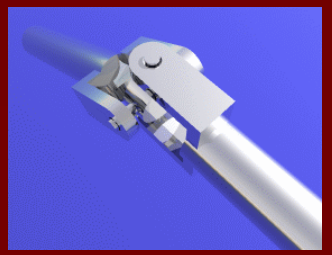
Órgãos mecânicos para a transmissão de movimento



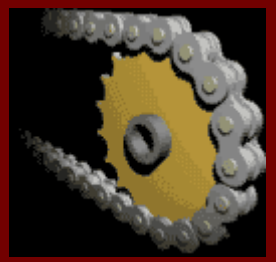


José António Almacinha

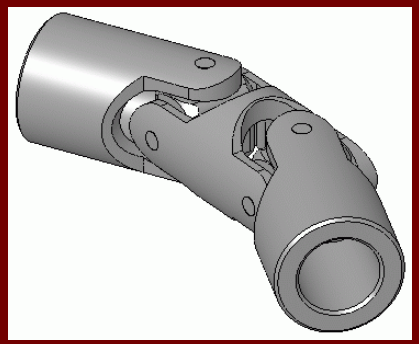
Órgãos mecânicos para a transmissão de movimento



i) Transmissão de potência entre veios dotados de movimento de rotação









Órgãos mecânicos para a transmissão de movimento

VEIOS COAXIAIS OU COMPLANARES

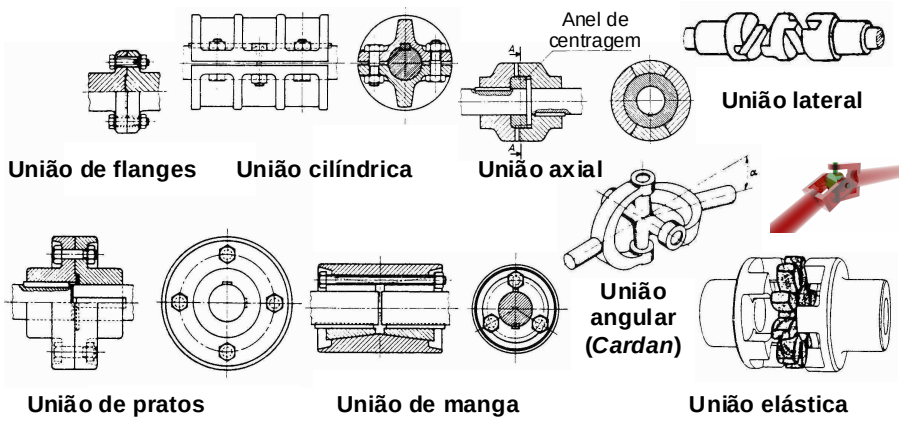
1.2.1

Uniões de veios

Rígidas: de flanges
de pratos
cilíndricas
de manga

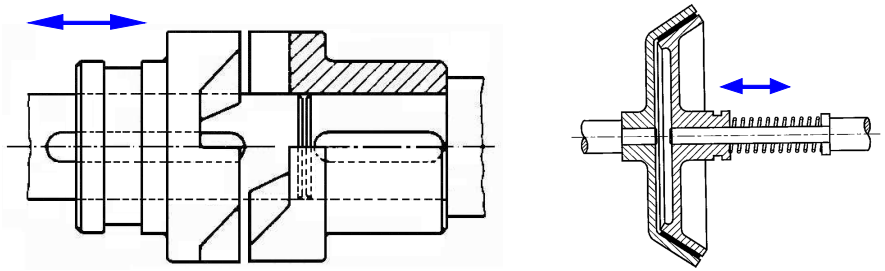
Compensa-doras: axiais
laterais
angulares

Elásticas



1.2.2

Embraiagens



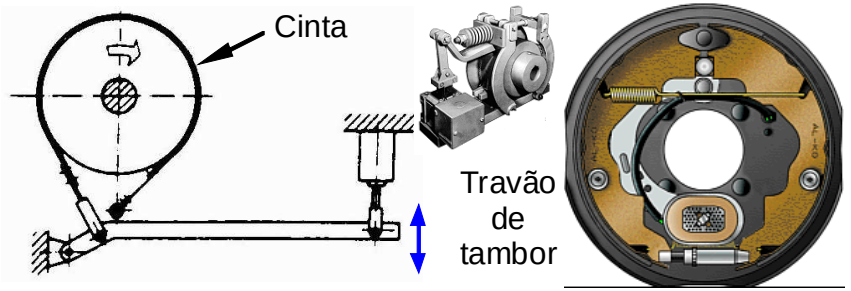
Ex.: embraiagens de dentes e de atrito

1.2.3

Freios

(Sistemas de absorção de potência)

(Travões)

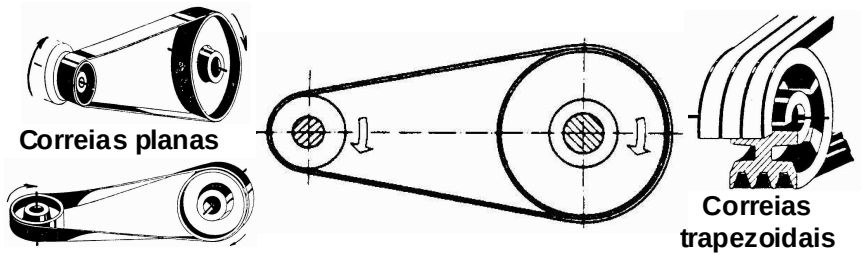


VEIOS NÃO COAXIAIS

1.2.4

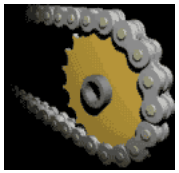
Correias e tambores (ou polias)

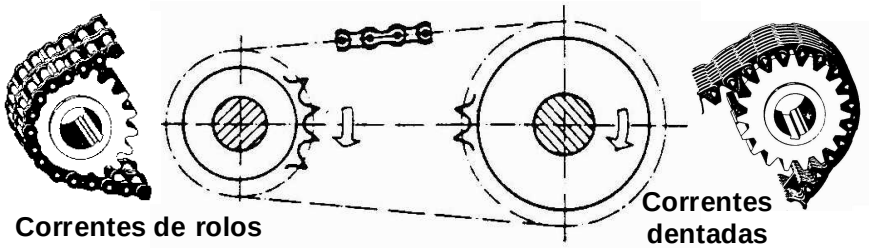




1.2.5

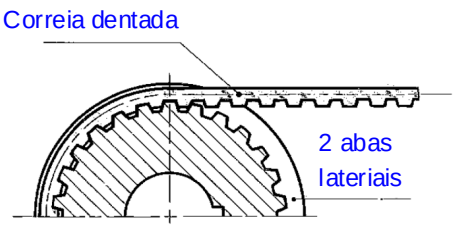
Correntes e rodas dentadas





1.2.6

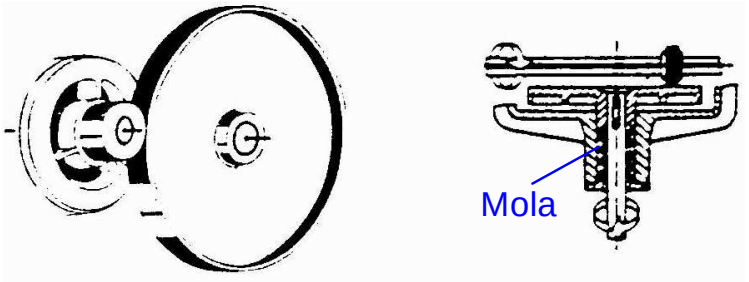
Correias dentadas





1.2.7

Rodas de atrito



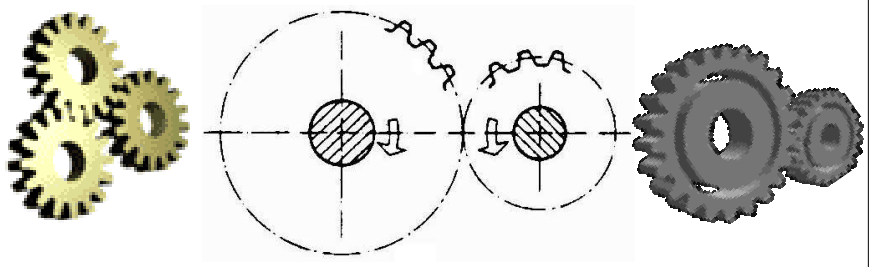
c/ veios paralelos; c/ veios concorrentes

Órgãos mecânicos para a transmissão de movimento

VEIOS NÃO COAXIAIS

1.2.8

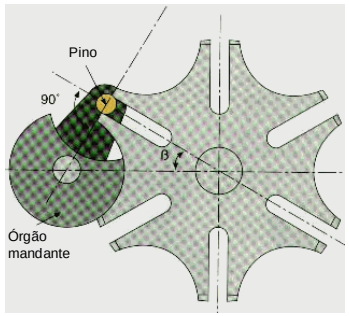
Engrenagens

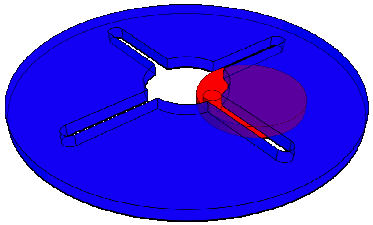


Exemplos: engrenagens cilíndricas

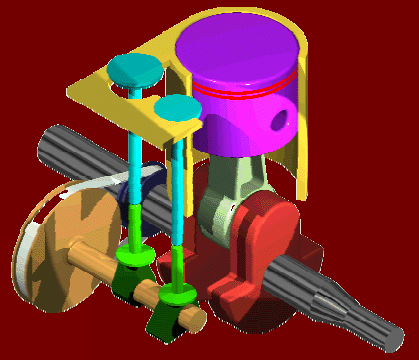
1.2.9

Cruz de malta

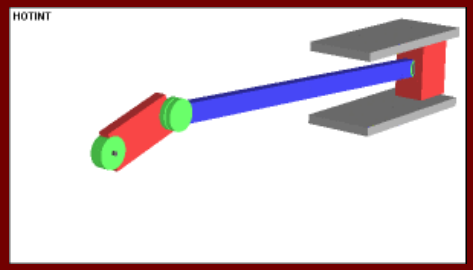


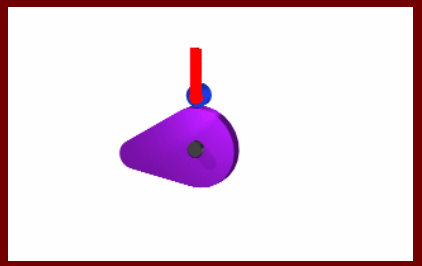


Mecanismos de cruz de Malta



ii) Transmissão de potência entre órgãos mecânicos, um deles animado de movimento de rotação e o outro de movimento de translação

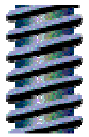


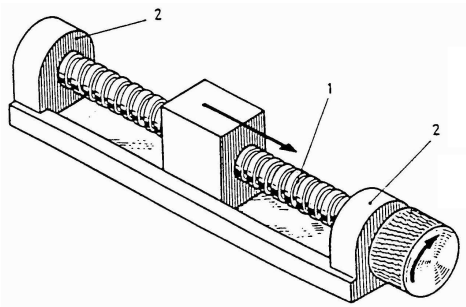


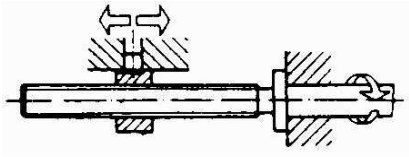
Órgãos mecânicos para a transmissão de movimento

1.2.10

Parafuso - porca

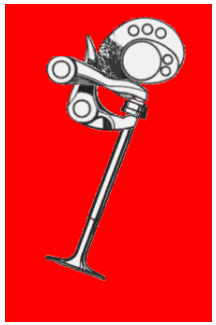


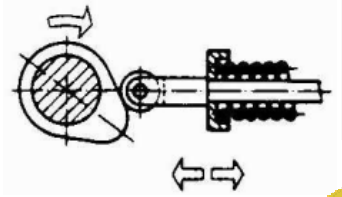




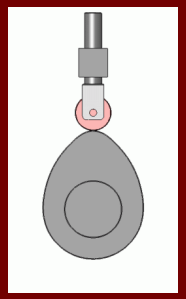
1.2.11

Mecanismos de excêntricos (ou mecanismos de cames)

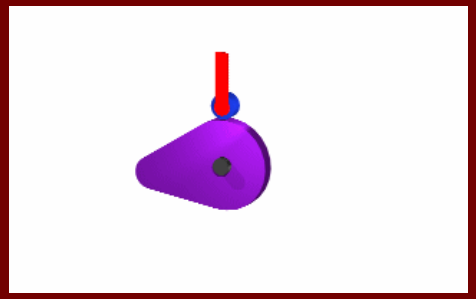


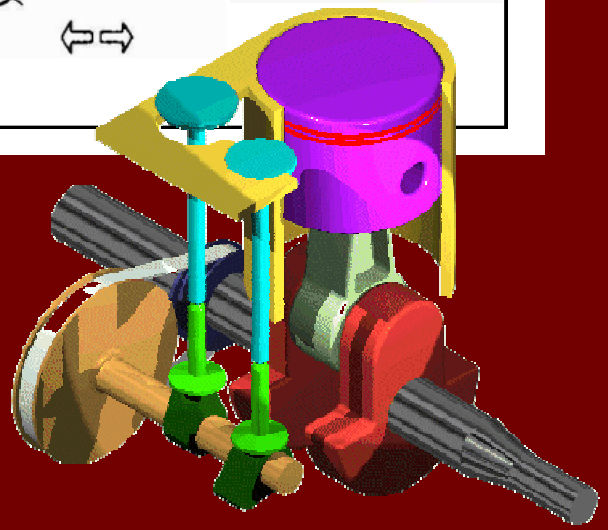




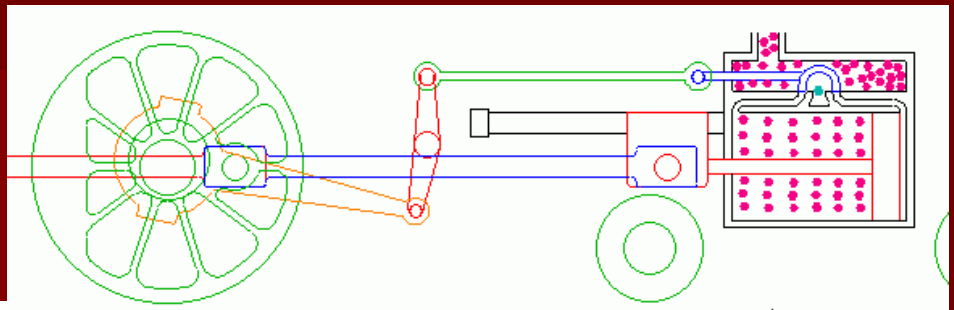








Órgãos mecânicos para a transmissão de movimento

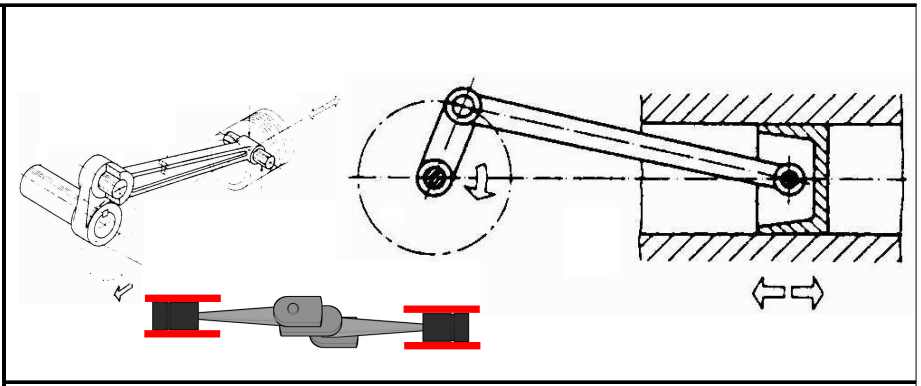


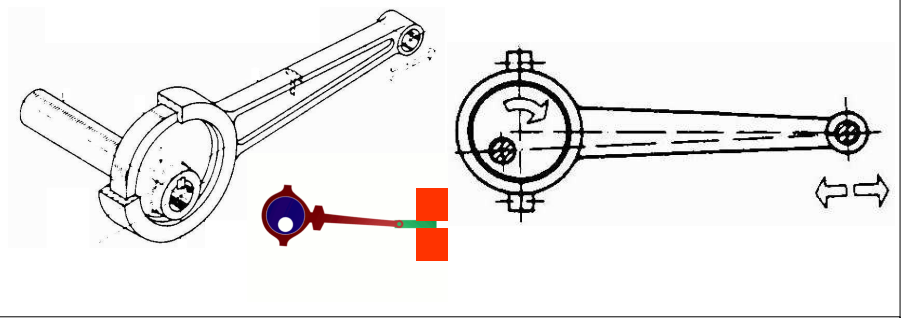
1.2.12

Biela-manivela

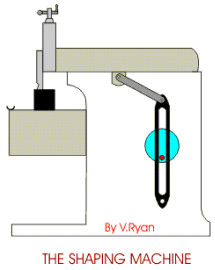
e

Excêntrico

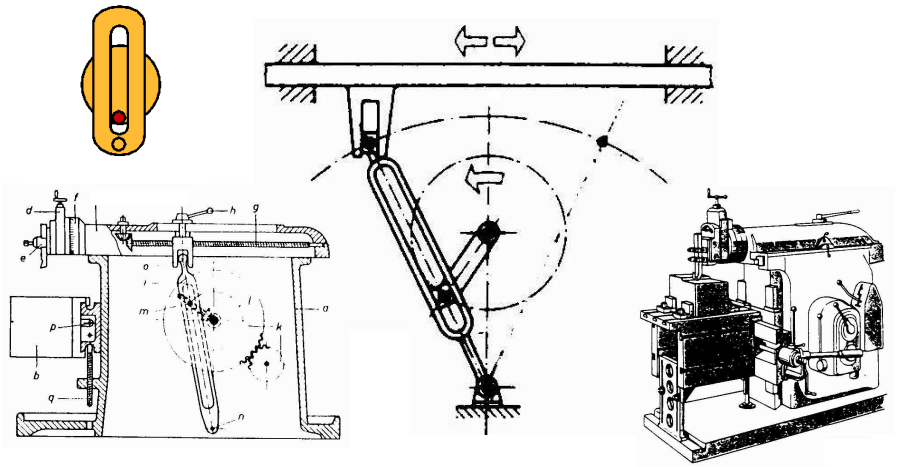




1.2.13



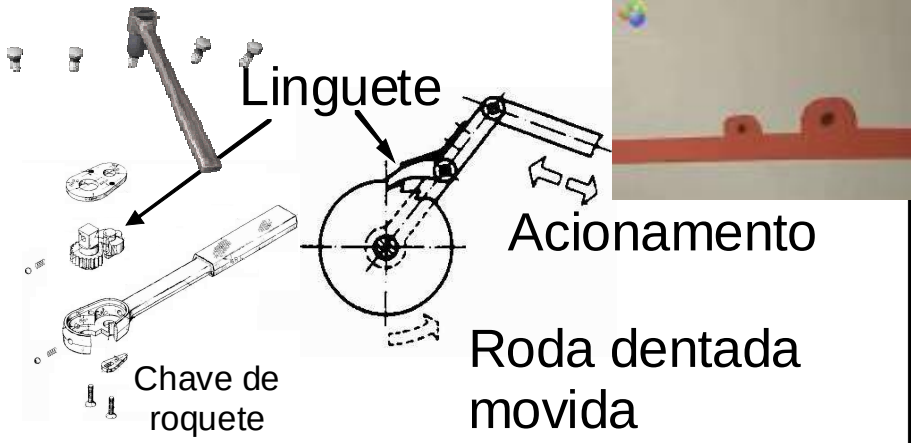
Biela oscilante de corrediça (ou alavanca de comando de corrediça)



Ex. mecanismo de retorno rápido utilizado no limador

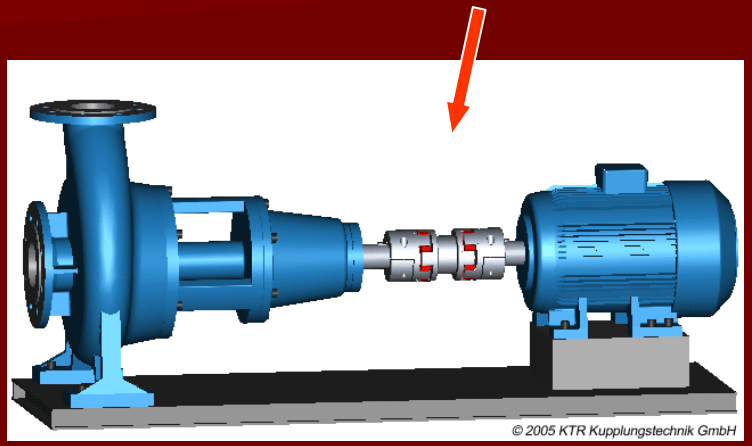
1.2.14

Mecanismo de roquete com linguete



1.2 Órgãos mecânicos de transmissão de movimento

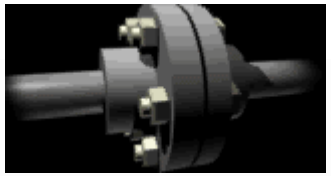
1.2.1 - Uniões de veios ("Couplings")

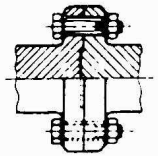


Este tipo de órgãos permite a união ("coupling") de veios coaxiais ou complanares (ex.: ligação entre as máquinas motrizes e os sistemas de produção.

1.2.1.1 - Uniões rígidas

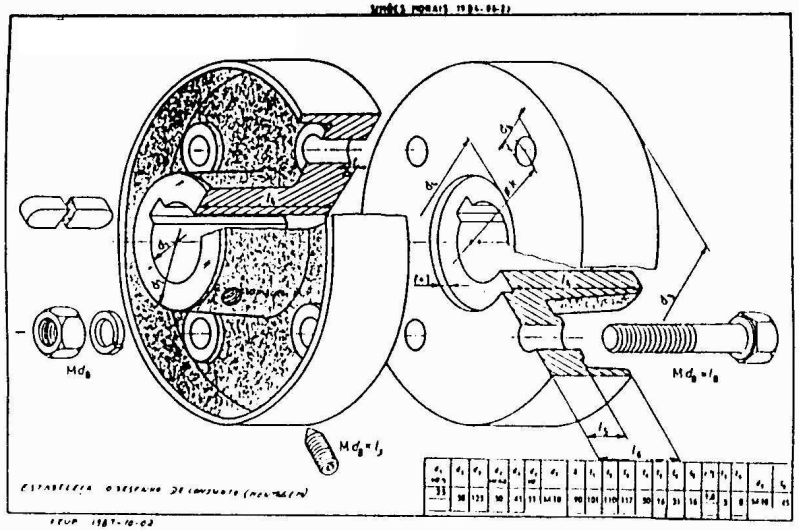
As uniões rígidas ("fixed couplings") ligam rigidamente dois veios, impedindo qualquer movimento relativo.

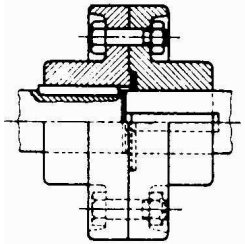


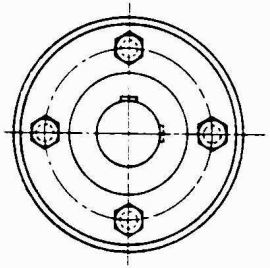




União de flanges



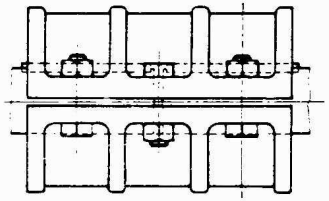


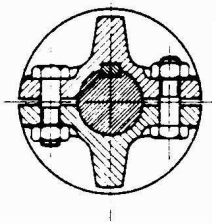


União de pratos

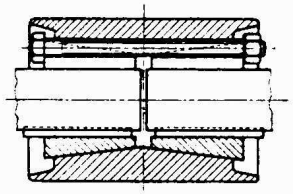


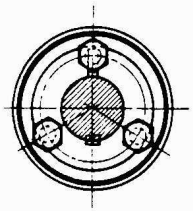
União de pratos





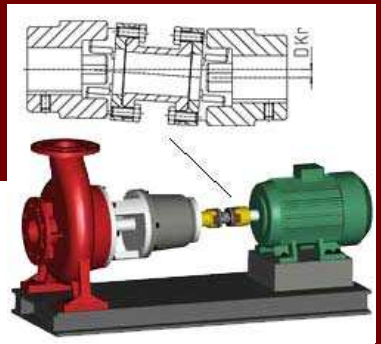






União cilíndrica

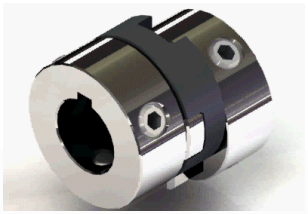
União de manga

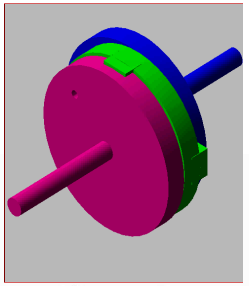


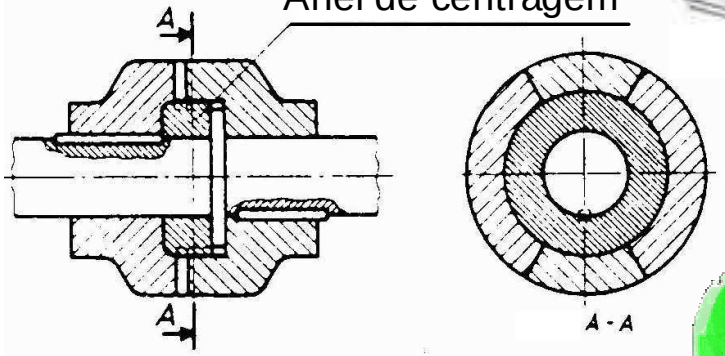
1.2.1.2 - Uniões compensadoras

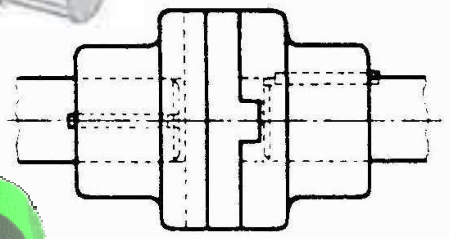
As uniões compensadoras (ou móveis) ("compensating couplings") garantem uma ligação permanente mas não invariável, permitindo, dentro de certos limites, deslocamentos relativos dos veios. Em função do tipo de deslocamentos permitidos, estas uniões podem ser: **axiais, laterais e angulares.**









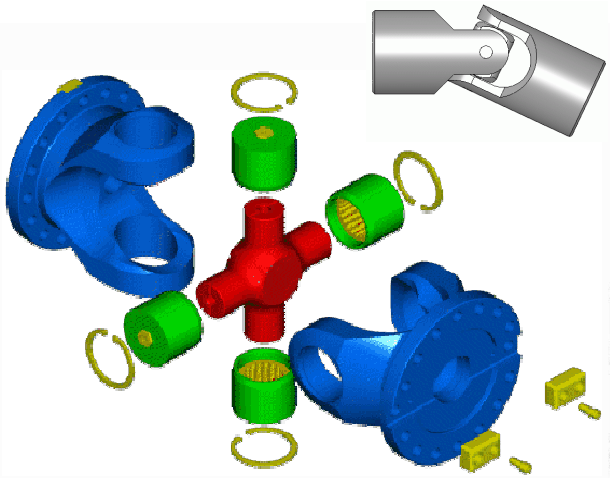






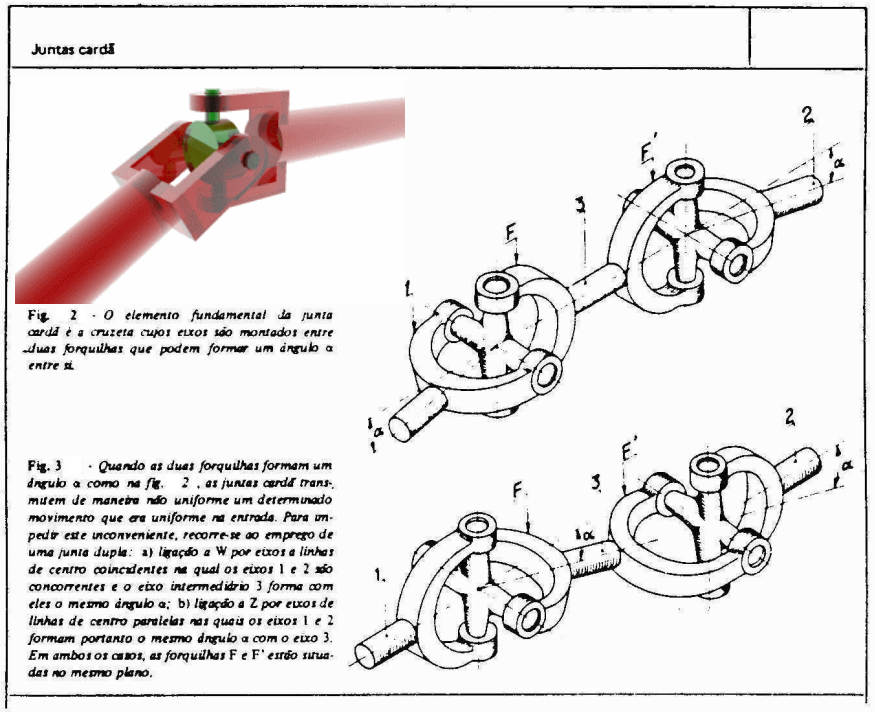
União axial

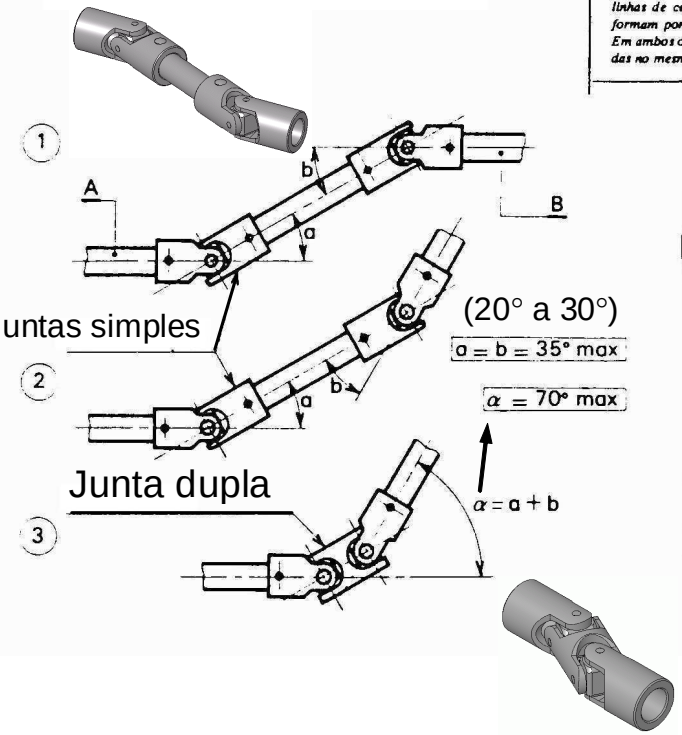
União lateral (união *Oldham*)

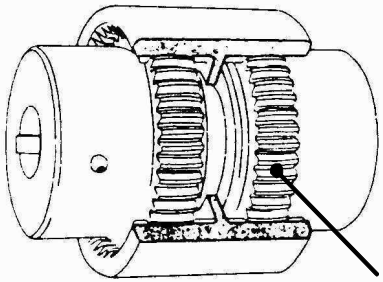


União simples (para acionamento manual)

União angular (união *Cardan*)

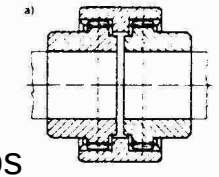


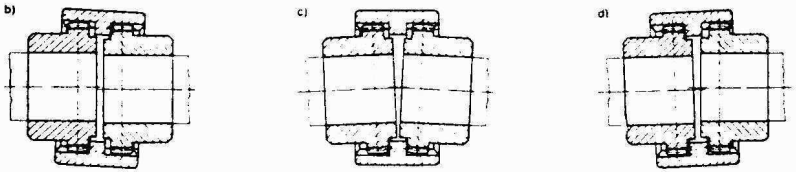




Permitem compensar deslocamentos axiais, laterais e angulares dos veios

Dentes bombeados







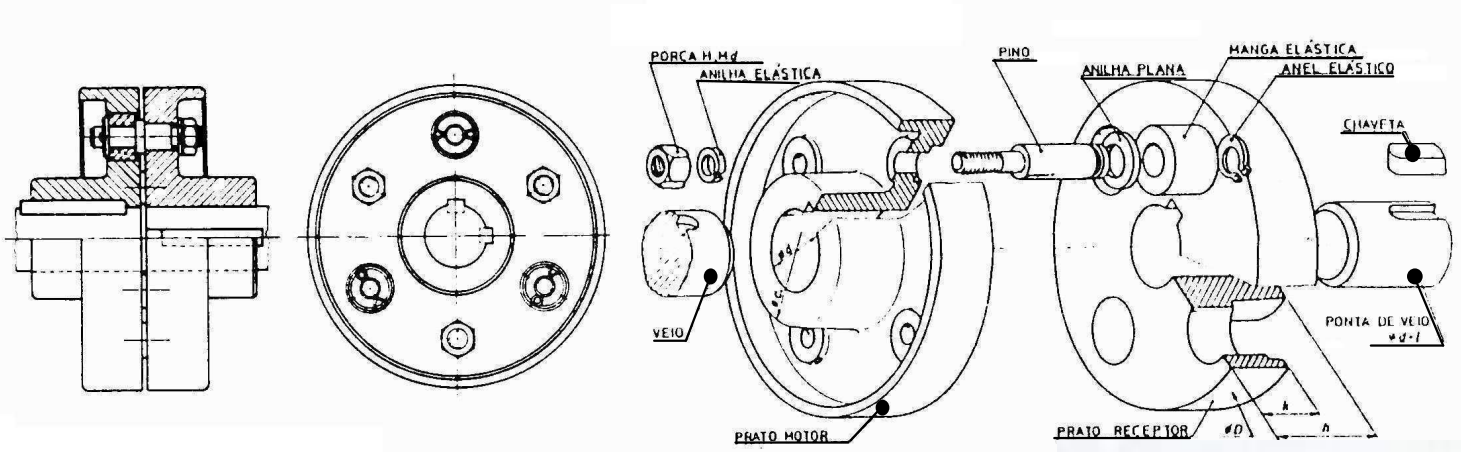
União compensadora de dentes

1.2.1.3 - Uniões elásticas

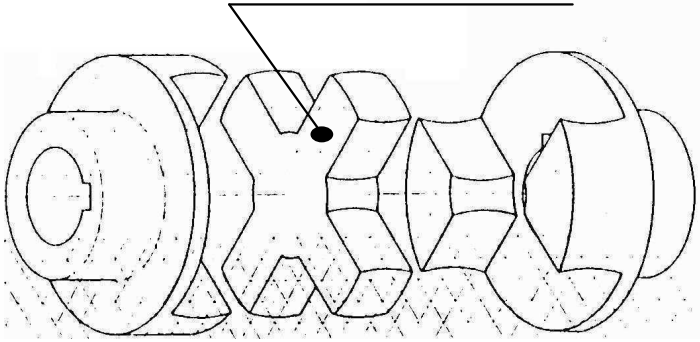


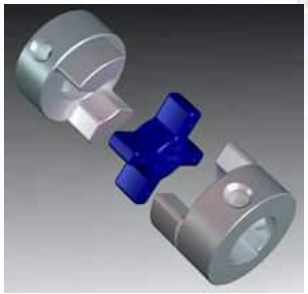
As uniões elásticas ("elastic couplings") garantem a possibilidade dos veios sofrerem deslocamentos relativos muito pequenos. Por outro lado, podem compensar irregularidades no binário transmitido e absorver esforços dinâmicos, devido à sua capacidade de amortecimento.

União elástica de pinos



Elemento elástico

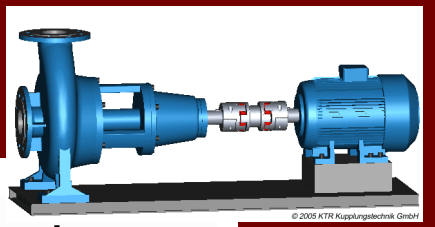






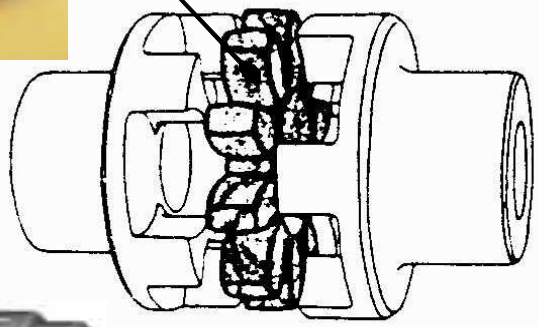
União flexível de cruzeta

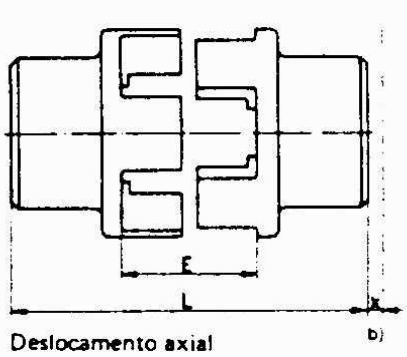
Órgãos mecânicos para a transmissão de movimento



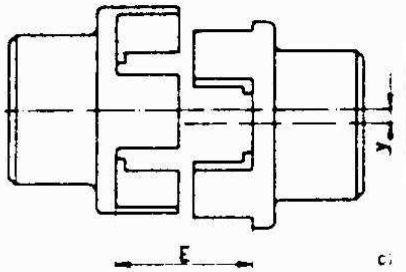


Elemento elástico

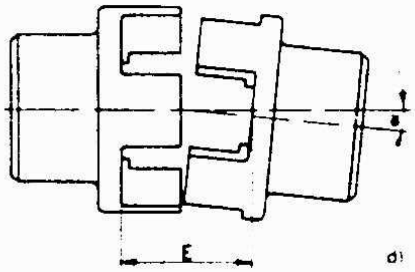




Deslocamento axial



Deslocamento radial



Deslocamento angular



União ROTEX

As três partes que compõem a articulação em metais **ROTEX** *são: as duas semi-articulações e o elemento elástico em forma de roda dentada que é interposto entre estes. A junta* ROTEX *permite, como todas as articulações elásticas, deslocamentos axiais* (b), *radiais* (c) *e angulares* (d), *e transmite o movimento sem vibrações.*

GRANDEZAS		ARTICULAÇÕES menor	maior
E		16	85
máx. deslocamento axial	x	1,2	6,4
máx. deslocamento radial	y	0,4	2,2
máx. deslocamento angular	α	1° 30′	

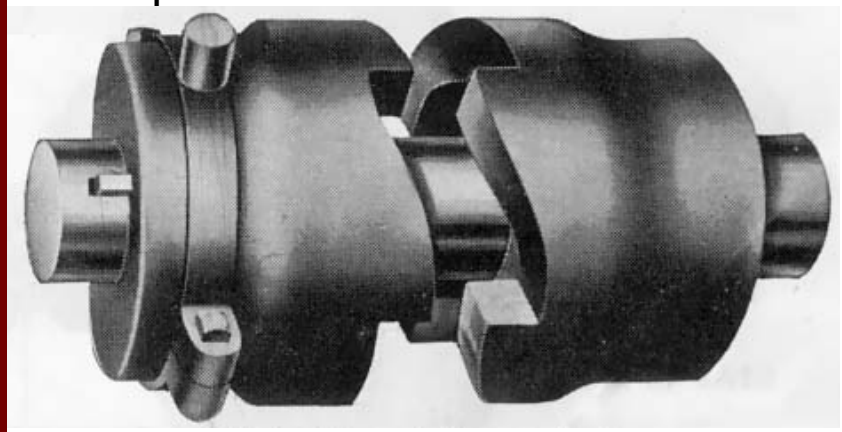
1.2.2 - Embraiagens ("clutches")

Órgãos mecânicos utilizados para ligar as extremidades de dois veios coaxiais. Essa ligação entre dois veios pode ser interrompida ou restabelecida de um modo fácil e repetido. As embraiagens podem ser classificadas em **comandáveis** e **automáticas**.

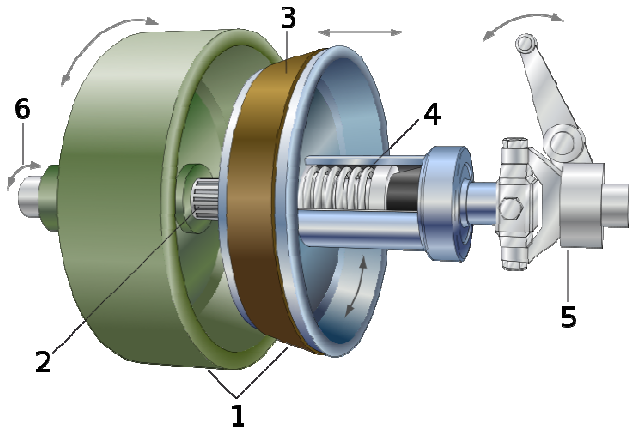
- Embraiagens comandáveis
  - de dentes
  - de atrito
  - hidráulicas
  - elétricas
- Embraiagens automáticas
  - de atrito, centrífugas
  - de roda livre
  - de escorregamento
  - (limitador de binário)



Exemplos:



a) embraiagem de dentes



b) embraiagem de atrito

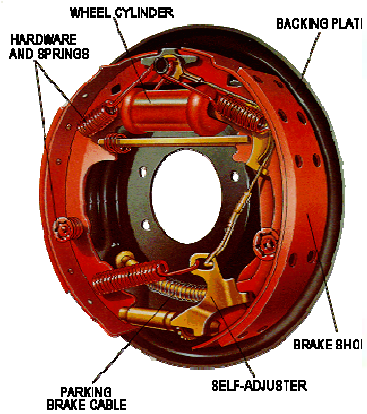
1.2.3 – Freios ("brakes")

Os freios (ou travões) são sistemas de absorção de potência em que a ação de frenagem (travagem) é realizada pela resistência de atrito entre um órgão rotativo (disco ou tambor) e um ou mais órgãos rígidos ou flexíveis, revestidos com materiais de atrito, que são comprimidos contra esse órgão rotativo.

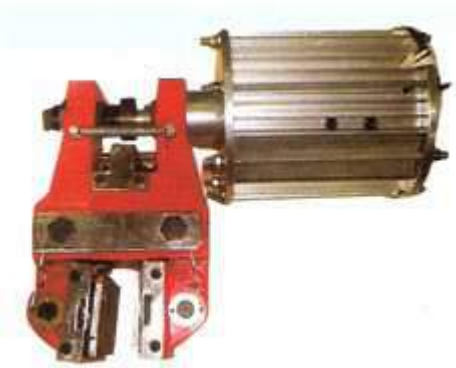
Exemplos:

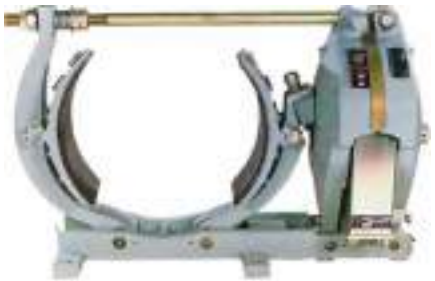


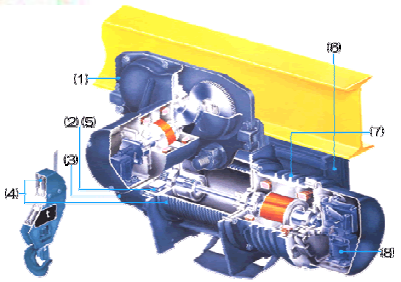


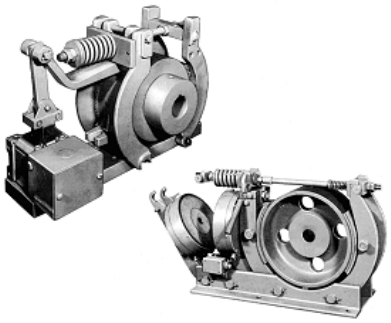








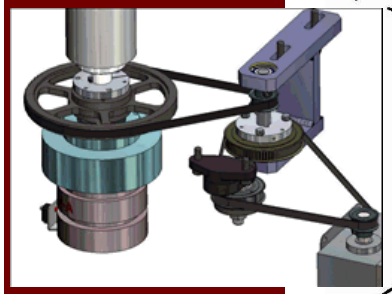


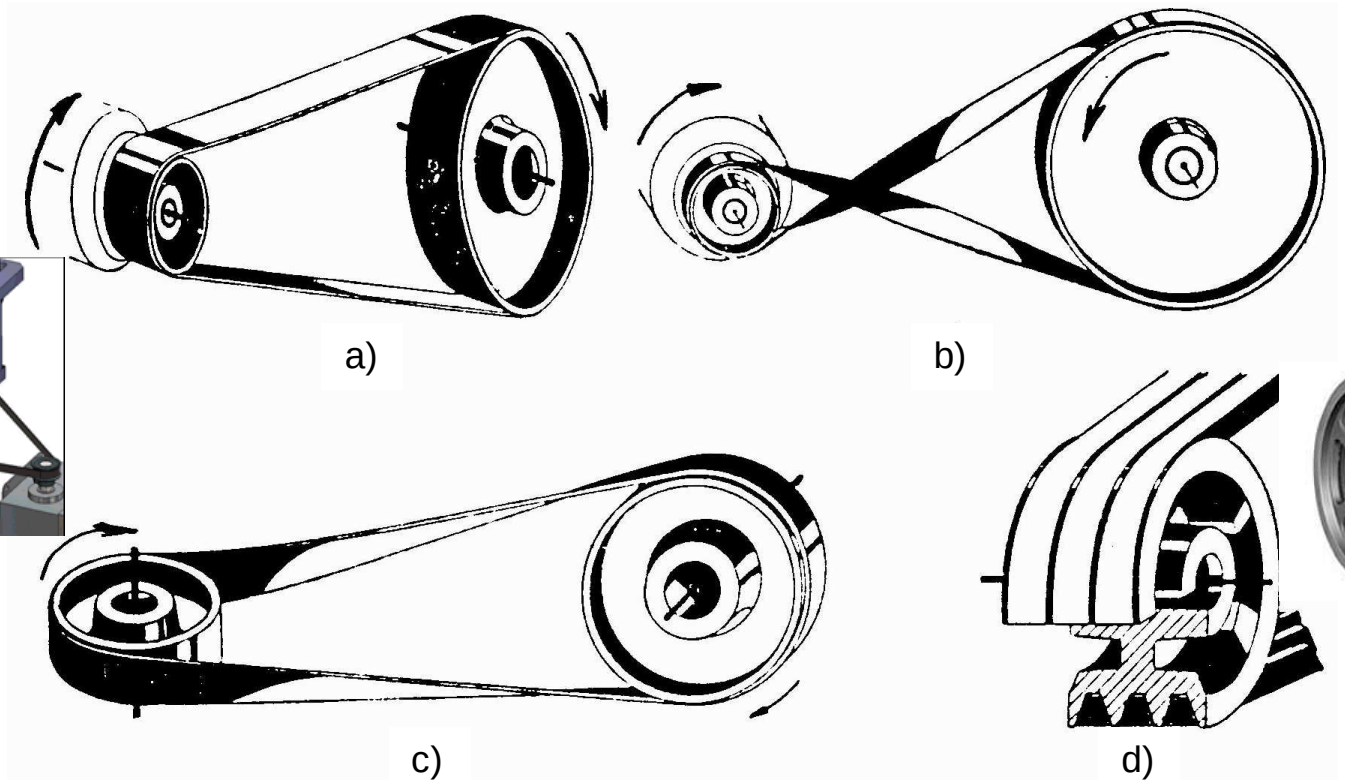


a) travões de disco; b) travões de tambor; c) freios industriais

1.2.4 - Transmissões por correias ("belt drives")

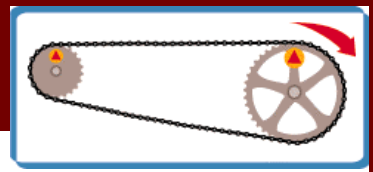
Transmissões de construção relativamente simples, com funcionamento silencioso e uma elasticidade que lhes confere uma capacidade considerável para absorver choques. Rendimento elevado (95 % a 98 %), mas com um escorregamento de 1 a 3 %, em transmissão de potência. O preço é reduzido, sendo económicas para grandes distâncias entre eixos.







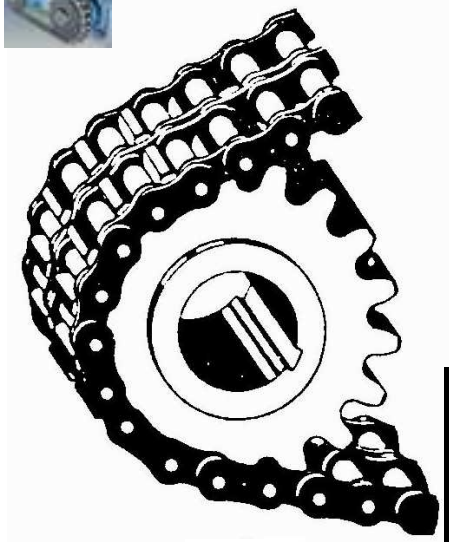
Transmissões por correias: a) aberta; b) cruzada; c) semicruzada; d) com correia trapezoidal (em V).

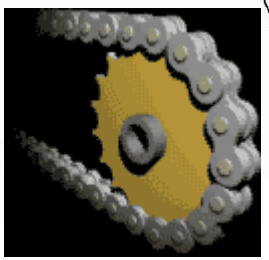


1.2.5 - Transmissões por correntes ("chain drives")

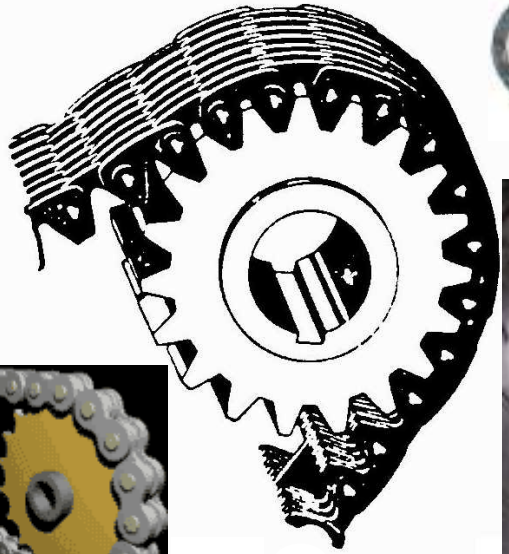
Entre veios paralelos relativamente distanciados, c/ razões de transmissão até *i* = 6:1 (10:1) e rendimentos de 97 % a 98 %, sem escorregamentos.







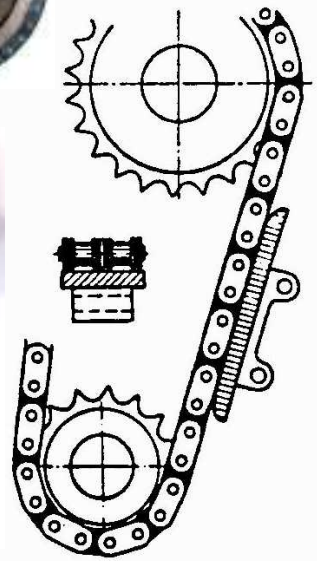
a)



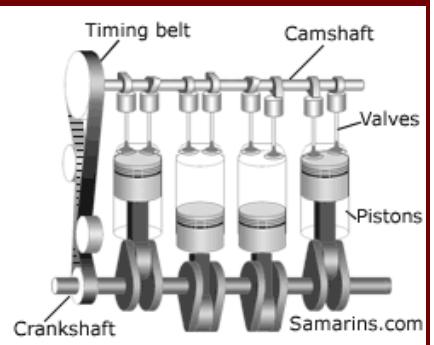
b)







Transmissões por correntes: a) com corrente de rolos; b) com corrente dentada.

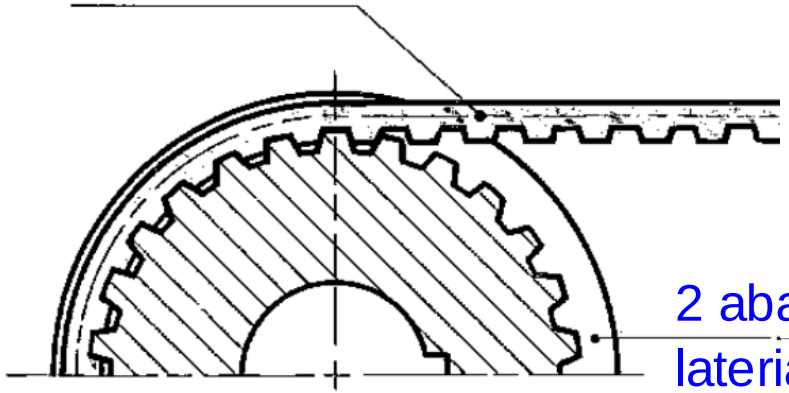


1.2.6 - Transmissões por correias dentadas

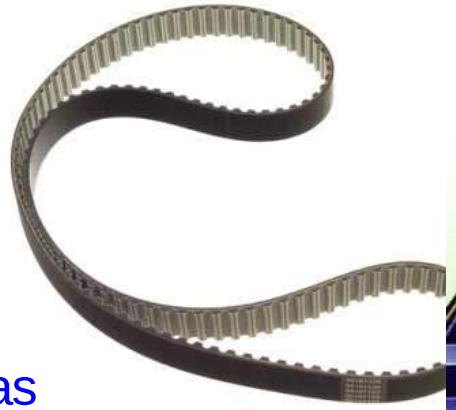
As correias dentadas (ou síncronas) ("timing belts") asseguram uma transmissão silenciosa e sem escorregamento. O limite máximo da sua velocidade de funcionamento é de 50 m/s. As correias são fabricadas em neoprene reforçado com fibras de vidro ou fios de aço.



Correia dentada



2 abas laterais

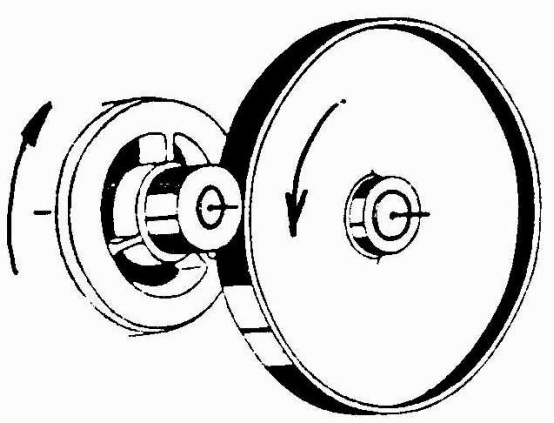




1.2.7 - Transmissões por rodas de atrito

Transmissões utilizadas entre veios paralelos, veios concorrentes ou veios não complanares, com razões de transmissão até i = 6:1 (10:1), com rendimentos de 95 % a 98 % e escorregamentos idênticos aos obtidos com transmissões por correias, mas, em contrapartida, as distâncias entre eixos são menores e o peso e o preço são menos competitivos.





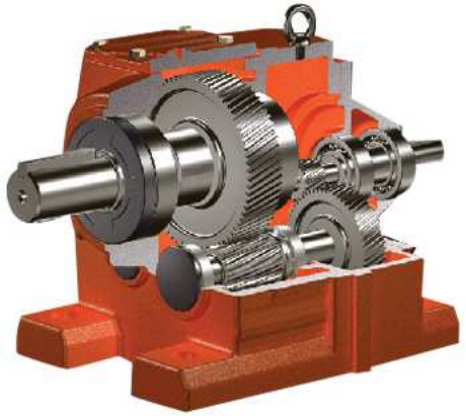


"Friction wheels"

1.2.8 - Transmissões por engrenagens

Mecanismos elementares formados por duas rodas dentadas

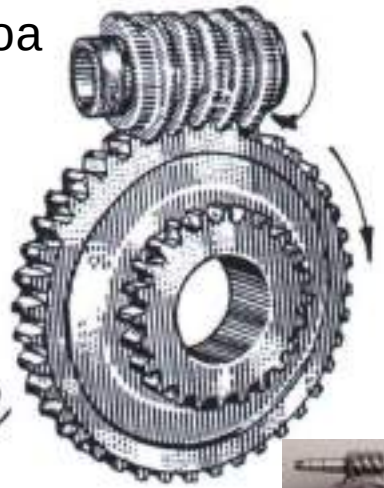




Parafuso sem-fim / Roda de coroa

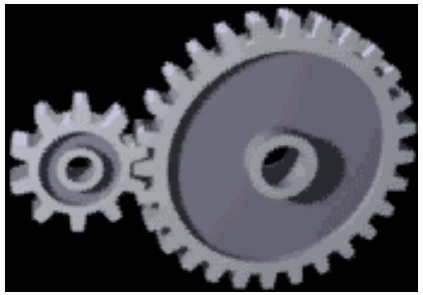




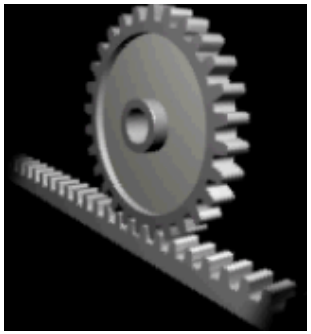




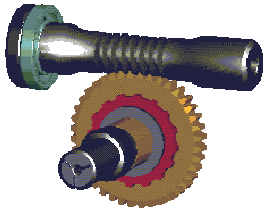
Rodas dentadas cónicas



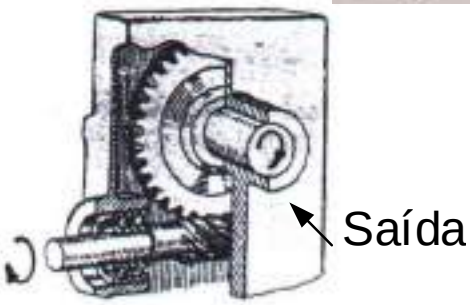
Pinhão
+ Roda dentada



Pinhão
+ Cremalheira



Entrada

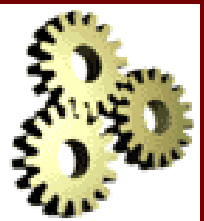


Saída

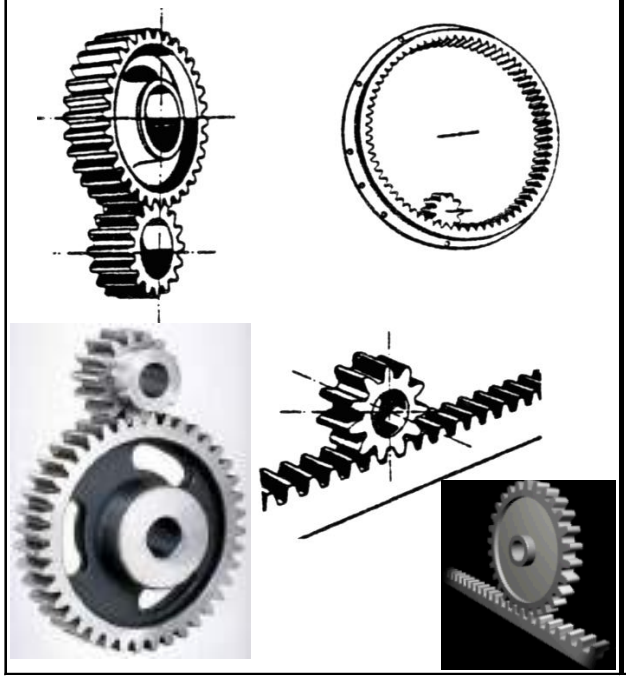
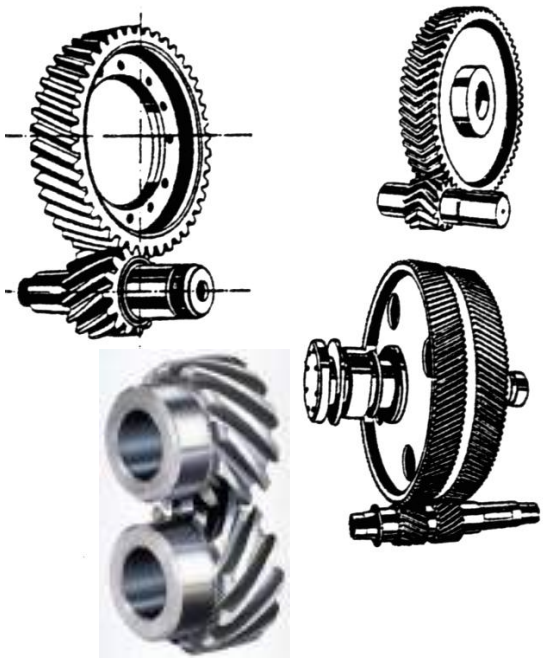
Redutor

"Gear transmissions"

Órgãos mecânicos para a transmissão de movimento

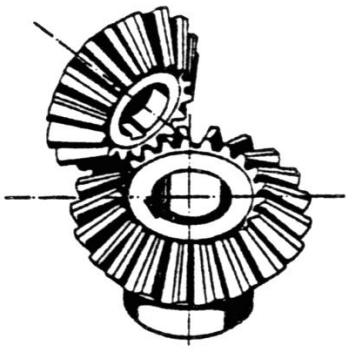
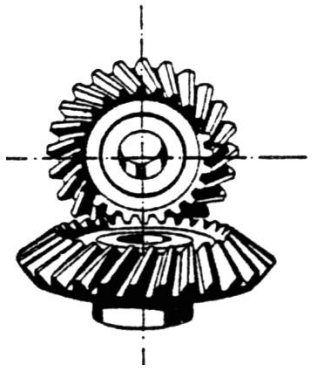
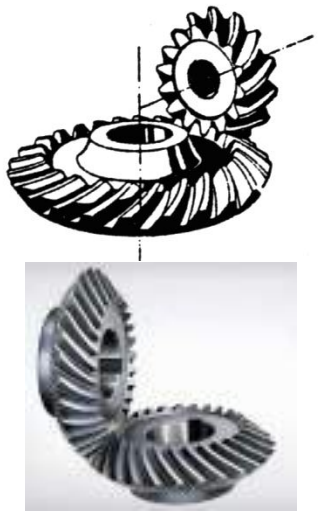


Quadro 1.2 - Diferentes tipos de engrenagens.

ENGRENAGENS PARALELAS OU CILÍNDRICAS (EIXOS PARALELOS)		
DENTADO RETO	DENTADO HELICOIDAL	OBSERVAÇÕES
		Para mecanismos com um ou mais andares de transmissão e com as seguintes características limites nominais: Razões de transmissão até 8:1 (10:1), por andar. Potências até 15 000 kW a 22 400 kW. Velocidades tangenciais no primitivo de funciona-mento até 150 a 200 m/s. O rendimento, por andar, situa-se entre 95 % e 99 % (98 %).



Quadro 1.2 (continuação) - Diferentes tipos de engrenagens.

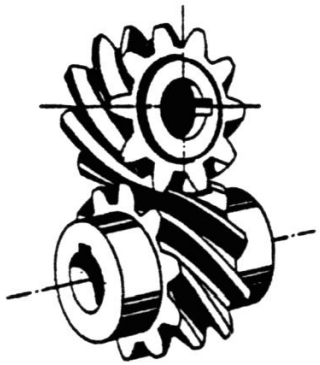
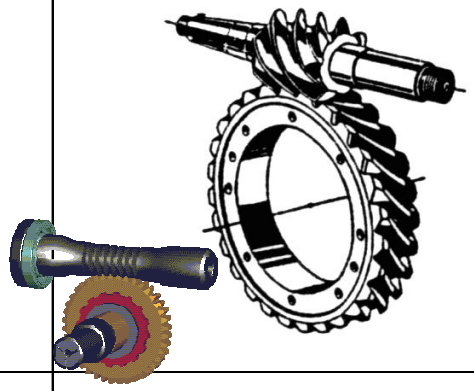
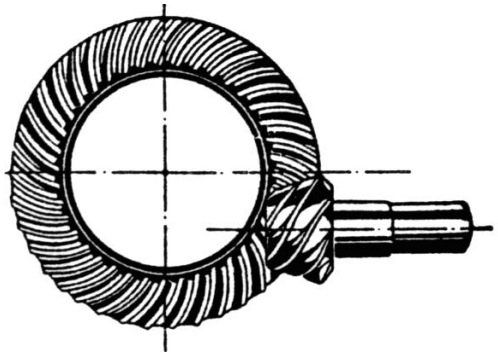
ENGRENAGENS CONCORRENTES OU CÓNICAS (EIXOS CONCORRENTES)			
DENTADO RETO	DENTADO INCLINADO	DENTADO ESPIRAL	OBSERVAÇÕES
			Para razões de transmissão até 6:1 (8:1). Potências até 370 (reto) a 740 kW (inclinado). Velocidades tangenciais no primitivo de funcion. até 50 a 75 (150) m/s. Para aumentar a capacidade de carga (até 3 700 kW) e o rendimento, diminuindo o ruído, utilizam-se dentes espirais. O rendimento é idêntico ao das engrenagens cilíndricas (97 % a 99 %).







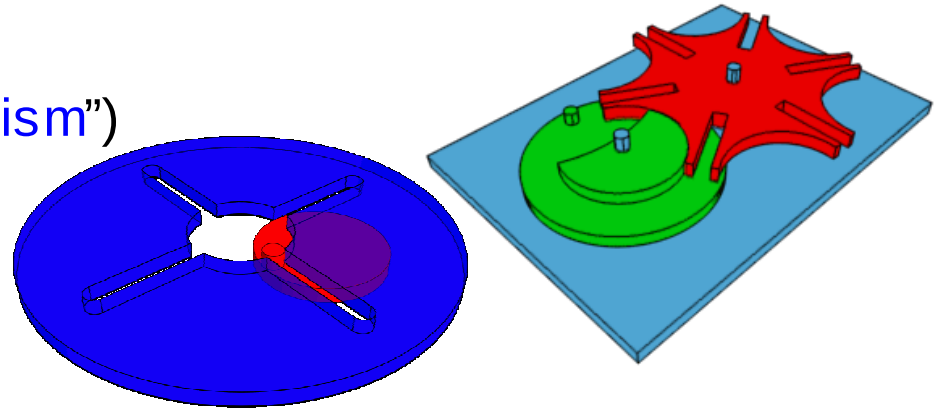
Quadro 1.2 (continuação) - Diferentes tipos de engrenagens.

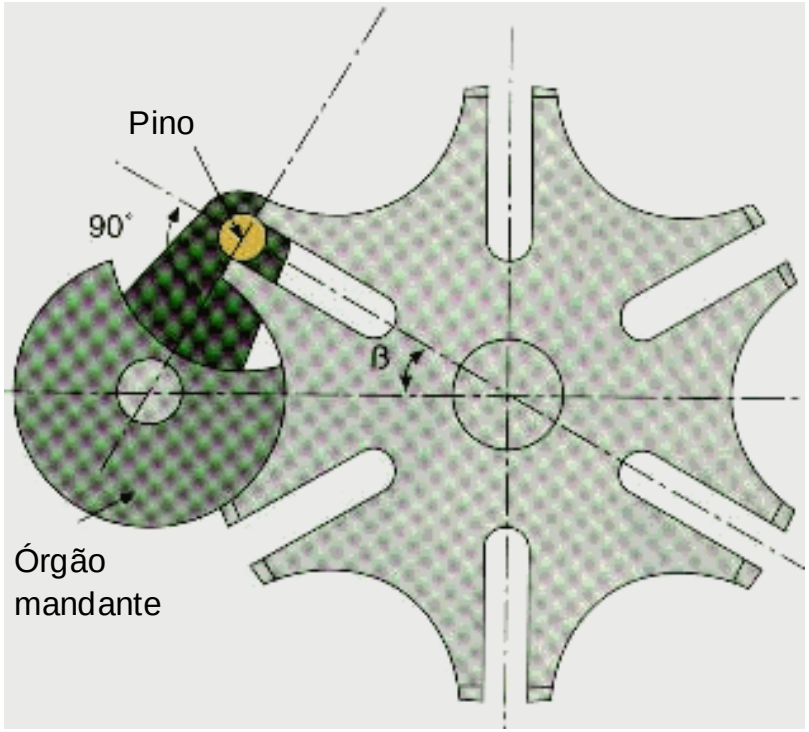
ENGRENAGENS ESQUERDAS (EIXOS NÃO COMPLANARES)		
DENTADO HELICOIDAL	PARAFUSO SEM-FIM / RODA DE COROA	DENTADO HIPÓIDE
		
OBSERVAÇÕES: Razões de transmissão até 5:1 e pequenos entre-eixos, mas também (20:1 a 100:1). Para a transmissão de baixas potências (até 75 kW), pois o contacto entre dentes inicial é do tipo pontual. Veloc. tangenciais no primitivo de funcionamento até 25 a 50 m/s. Os rendimentos aproximam-se dos registados nas engrenagens cilíndricas helicoidais (até 95 %).	Razões de transmissão de 10:1 até 60:1 (100:1). Potências até 560 a 750 kW. Velocidades tangenciais no primitivo de funcionamento até 60 a 70 m/s. O rendimento situa-se entre 45 % e 95 %, sendo superior para menores razões de transmissão. Baixos níveis de ruído e de vibrações.	Razões de transmissão até 10:1, (20:1 a 100:1), pois o número de dentes do pinhão pode descer até 5. Para pequenas distâncias entre eixos, com uma redução de ruído. Potências até 740 kW. Veloc. tang. no prim. de func. até 40 a 75 m/s. Rendimentos ligeiramente inferiores aos registados nas engrenagens cónicas, desde (60 %) até 85 % a 95 % e um aquecimento um pouco mais elevado.

1.2.9 – Cruz de Malta

("Geneva mechanism")

A transmissão de movimento faz-se entre um órgão mecânico animado de um movimento circular contínuo e um outro animado de um movimento circular intermitente e de sentido único. O órgão mandante possui também um segmento circular que bloqueia a posição do órgão mandado durante parte da rotação daquele.



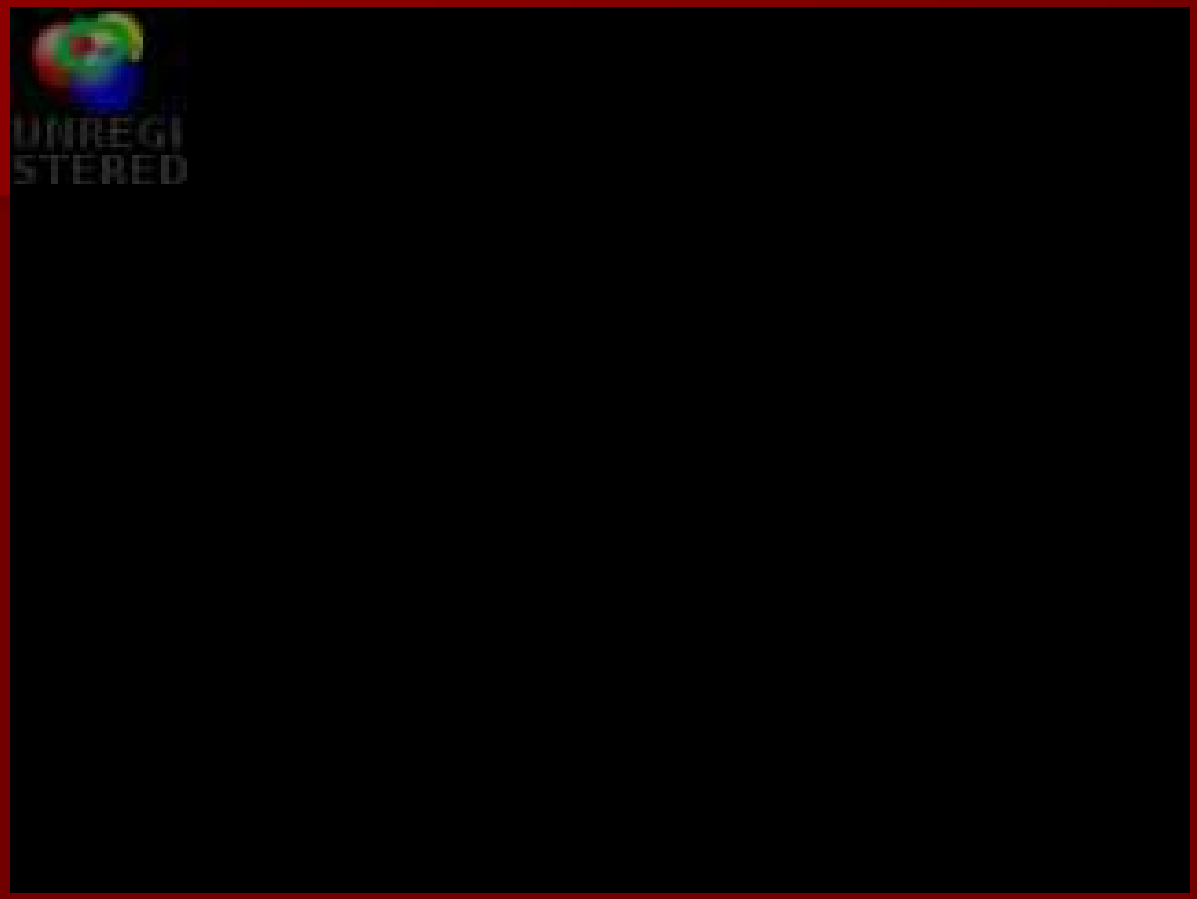


Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP

Órgãos mecânicos para a transmissão de movimento

Exemplos:

- Cruz de Malta (“Geneva mechanism”)
- Correntes de rolos
- Engrenagens cilíndrica e cónica

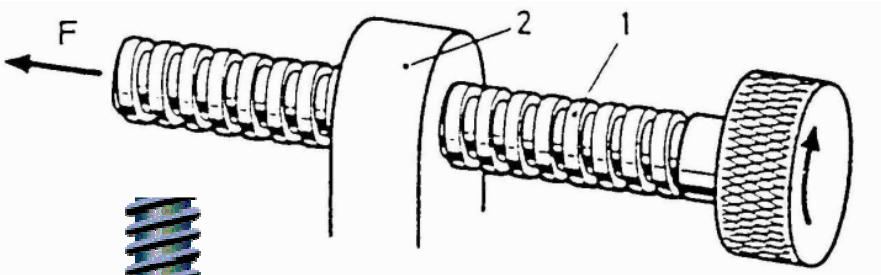


1.2.10 - Transmissões por parafuso de movimento (fuso) - porca ("Lead screw drive with a nut")

Permitem transformar, normalmente, um movimento de rotação do parafuso num movimento de translação da porca. Quando o movimento axial da porca dá origem a um movimento de rotação do parafuso, o parafuso diz-se reversível (menos frequente na prática).





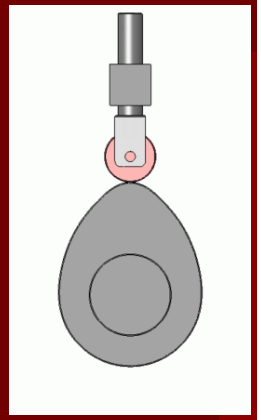


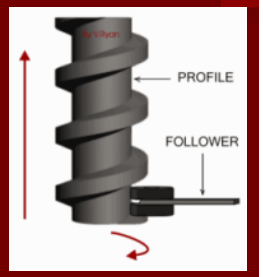
"Screw pair"

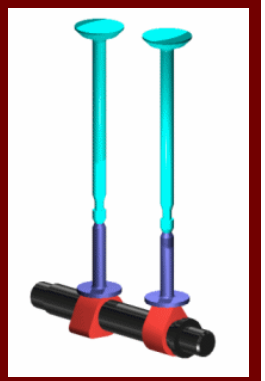
O parafuso como máquina. O parafuso (1) roda dentro da porca (2) e, como esta é fixa, o parafuso avança.

Aqui, ao contrário da figura anterior, o parafuso está preso axialmente e é a porca que avança.





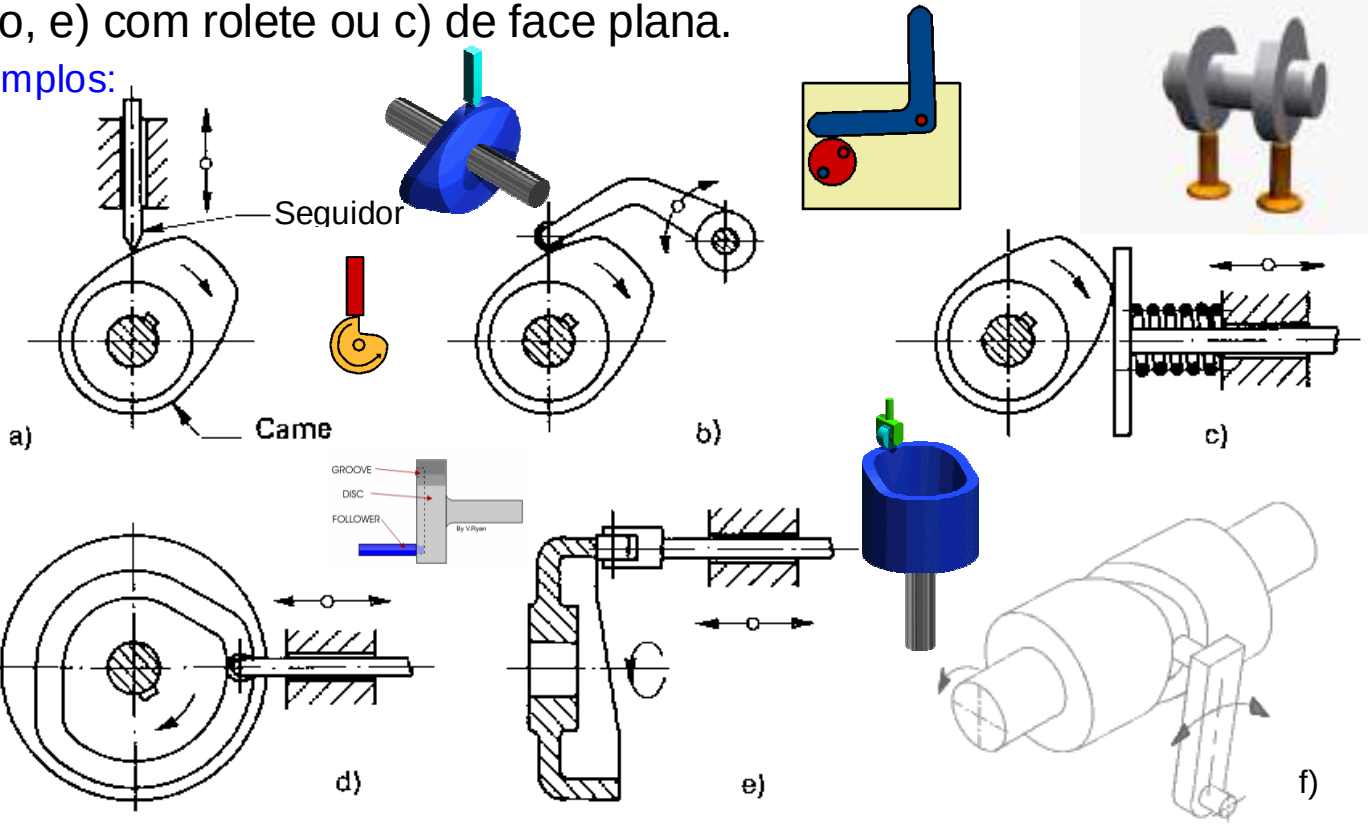


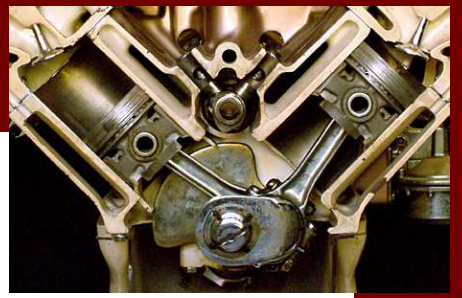


1.2.11 - Mecanismos de excêntricos (ou mecanismos de cames) ("Cam mechanisms")

Permitem transformar um movimento circular contínuo num movimento retilíneo ou circular alternado. As **cames** podem ser: a) do tipo plano (disco), d) com face ranhurada, e) frontal (axial) ou f) espaciais. Os **seguidores** (contra-cames) podem ser: a) do tipo pontiagudo, b) em arco, e) com rolete ou c) de face plana.

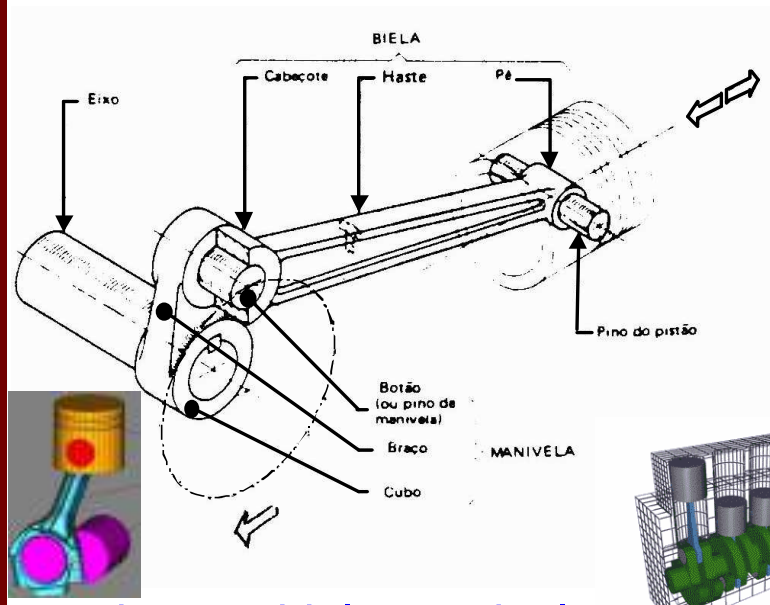
Exemplos:

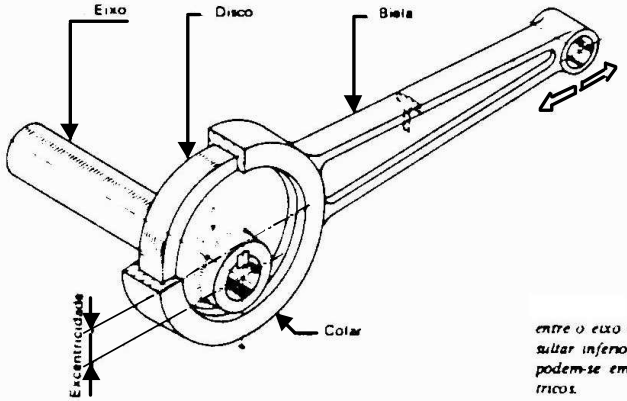




1.2.12 - Biela-manivela e excêntrico

Permitem a transformação de um movimento retilíneo alternado em movimento circular contínuo (ex.: motor de combustão interna) ou, inversamente, a transformação de um movimento circular contínuo em movimento retilíneo alternado (ex.. compressor de ar).







Em cursos curtos, o entre-eixo entre o eixo e o botão da manivela pode resultar inferior ao raio do eixo. Neste caso podem-se empregar discos ou eixos excêntricos.



Sistema biela-manivela

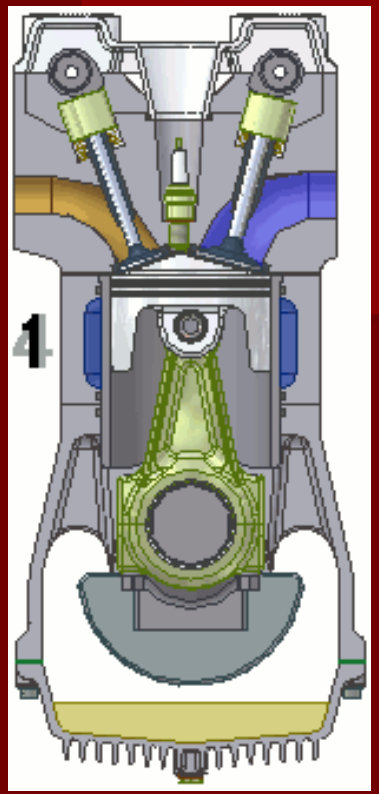
("Crank-connecting rod mechanism")

Sistema de excêntrico

("Eccentric mechanism")

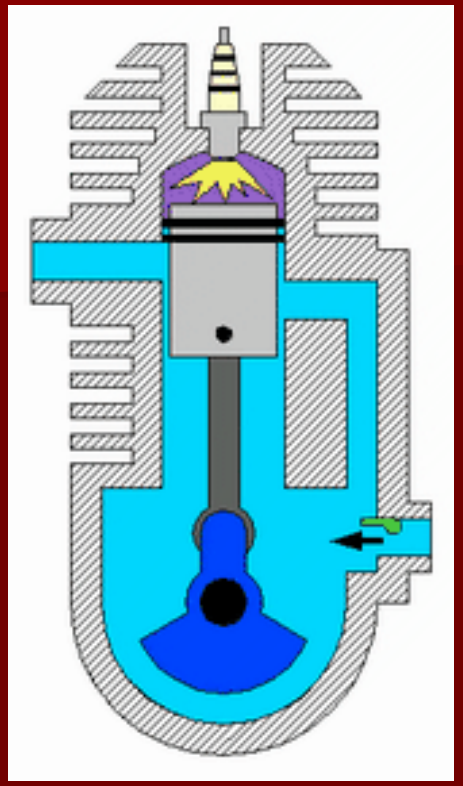
Órgãos mecânicos para a transmissão de movimento

Exemplos de aplicação:



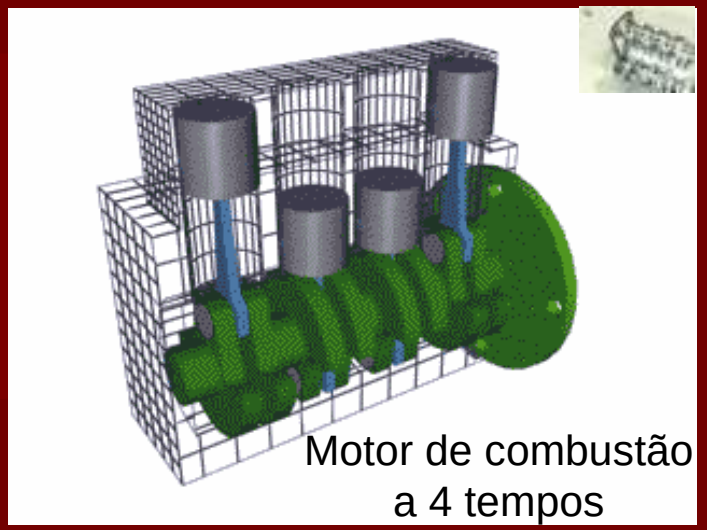
Motor de combustão a 4 tempos

1) Admissão; 2) Compressão;
3) Explosão; 4) Escape.

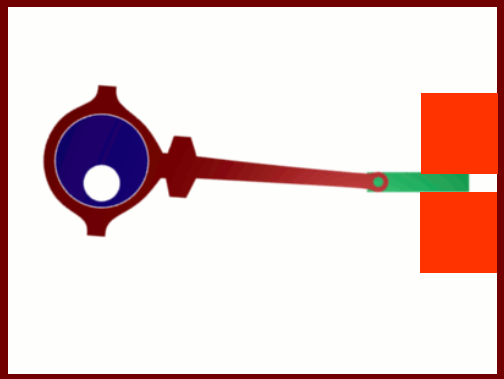


Motor de combustão a 2 tempos

1) Admissão e compressão
2) Explosão e escape



Motor de combustão a 4 tempos



Mecanismo de excêntrico

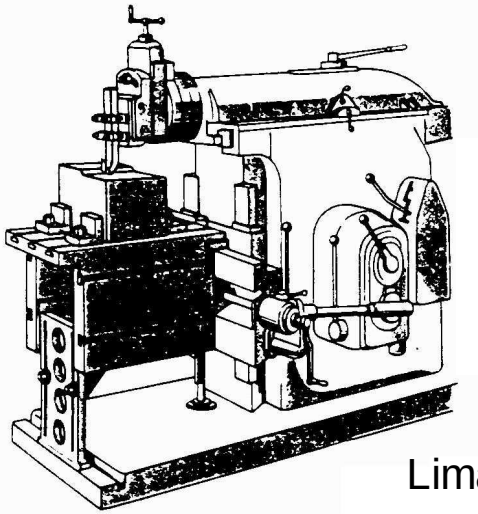
1.2.13 - Biela oscilante de corrediça

Sistema, também designado por corpo com ranhura de guiamento ou alavanca de comando da corrediça ("slotted link (slotted lever)"), utilizado, por exemplo, no mecanismo de retorno rápido do limador. O **recuo** da carruagem do limador (em vazio) processa-se mais rapidamente do que o seu **avanço** (em trabalho).

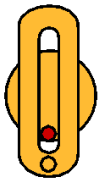


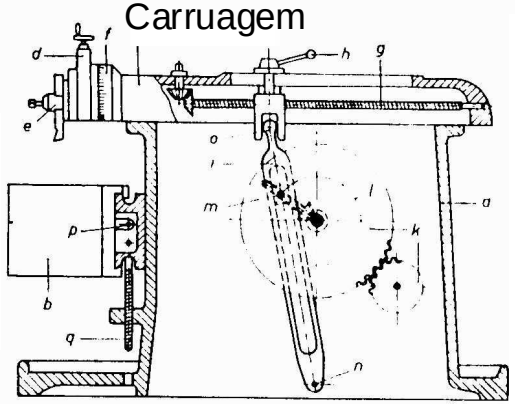


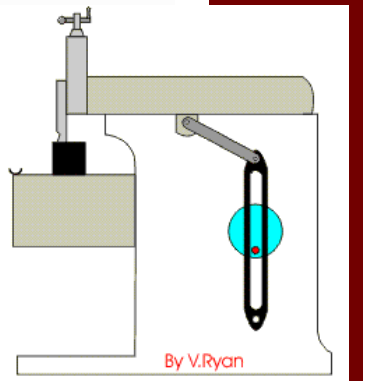




Limador

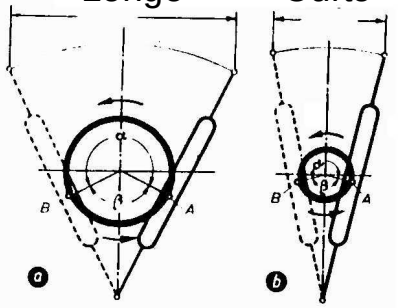


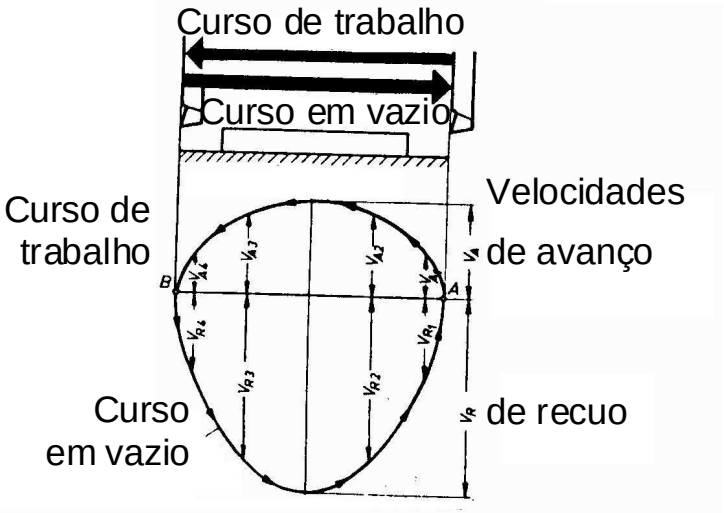




Cursos

Longo Curto



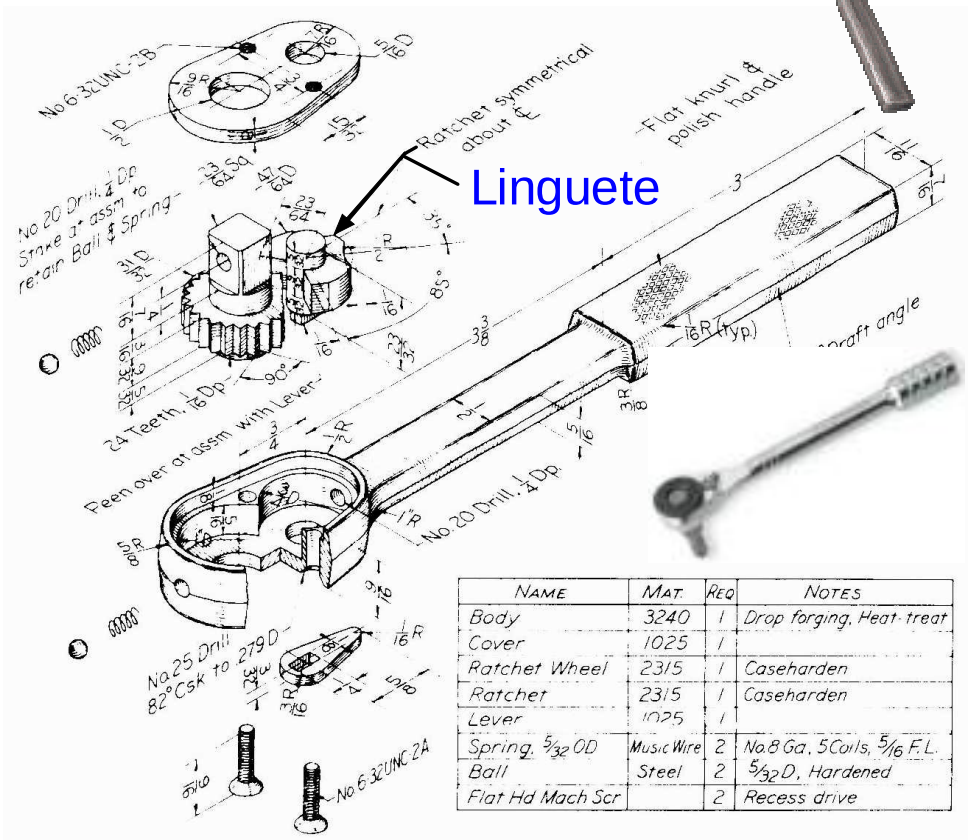




1.2.14 – Mecanismo de roquete com linguete

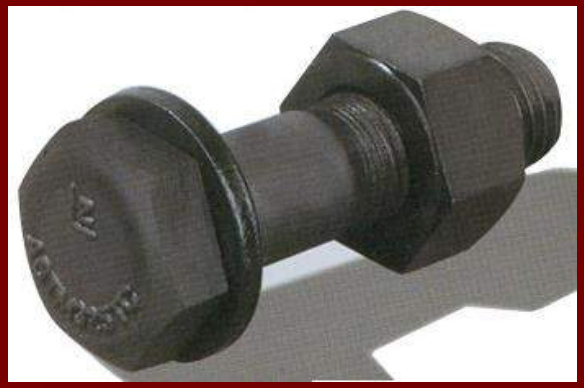
("Ratchet mechanism with pawl")

A transmissão de movimento faz-se entre um órgão mecânico animado de um movimento retilíneo alternado ou circular alternado e um outro animado de um movimento circular intermitente e de sentido único.



Name	Mat.	Req	Notes
Body	3240	1	Drop forging, Heat-treat
Cover	1025	1	
Ratchet Wheel	2315	1	Caseharden
Ratchet	2315	1	Caseharden
Lever	1025	1	
Spring, 5/32 OD	Music Wire	2	No 8 Ga, 5 Coils, 5/16 F.L.
Ball	Steel	2	5/32 D, Hardened
Flat Hd Mach Scr		2	Recess drive

Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP





Ligações com peças roscadas



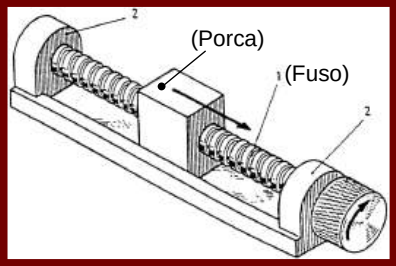
José António Almacinha

2 Ligações com peças roscadas

As peças roscadas podem ser utilizadas para:

- fixação, em ligações desmontáveis de duas ou mais peças;
- transmissão de movimento entre peças ou grupos de peças;
- vedação.







2.1 ROSCAS ("Screw threads")

Roscas – são ranhuras (ou relevos - **filetes da rosca**) superficiais, de secção constante, dispostas de forma helicoidal, praticadas:

em peças cilíndricas (ou por vezes cónicas) – rosca exterior ou rosca macho – ou

em peças com furos cilíndricos (ou excepcionalmente cónicos) – rosca interior ou rosca fêmea.

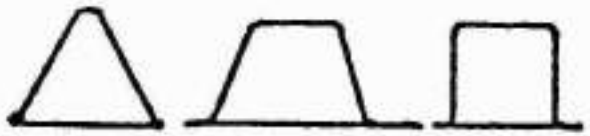


Figura 2.1 – Perfis dos filetes

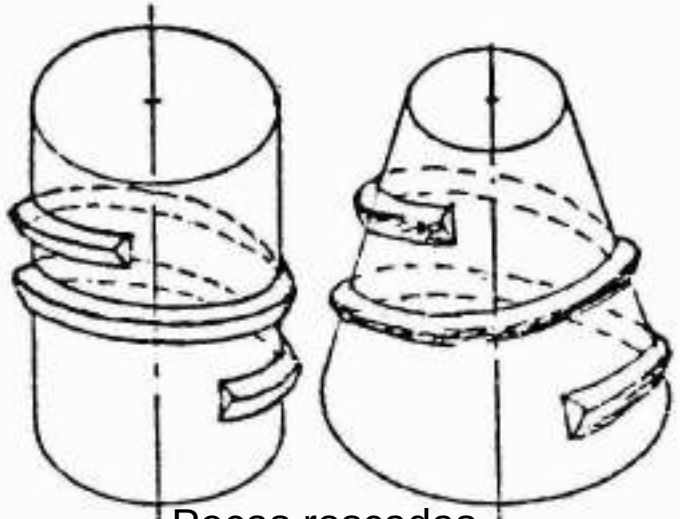


Fig. 2.2 - Filetes em hélice cilíndrica e em hélice cónica.

2.1.1 Características das hélices:

Diâmetro ***d*** da superfície cilíndrica (ou cónica, numa dada secção).

Passo helicoidal P_h é a distância entre dois pontos consecutivos da hélice, contidos numa mesma geratriz.

Ângulo de inclinação φ é o ângulo que a hélice faz, em qualquer dos seus pontos, com a perpendicular à geratriz que contém esse ponto.

Sentido do enrolamento da hélice que pode ser à direita ou à esquerda.

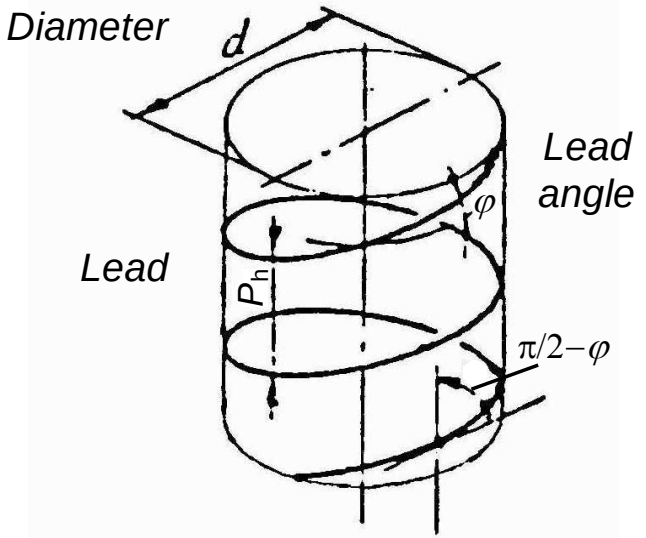
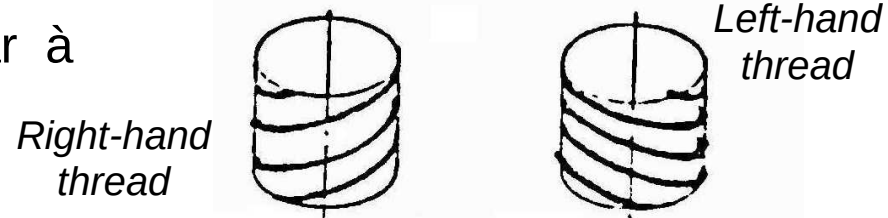


Fig. 2.3 - Características das hélices cilíndricas



Hél. direita Hél. esquerda

Fig. 2.4 - Sentido de enrolamento

2.1.1.1 Geração:

Combinação dos movimentos de rotação e de translação uniformes.

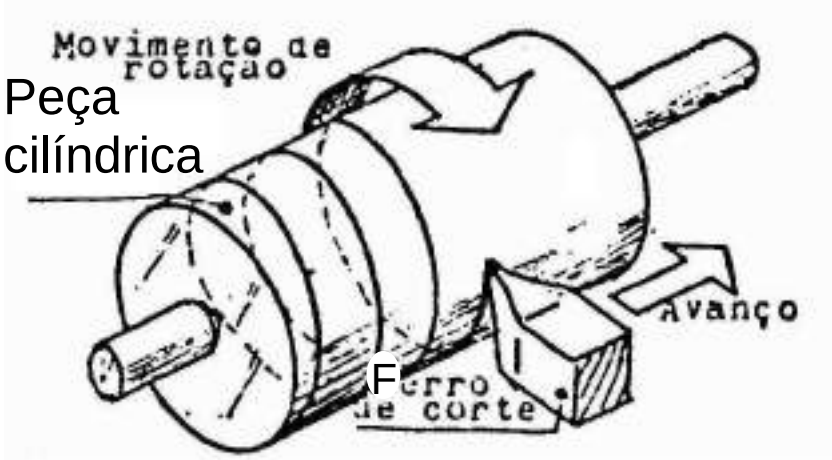


Fig. 2.5 – Geração de uma hélice

2.1.1.2 Desenho:

Uma hélice planificada transforma-se numa linha recta.

$$\tan \varphi = P_h / (\pi\, d)$$

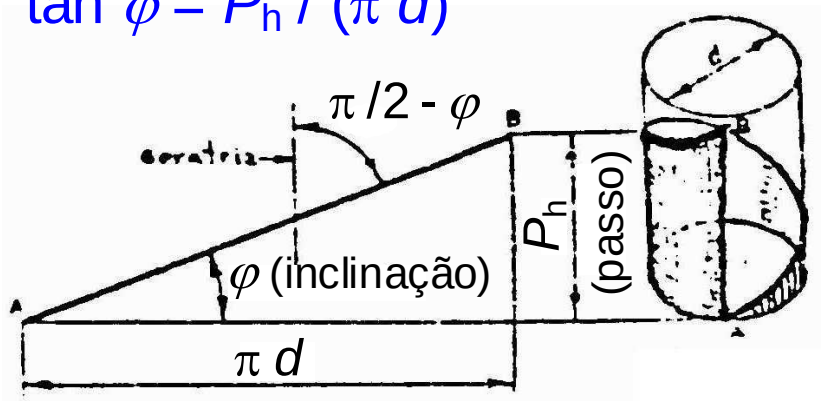


Fig. 2.6 – Planificação de uma hélice

2.1.1.3 Representações ortográfica e isométrica de hélices:

A projecção de uma hélice num plano paralelo ao seu eixo é uma **sinusóide**. A projecção de uma hélice num plano perpendicular ao seu eixo é uma **circunferência**.

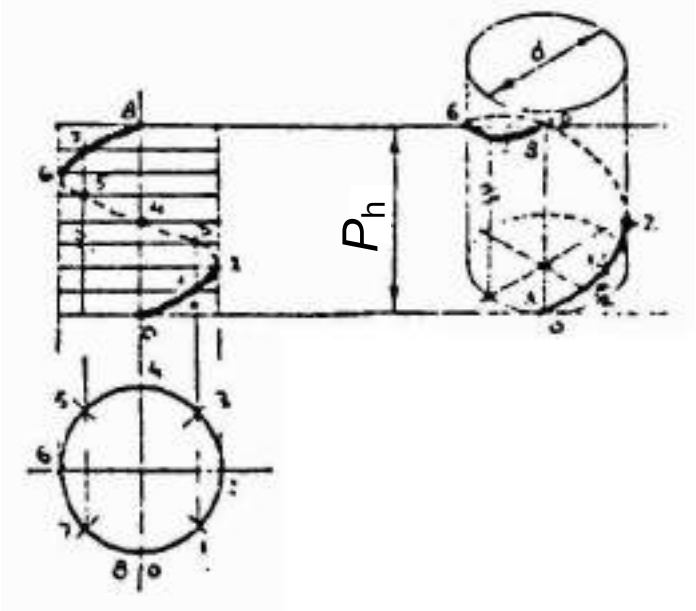


Fig. 2.7 – Hélice direita

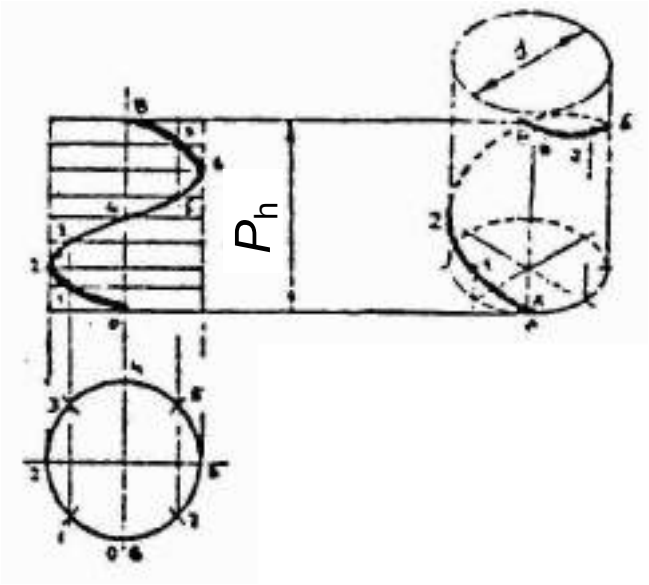


Fig. 2.8 – Hélice esquerda

Representação de um filete de perfil quadrado, traçando as projecções (sinusóides) das hélices correspondentes às arestas dos filetes.

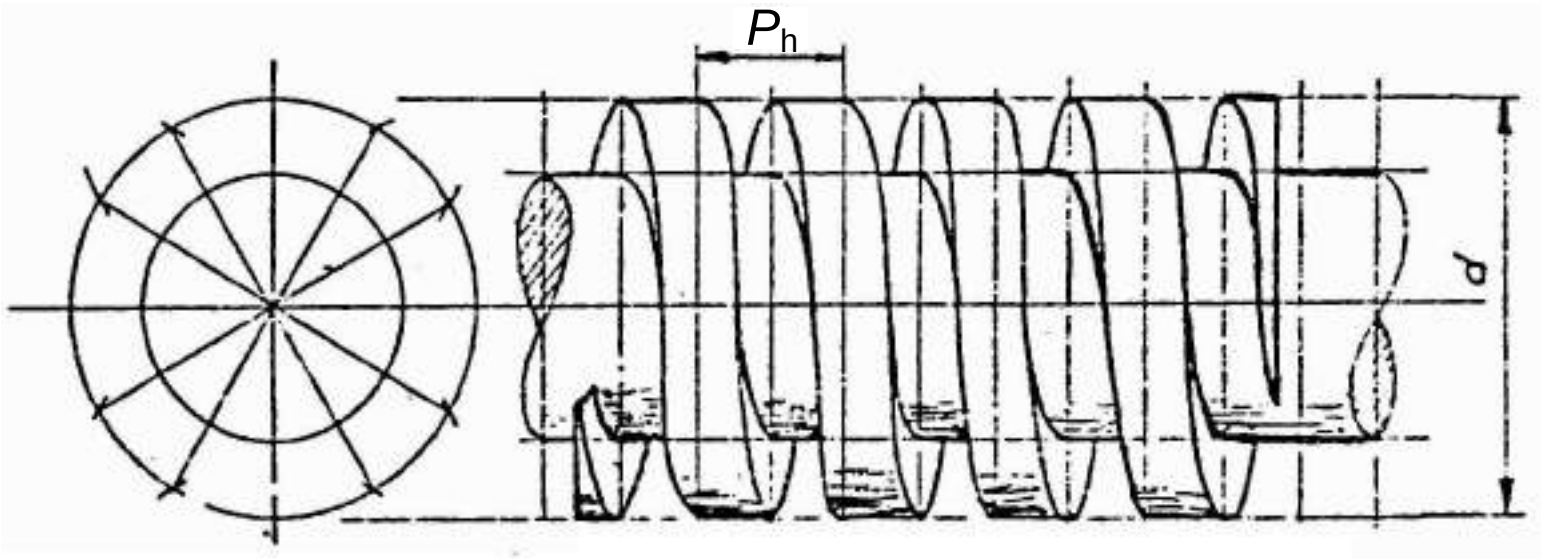
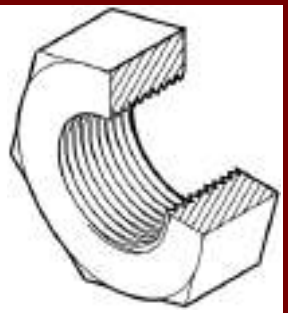


Fig. 2.9 – Traçado do filete de perfil quadrado de uma hélice à direita

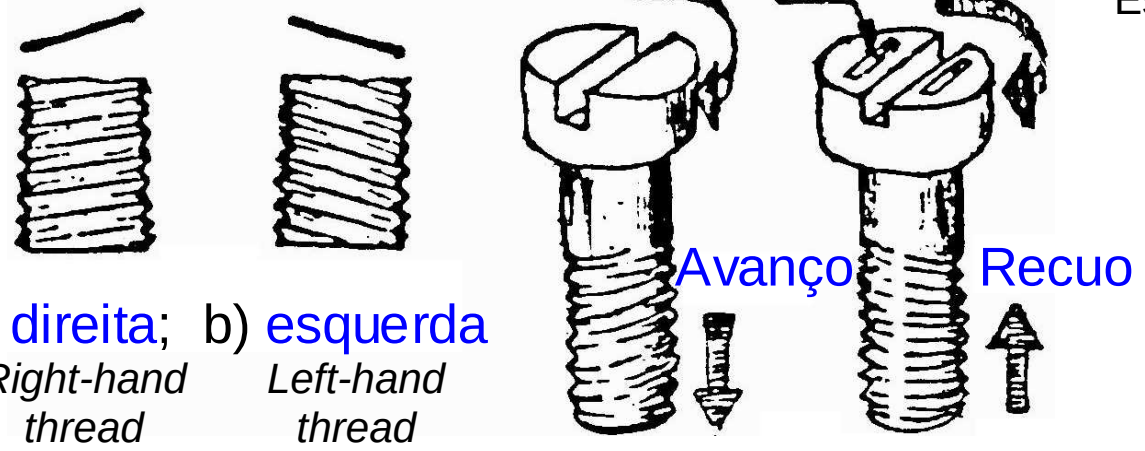
2.1.2 Roscas em geral



2.1.2.1 Rosca direita e rosca esquerda

A rosca é direita se os filetes descem da direita para a esquerda.

A rosca é esquerda se os filetes descem da esquerda para a direita.



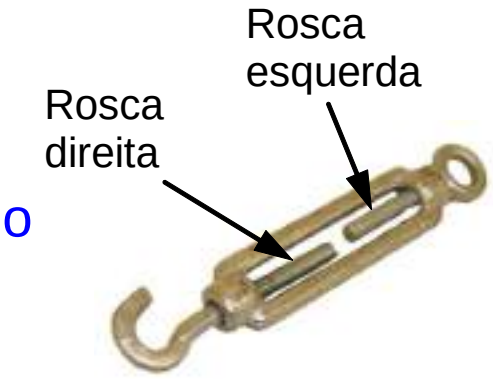
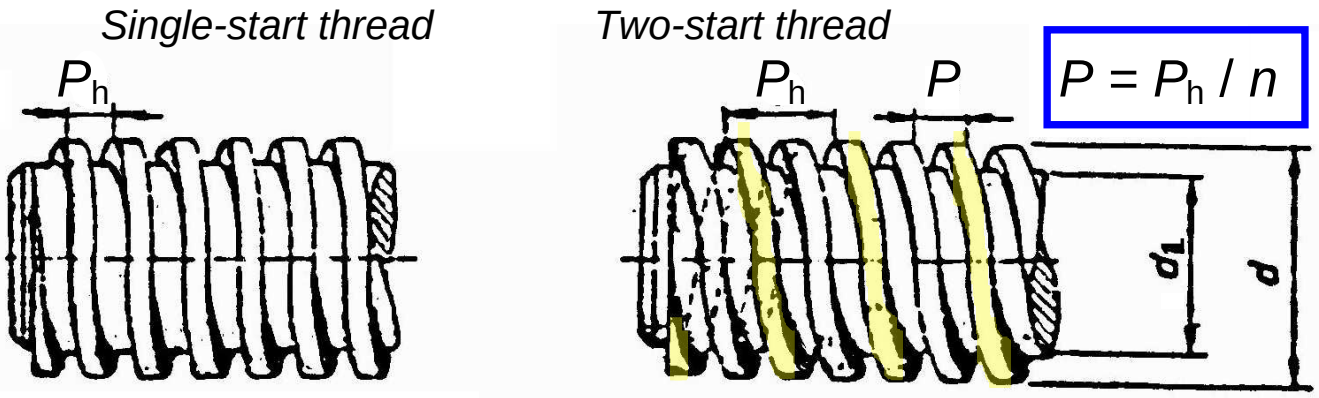


Fig. 2.10 – Roscas: a) direita; b) esquerda; c) exemplo de aplicação

2.1.2.2 Número de filetes e passos

A rosca mais comum é a **rosca simples** ou de uma entrada (filete), sendo utilizada, por exemplo, em elementos de fixação.

A **rosca múltipla** ou de várias entradas (filetes) – dupla, tripla, etc. – é utilizada, por exemplo, para a transmissão de movimento.

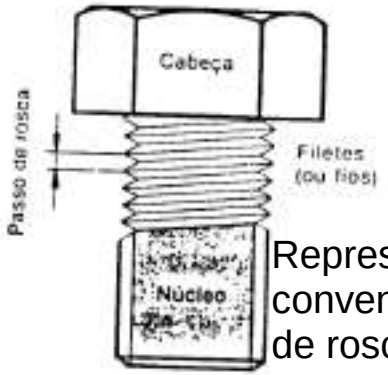


P_h – passo da rosca (ou helicoidal), em mm
L – passo da rosca, em polegadas (*inches*)
P – passo do perfil (*pitch*)
Nas roscas de uma entrada: $P_h = P$

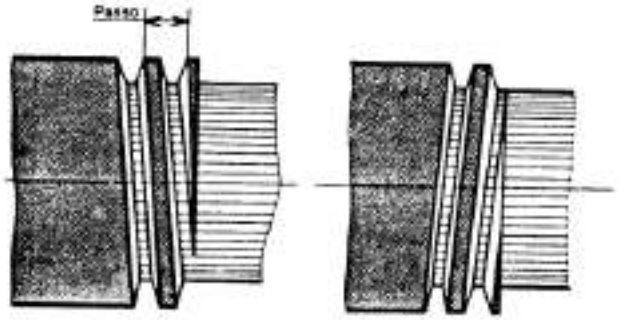
n – nº de entradas
d – diâmetro nominal
d_1 – diâmetro menor

a) Rosca simples (direita) b) Rosca dupla (2 entradas)

Fig. 2.11 – Número de filetes e passos

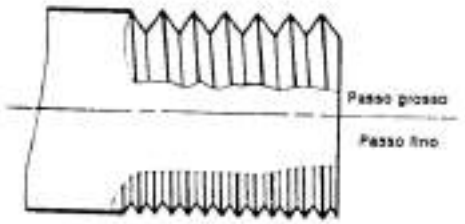


Representação convencional de roscas em desenho

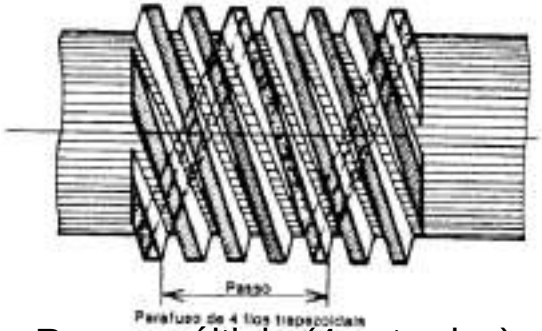


Hélice direita

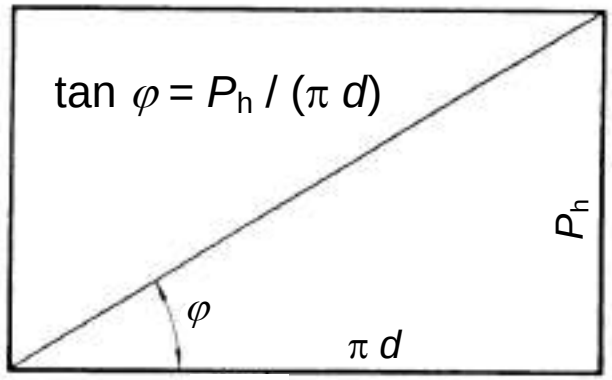
Hélice esquerda



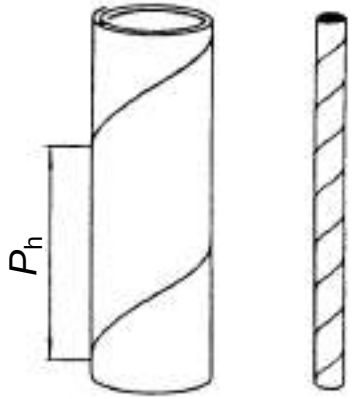
Passo grosso / passo fino



Rosca múltipla (4 entradas)



Planificação da hélice

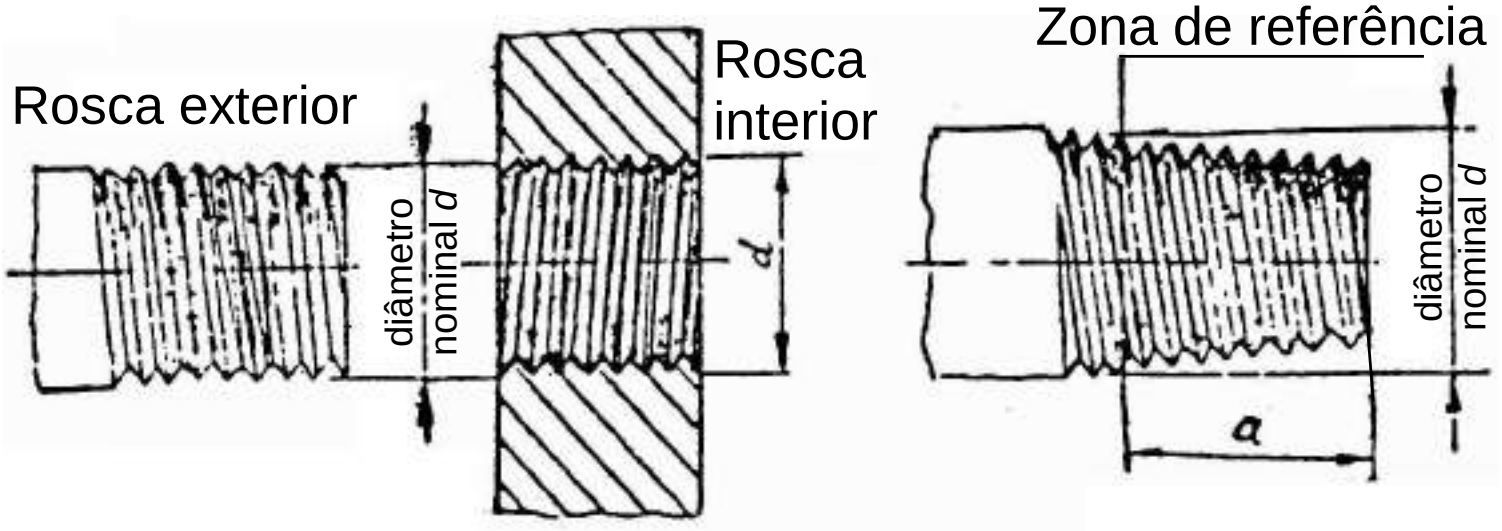


O passo é o avanço axial por volta

Passo grosso / passo fino

Fig. 2.12 - Exemplos de roscas com diferentes números de filetes e passos

2.1.2.3 Diâmetro nominal



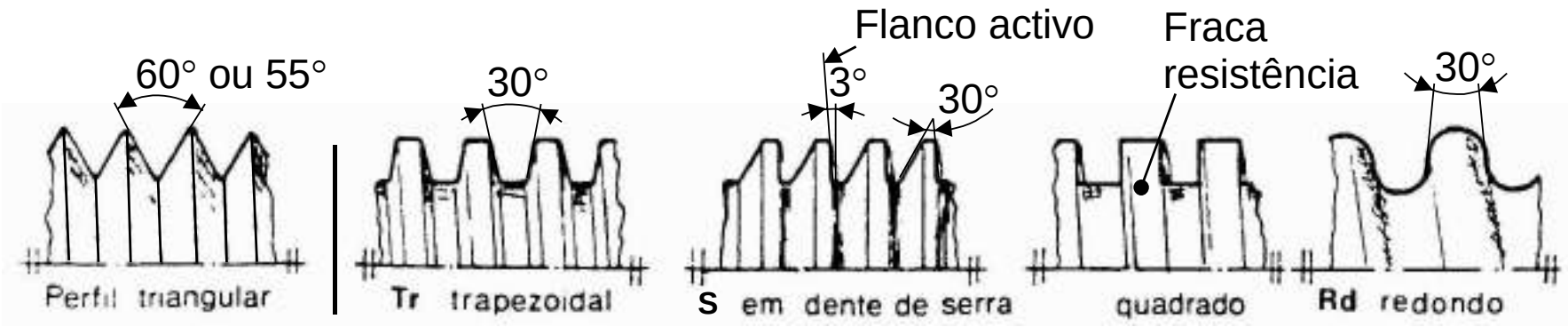
a) Roscas cilíndricas b) Rosca cónica exterior

Fig. 2.13 – Caracterização do diâmetro nominal

Rosca exterior { Cilíndrica / Cónica Rosca interior { Cilíndrica / Cónica (utilização excepcional)

2.1.2.4 Perfis dos filetes

O perfil da rosca é a linha que limita a secção da rosca considerada num plano que contém o eixo.



a) Fixação | b) Transmissão de movimento

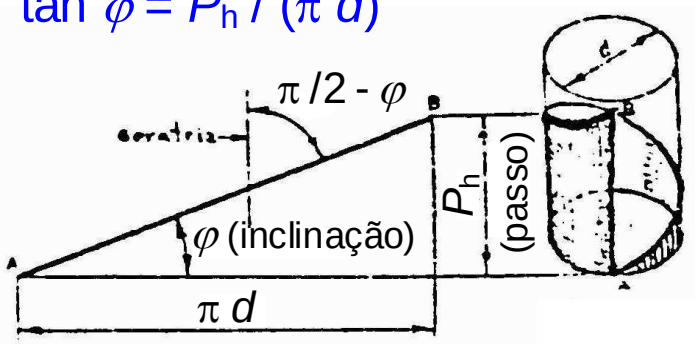
Fig. 2.14 – Tipos de perfil de rosca

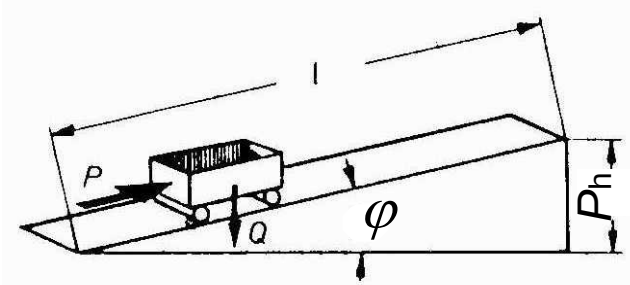
A **acção de aperto** da rosca baseia-se na consideração da **analogia da hélice planificada com o plano inclinado** que tem a forma fundamental de um **triângulo**.

Na prática, deve ter-se em conta as **perdas por atrito.**

No caso das roscas, estas perdas por atrito podem ser de ≈ **50 %.**

$\tan \varphi = P_h / (\pi\, d)$





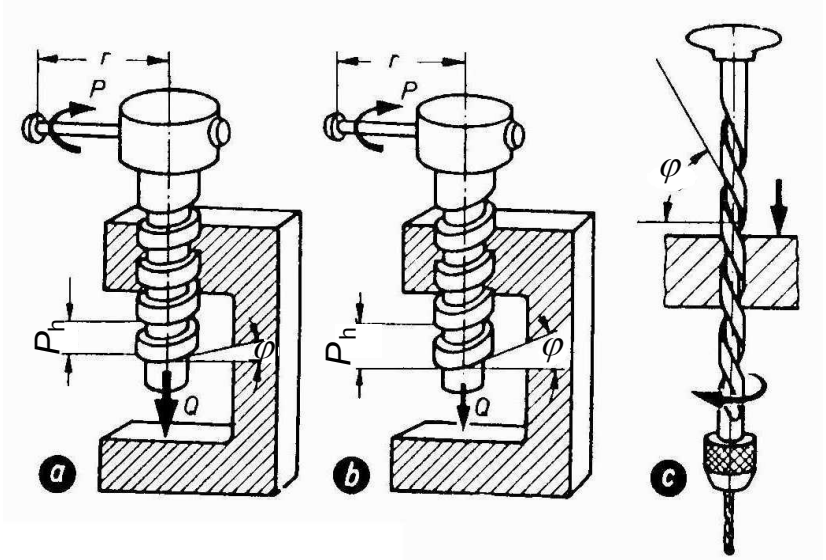
$$P \times l = Q \times P_h$$

Fig. 2.15 – Plano inclinado

No movimento de peças roscadas, os flancos da rosca exterior (fuso) deslizam sobre os flancos da rosca interior (porca) e vice-versa.

Quando, por exemplo, se aperta um fuso contra uma base, estando a porca fixa, **produz-se uma força *Q* cuja magnitude é influenciada pelo ângulo de inclinação φ.**

Se o ângulo φ for muito grande (ou seja, passo P_h grande) a rosca é reversível.



$$2 \pi r P = Q \times P_h$$

Exemplo de uma rosca reversível

Fig. 2.16 – Acção de aperto da rosca

Quanto menor for o ângulo φ (ou menor for o passo P_h) maior será a força Q exercida pelo fuso.

As roscas utilizadas em elementos de fixação devem produzir um grande esforço de aperto e evitar que as peças roscadas se soltem por si só.

A rosca de perfil triangular é a que apresenta as características funcionais que melhor se adequam ao comportamento requerido para os elementos de fixação.

A rosca triangular pode ser comparada a uma ligação cónica ou em cunha (ligação com forças de atrito importantes actuando nos flancos em contacto).

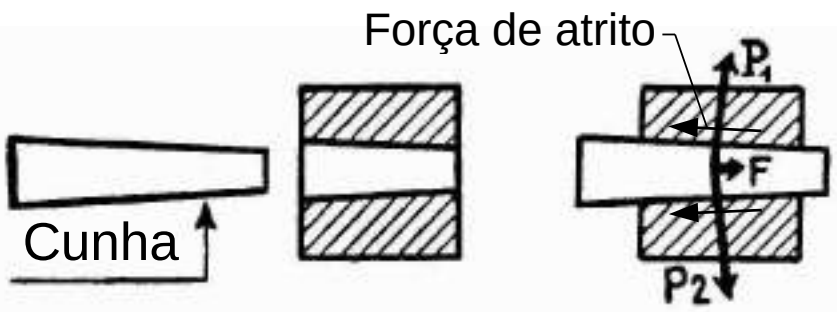


Fig. 2.17 – Ligação por atrito

Os esforços *P* actuantes na normal aos flancos das roscas são maiores nos filetes de **perfil triangular** e, adicionalmente, este perfil permite a utilização de um **passo P_h reduzido** (ou um ângulo φ pequeno), que são características essenciais para se obter um **grande esforço de aperto**.

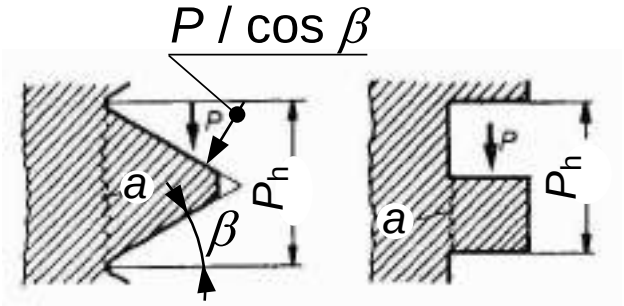
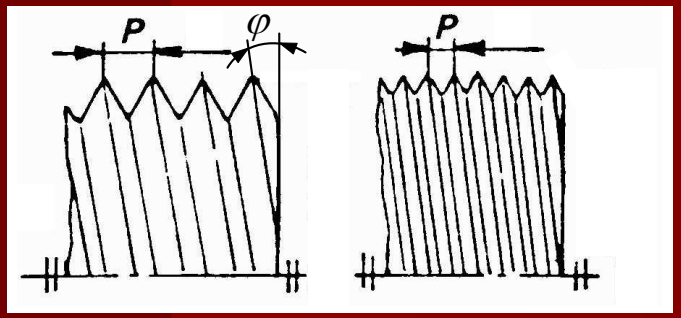


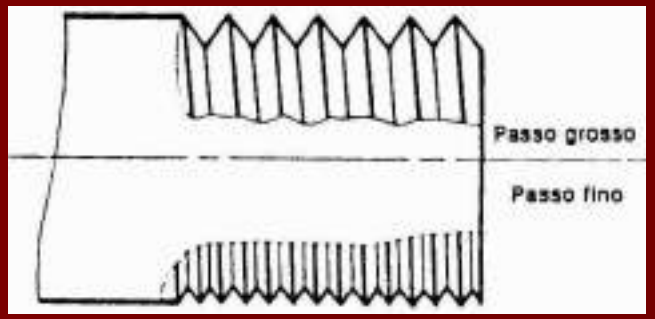
Fig. 2.18 – Comparação entre filetes de rosca

A grande secção resistente *a* da base do perfil triangular confere-lhe a necessária resistência.

Na rosca métrica ISO (M), com um ângulo $\varphi \approx 2{,}5°$, há autofrenagem sob carregamento estático.

Ligações com peças roscadas



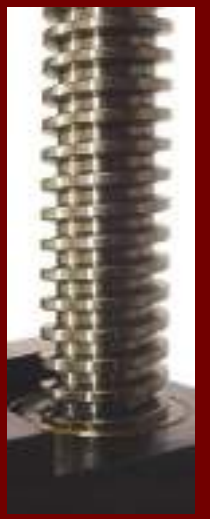


As roscas de passo fino permitem aumentar a segurança das ligações.

Se o passo ***P*** ↓ → o ângulo de inclinação φ ↓ → a **fixação** melhora

Adequadas em casos de fortes vibrações (ex.: automóveis, aviões, etc.).

Roscas para a transmissão de movimento



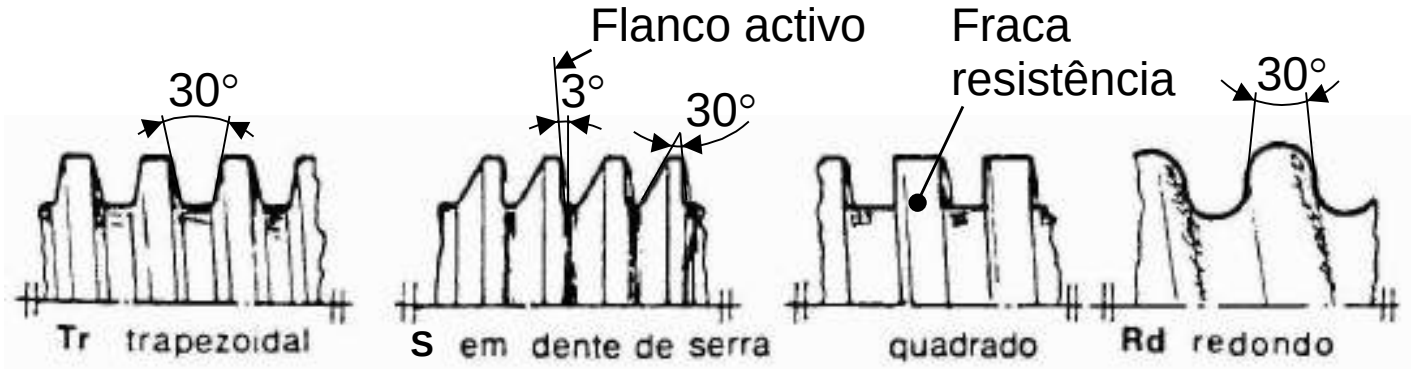


Fig. 2.14 a) – Perfis de rosca para transmissão de movimento

Os perfis trapezoidal, em dente de serra, quadrado ou redondo são mais adequados para a transmissão de movimento pois estão sujeitos a esforços de atrito mais reduzidos (melhor rendimento).

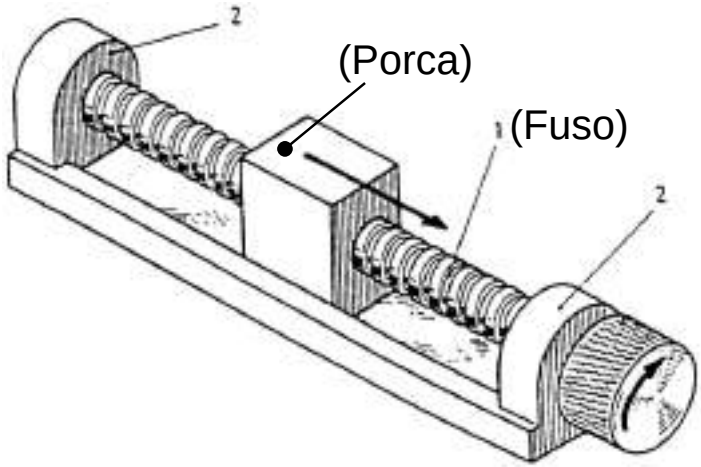
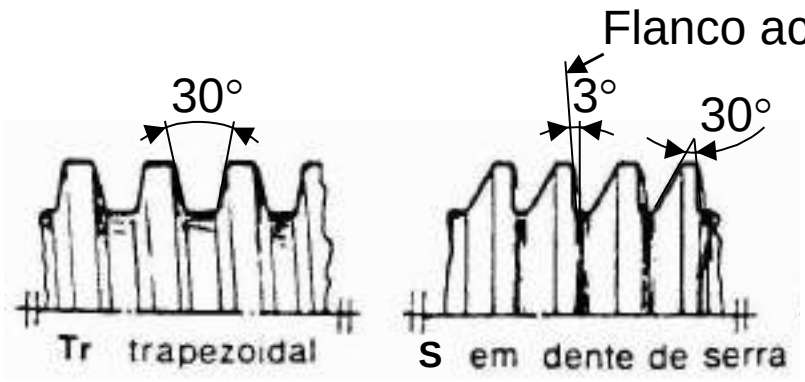
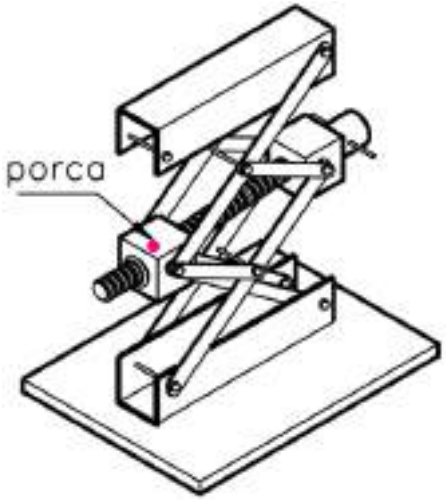


Fig. 2.19 – Rosca para transmissão de movimento

Ligações com peças roscadas

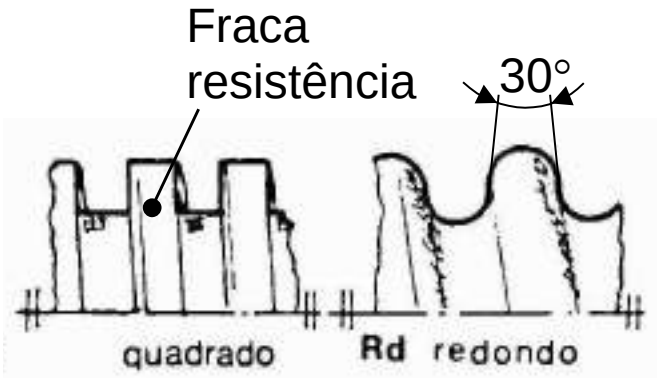






Rosca de perfil trapezoidal (Tr) – utilizada em mecanismos de transmissão de movimento e parafusos de comando de mecanismos, em geral. Permite a transmissão de esforços importantes.

Rosca de perfil em dente de serra (S) – utilizada em casos de fortes esforços unilaterais, por exemplo: em prensas e na indústria mineira.



Rosca de perfil quadrado – a mesma utilização da rosca trapezoidal. Não normalizada. Actualmente, muito pouco utilizada, por ser frágil e difícil de maquinar.

Rosca de perfil redondo (Rd) – muito robusta, utilizada para suportar choques e cargas muito elevadas, por exemplo, em veículos ferroviários, mas também em fusos de manobra de válvulas e mangueiras. A sua fabricação é muito delicada.

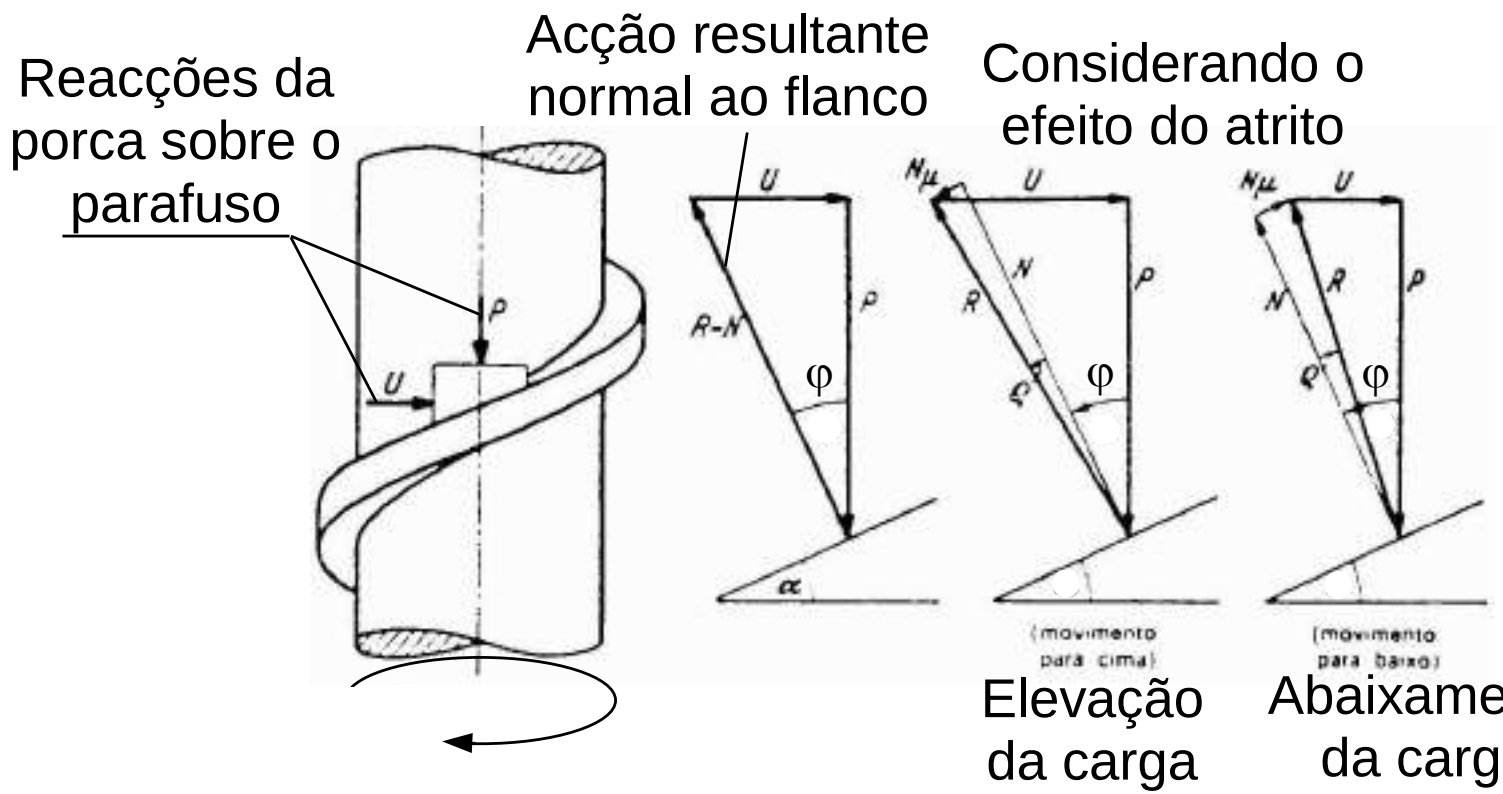


Fig. 2.20 – Forças num parafuso de movimento com rosca quadrada

2.2 ROSCAS DE PERFIL TRIANGULAR

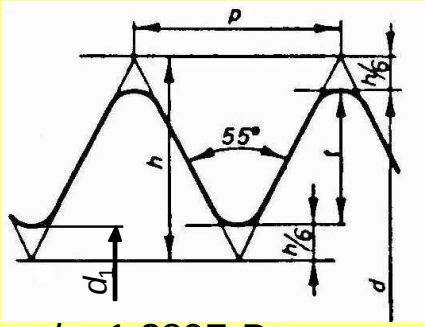


2.2.1 Rosca Whitworth ou rosca inglesa (W)

Em 1841, Sir Joseph Whithorth estabeleceu um sistema de diâmetros e passos de rosca normalizados, em unidades do sistema inglês.

Rosca Whitworth normal – BSW ou W

Rosca Whitworth fina – BSF



$d_1 = d - 1{,}2807\ P$

$d_1 \approx d - 1{,}3\ P$ (em desenho)

Fig. 2.21 – Rosca Whitworth

Propôs um ângulo entre flancos de α **= 55°** para tentar equilibrar a resistência das roscas exterior e interior conjugadas.

Actualmente, a rosca Whitworth normal (W) é pouco utilizada em construção mecânica.

No entanto, a rosca inglesa continua a ser aplicada na ligação de tubos ("Rosca Gás").



2.2.2 Rosca SI

A rosca SI foi normalizada (em 1898) em unidades do Sistema Internacional, com base na rosca Sellers ou rosca US, desenvolvida originalmente, em 1864, por William Sellers.

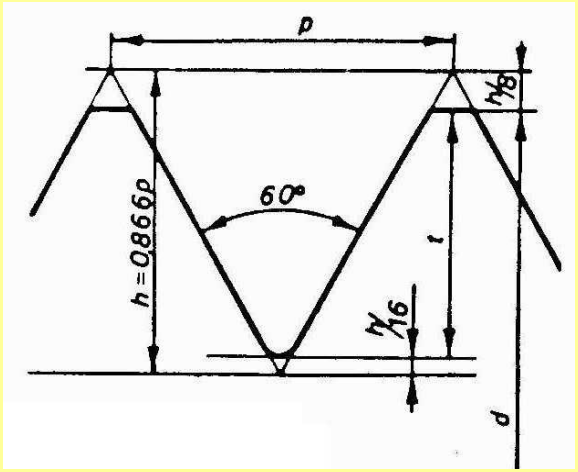


Fig. 2.22 – Rosca SI

Este argumentou que uma rosca com um ângulo α **= 60°** era mais fácil de fabricar e de controlar com exactidão, assegurando uma melhor fixação das peças roscadas conjugadas.

Deixou de ser utilizada na segunda metade do século XX, mas esteve na base da actual rosca métrica ISO



Na sequência das dificuldades sentidas no decorrer da 2ª Guerra mundial, devido à ausência de normalização das roscas, a nível internacional, iniciou-se, em 1944, um processo de unificação:

- Rosca inglesa Whitworth
- Rosca métrica SI (Rosca Sellers)
- Rosca N (american National form) (1918)

→ Rosca UN (Unified inch screw thread) (1948) →

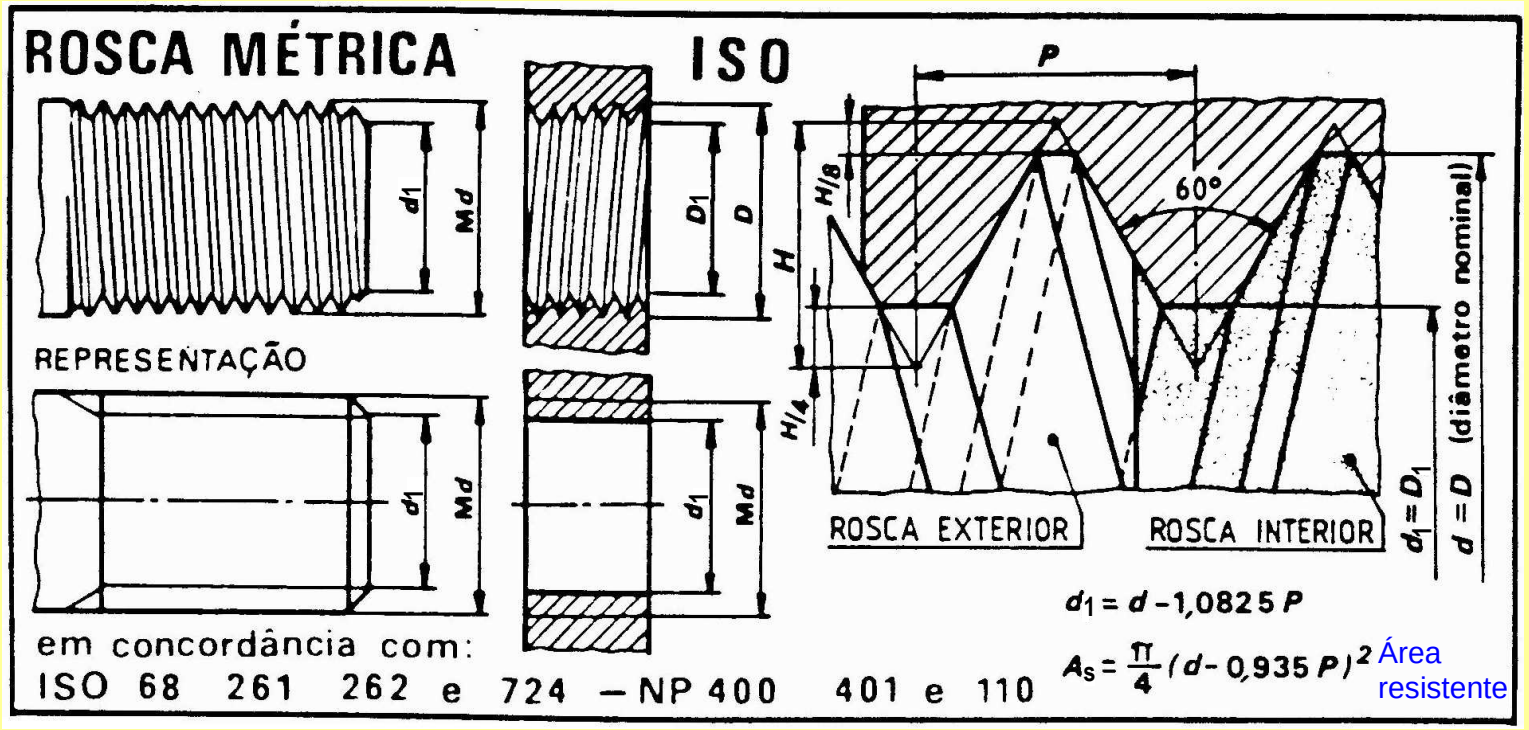
→ **Rosca de perfil ISO**
- Série em unidades do sistema métrico (Fr., 1959)
- Série em unidades do sistema inglês (polegadas)

(1957 → Conferência de Nova Deli, 1964)

2.2.3 Rosca métrica ISO



O perfil do filete da rosca métrica ISO é um triângulo equilátero com um ângulo do filete (ou ângulo entre flancos), $\alpha = 60°$.



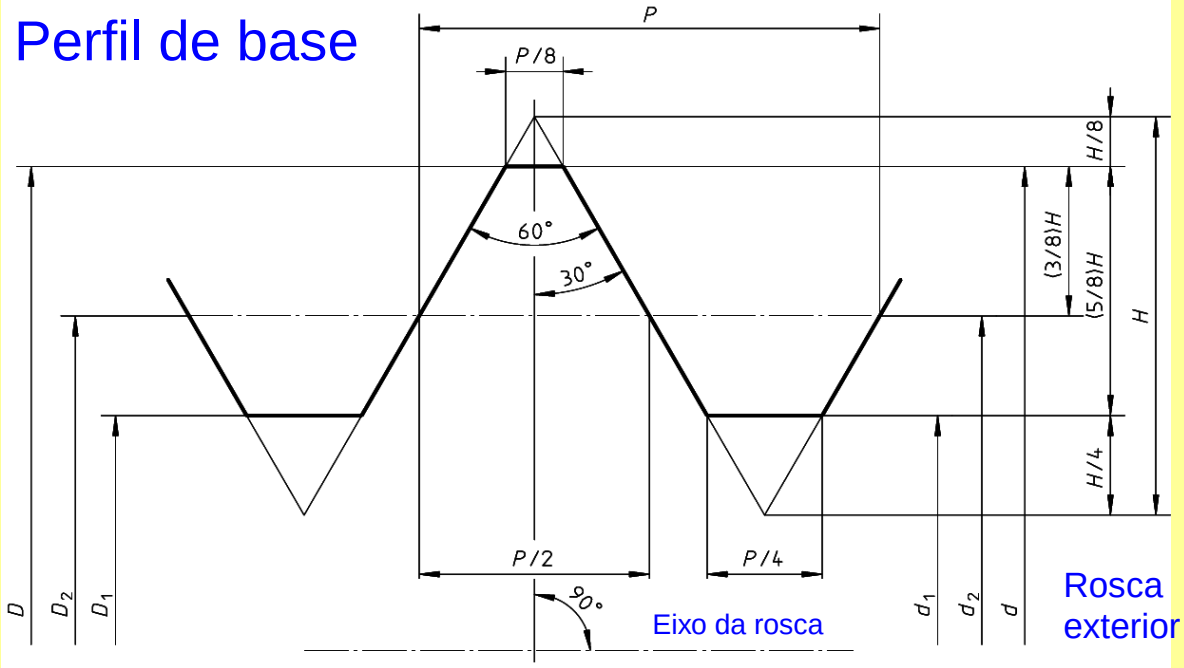
Em desenho, o diâmetro menor $d_1 = d - P$ ou $d_1 \approx 0{,}8\,d$.

Na realização de um furo roscado, a execução do furo liso prévio, onde se vai abrir a rosca, deve ser feita com uma broca de diâmetro $d_1 = d - P$.

Fig. 2.23 – Rosca métrica ISO

Rosca métrica ISO (ISO 68-1)

Perfil de base



- D - Diâmetro maior da rosca interior (diâm. nominal)
- d - Diâmetro maior da rosca exterior (diâm. nominal)
- D_2 - Diâmetro nos flancos da rosca interior
- d_2 - Diâmetro nos flancos da rosca exterior
- D_1 - Diâmetro menor da rosca interior
- d_1 - Diâmetro menor da rosca exterior
- H - Altura do triângulo fundamental
- P - Passo

$$H = \frac{\sqrt{3}}{2} P = 0{,}866\,025\,404\,P$$

$$\frac{5}{8} H = 0{,}541\,265\,877\,P$$

$$\frac{3}{8} H = 0{,}324\,759\,526\,P$$

$$\frac{H}{4} = 0{,}216\,506\,351\,P$$

$$\frac{H}{8} = 0{,}108\,253\,175\,P$$



Quadro 2.1 – Roscas métricas ISO (M) para utilização geral (ISO 261)

Dimensões em milímetros

Diâmetros nominais (*d*)			Passos (*P*)									
1ª Escolha	2ª Escolha	3ª Escolha	Grosso	Fino								
				3	2	1,5	1,25	1	0,75	0,5	0,35	0,25	0,2
1			0,25										0,2
	1,1		0,25										0,2
1,2			0,25										0,2
	1,4		0,3										0,2
1,6			0,35										0,2
	1,8		0,35										0,2
2			0,4									0,25	
	2,2		0,45									0,25	
2,5			0,45								0,35		
3			0,5								0,35		
	3,5		0,6								0,35		
4			0,7							0,5			
	4,5		0,75							0,5			
5			0,8							0,5			
		5,5								0,5			
6			1						0,75				
		7	1						0,75				
8			1,25					1	0,75				
		9	1,25					1	0,75				
10			1,5				1,25	1	0,75				
		11	1,5					1	0,75				
12			1,75			1,5	1,25	1					

Quadro 2.1 – Roscas métricas ISO (M) para utilização geral (ISO 261)

Dimensões em milímetros

Diâmetros nominais (*d*)			Passos (*P*)									
1ª Escolha	2ª Escolha	3ª Escolha	Grosso	Fino								
				3	2	1,5	1,25	1	0,75	0,5	0,35	0,25	0,2
	14		**2**			**1,5**	1,25*	1					
		15				1,5		1					
16			**2**			**1,5**		1					
		17				1,5		1					
	18		**2,5**		2	**1,5**		1					
20			**2,5**		2	**1,5**		1					
	22		**2,5**		2	**1,5**		1					
24			**3**		**2**	1,5		1					
		25			2	1,5		1					
		26				1,5							
	27		**3**		**2**	1,5		1					
		28			2	1,5		1					
30			**3,5**	(3)	**2**	1,5		1					
		32			2	1,5							
	33		**3,5**	(3)	**2**	1,5							
		35 **				1,5							
36			**4**	**3**	2	1,5							
		38				1,5							
	39		**4**	**3**	2	1,5							

* Unicamente para as velas de ignição dos motores.

** Unicamente para porcas de imobilização de rolamentos.

Os valores a negro são utilizados em parafusos e porcas (ISO 262).

Quadro 2.1 – Roscas métricas ISO (M) para utilização geral (ISO 261)



Dimensões em milímetros

Diâmetros nominais (*d*)			Passos (*P*)						
1ª Escolha	2ª Escolha	3ª Escolha	Grosso	Fino					
				8	6	4	3	2	1,5
		40					3	2	1,5
42			**4,5**			4	**3**	2	1,5
	45		**4,5**			4	**3**	2	1,5
48			**5**			4	**3**	2	1,5
		50					3	2	1,5
	52		**5**			**4**	3	2	1,5
		55				4	3	2	1,5
56			**5,5**			**4**	3	2	1,5
		58				4	3	2	1,5
	60		**5,5**			**4**	3	2	1,5
		62				4	3	2	1,5
64			**6**			**4**	3	2	1,5
		65				4	3	2	1,5
	68		6			4	3	2	1,5
		70			6	4	3	2	1,5
72					6	4	3	2	1,5
		75				4	3	2	1,5
	76				6	4	3	2	1,5
		78						2	
80					6	4	3	2	1,5
		82						2	
	85				6	4	3	2	
90					6	4	3	2	
	95				6	4	3	2	
100					6	4	3	2	
	105				6	4	3	2	
110					6	4	3	2	
	115				6	4	3	2	
	120				6	4	3	2	
125				8	6	4	3	2	



Quadro 2.1 – Roscas métricas ISO (M) para utilização geral (ISO 261)

Diâmetros nominais (*d*)			Passos (*P*)						
1ª Escolha	2ª Escolha	3ª Escolha	Grosso	Fino					
				8	6	4	3	2	1,5
	130			8	6	4	3	2	
		135			6	4	3	2	
140				8	6	4	3	2	
		145			6	4	3	2	
	150			8	6	4	3	2	
		155			6	4	3		
160				8	6	4	3		
		165			6	4	3		
	170			8	6	4	3		
		175			6	4	3		
180				8	6	4	3		
		185			6	4	3		
	190			8	6	4	3		
		195			6	4	3		
200				8	6	4	3		
		205			6	4	3		
	210			8	6	4	3		
		215			6	4	3		
220				8	6	4	3		
		225			6	4	3		
		230		8	6	4	3		
		235			6	4	3		
	240			8	6	4	3		
		245			6	4	3		
250				8	6	4	3		
		255			6	4			
	260			8	6	4			
		265			6	4			
		270		8	6	4			
		275			6	4			
280				8	6	4			
		285			6	4			
		290		8	6	4			
		295			6	4			
	300			8	6	4			

Ligações com peças roscadas

As roscas de passo grosso (normal) são recomendadas para usos gerais, quando a trepidação e a vibração não são factores importantes, quando é frequente a desmontagem das peças e quando os furos roscados estão implantados em peças de materiais frágeis ou macios (alumínio, plástico, etc.), para evitar que a rosca dos furos se danifique.

Ligações com peças roscadas

As roscas de passo fino são utilizadas quando se pretende garantir um grande grau de aperto.

Utilizadas frequentemente nas indústrias auto-móvel e aeronáutica, especialmente quando há trepidação e vibração que tendam a aliviar o aperto da porca, quando se requer um ajuste fino e quando os furos roscados estão implantados em peças de aço (evitar o seu uso em materiais frágeis).

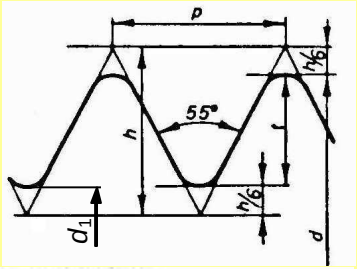
Ligações com peças roscadas

As roscas de passo muito fino são utilizadas em chapas metálicas, porcas finas, comprimentos de roscagem limitados e peças de paredes finas, quando se requer um ajuste fino e em aplicações que devem suportar tensões elevadas.

Utilizadas sobretudo na indústria aeronáutica, especialmente quando há trepidação e vibração excessivas. Os parafusos com roscas de passo muito fino são normalmente produzidos em aço de liga com tratamento térmico.

2.2.4 Rosca Whitworth ou rosca inglesa

2.2.4.1 Rosca Whitworth normal (BS 84)



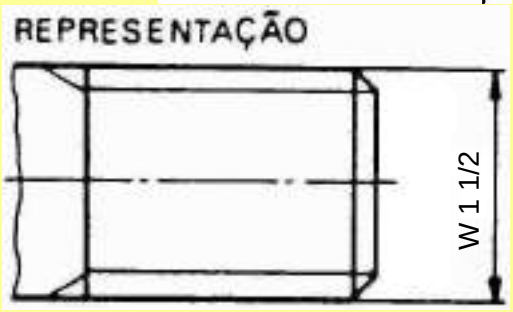


Fig. 2.24 - Rosca Whitworth

Pouco utilizada em Construção mecânica.

Foi substituída pela **rosca de perfil ISO**, de uso generalizado em todo o mundo.

Diâmetro nominal em polegadas, e/ou em fracções de polegada, antecedido da letra **W**.

Passo em "**número de fios por polegada**", o que corresponde a um passo $P = 25{,}4$ / nº de fios [mm].

$d_1 = d - 1{,}2807\ P$

$d_1 \approx d - 1{,}3\ P$ (em desenho)

Ângulo do perfil $\alpha = 55°$.

A rosca inglesa continua a ter uma grande aplicação na ligação de tubos roscáveis para canalizações, sendo designada por "**Rosca Gás**".

2.2.4.2 Rosca para tubos [ISO 7 (estanque); ISO 228 (não estanque)]

Rosca inglesa de passo fino, designada pela letra **G**, no caso de **roscas não estanques**, ou **R**, no caso de **roscas estanques**, seguida do valor do diâmetro interior do tubo expresso em polegadas.







Ex.: **ISO 228 - G 1 1/2**

corresponde a:

- um tubo de ∅ 1 1/2 com um diâmetro interior de 40 mm;
- uma rosca gás não estanque, com um diâmetro maior de 47,8 mm e passo de 11 fios por polegada (2,309 mm).

Pode ser acompanhada do processo de fabricação (ex: sem soldadura, galvanização, etc.).

Quadro 2.2 – Roscas para tubos (G ou R)

Designação tradicional do tubo	Diâmetros		Passo (*P*)		Comprimento da rosca *b*
	nominal DN mm	maior *D* da rosca mm	Nª de fios	mm	mm
1/8	6	9,73	28	0,907	6,5
1/4	8	13,16	19	1,337	9,7
3/8	10	16,66	19	1,337	10,0
1/2	15	21,0	14	1,814	13,2
3/4	20	26,4	14	1,814	14,5
1	25	33,2	11	2,309	16,7
1 1/4	32	41,9	11	2,309	19,0
1 1/2	40	47,8	11	2,309	19,0
2	50	59,6	11	2,309	23,4
2 1/2	65	75,6	11	2,309	26,7
3	80	87,9	11	2,309	29,9
4	100	113,0	11	2,309	35,8

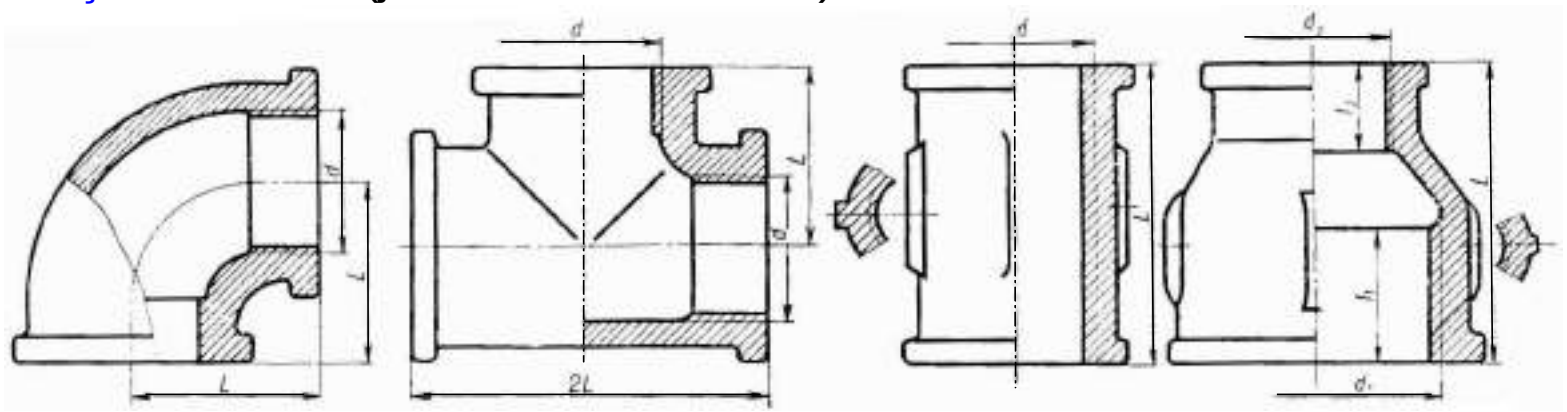
Numa **ligação estanque**, utiliza-se um tubo com uma extremidade de **rosca exterior cónica**, de conicidade 1:16, designada por **ISO 7 - R 1 1/2**,







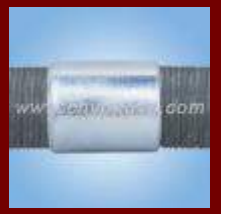
Nas instalações de tubagens, utilizam-se, também, **acessórios roscados**, tais como uniões de manga (ou uniões de duas bocas), reduções, curvas (joelhos ou cotovelos), tês, etc.:



Curva Tê Manga Redução

Quadro 2.3 – Dimensões nominais de acessórios roscados para tubagens

Diâmetro nominal DN (mm)	Rosca para tubos		Curvas	Tês	Mangas rectas largas		Diâmetro nominal DN (mm)	Mangas de redução			
	d		Comprimento *L* mm		Compr. *L* mm	Nº de nervuras		Rosca p/ tubos		Compr. *L* mm	Nº de nervuras
	Poleg.	mm						d_1	d_2		
8	1/4”	13,158	21	21	27	2	25 x 15	1”	1/2“	45	4
10	3/8”	16,663	25	25	30	2	25 x 20	1”	3/4”	45	4
15	1/2”	20,956	28	28	36	2	32 x 15	1 1/4”	1/2“	50	4
20	3/4”	26,442	33	33	39	2	32 x 20	1 1/4”	3/4“	50	4
25	1”	33,250	38	38	45	4	32 x 25	1 1/4”	1“	50	4
32	1 1/4”	41,912	45	45	50	4	40 x 20	1 1/2“	3/4“	55	4
40	1 1/2”	47,805	50	50	55	4	40 x 25	1 1/2“	1“	55	4
50	2”	59,616	58	58	65						



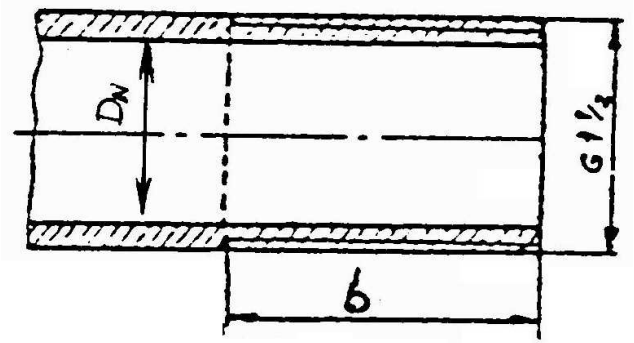




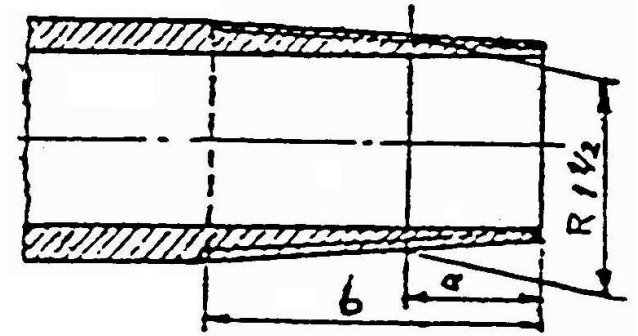
Rosca exterior:

Ex: ISO 228 - G 1 1/2, (não estanque)

ISO 7 - R 1 1/2, (estanque)



Tubo DN 40 (1 1/2) com rosca cilíndrica



Tubo DN 40 (1 1/2) com rosca cónica

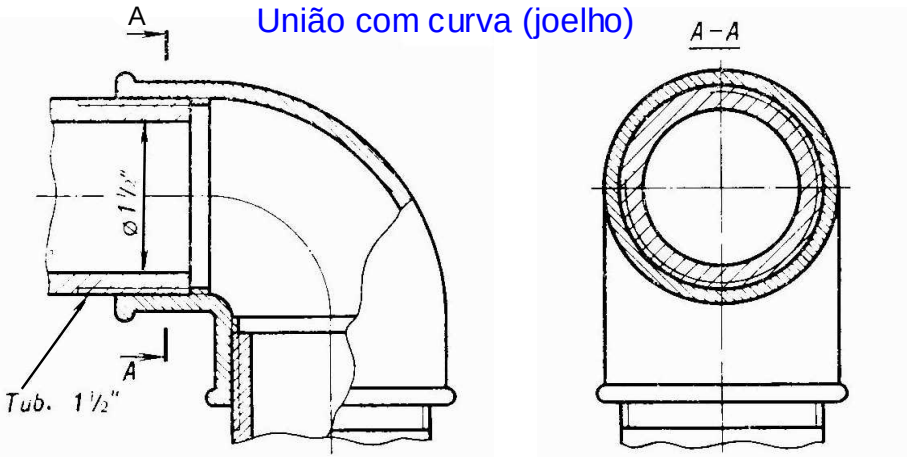
Rosca interior:

Ex: ISO 228 - G 1 1/2 (não estanque)

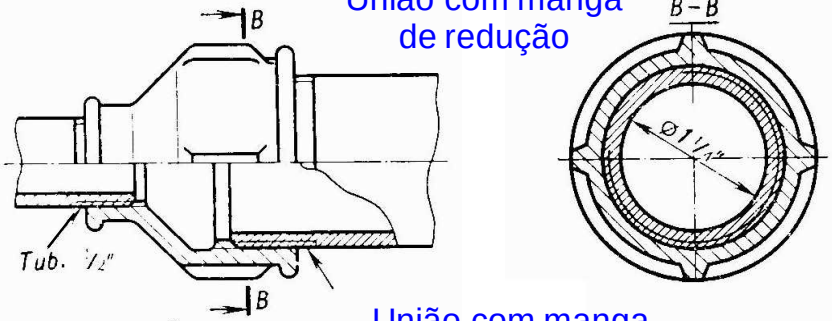
ISO 7- R_p 1 1/2 (estanque - cilíndrica)

ISO 7 - R_c 1 1/2 (estanque - cónica)

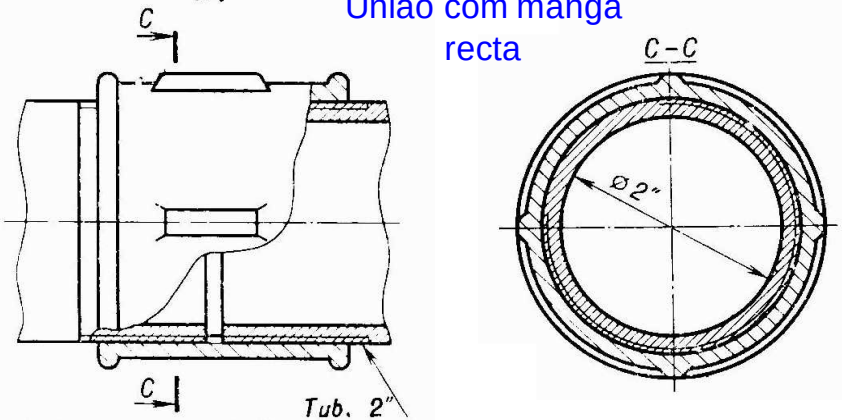
União com curva (joelho)



União com manga de redução



União com manga recta



2.2.6 Roscas americanas – Roscas de perfil unificado UN e UNR

(Norma ANSI B1.1 – 2003)

Forma do perfil da rosca



Roscas exteriores UN e UNR – Os perfis têm as cristas planas, embora se possa considerar como opcional uma crista arredondada tangente à linha recta da crista de comprimento 0,125 *P* do perfil de base.

Rosca exterior UN – Rosca com um fundo plano mas, para evitar o desgaste das cristas das ferramentas de roscar, é opcional um fundo arredondado disposto abaixo do comprimento 0,25 *P* do perfil de base.

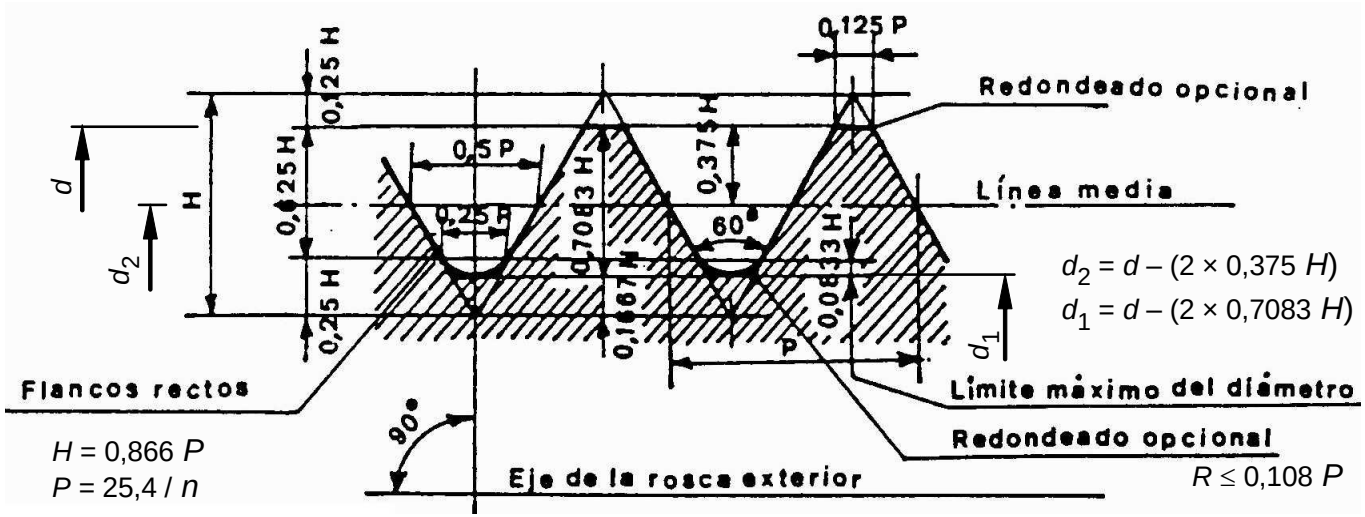


Fig. 2.25 – Rosca exterior UN (ex: parafuso)

Roscas americanas – Roscas de perfil unificado UN e UNR

(Norma ANSI B1.1 – 2003)

Forma do perfil da rosca



Rosca exterior UNR – Rosca com um fundo curvo contínuo, com raio de curvatura $R \geq 0{,}108\ P$, sem inversão de tangentes nos flancos do filete de intersecção do diâmetro menor do perfil de base.

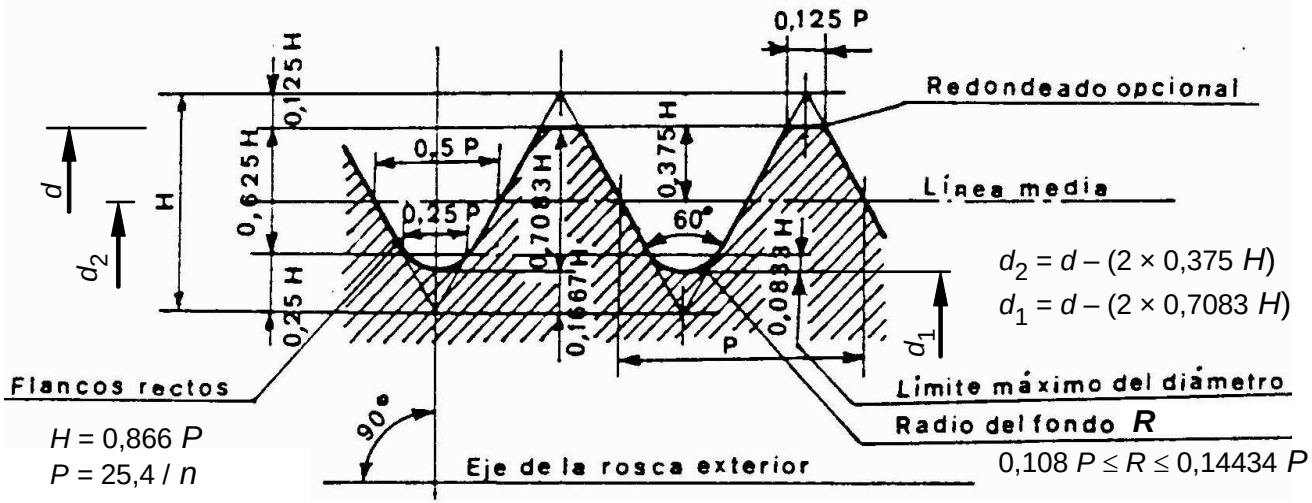


Fig. 2.26 – Rosca exterior UNR (ex: parafuso)

Roscas americanas – Roscas de perfil unificado UN e UNR

(Norma ANSI B1.1 – 2003)

Forma do perfil da rosca



Rosca interior UN – Rosca com um fundo plano, embora seja opcional poder arredondar-se o contorno para além do comprimento 0,125 *P* do perfil de base.

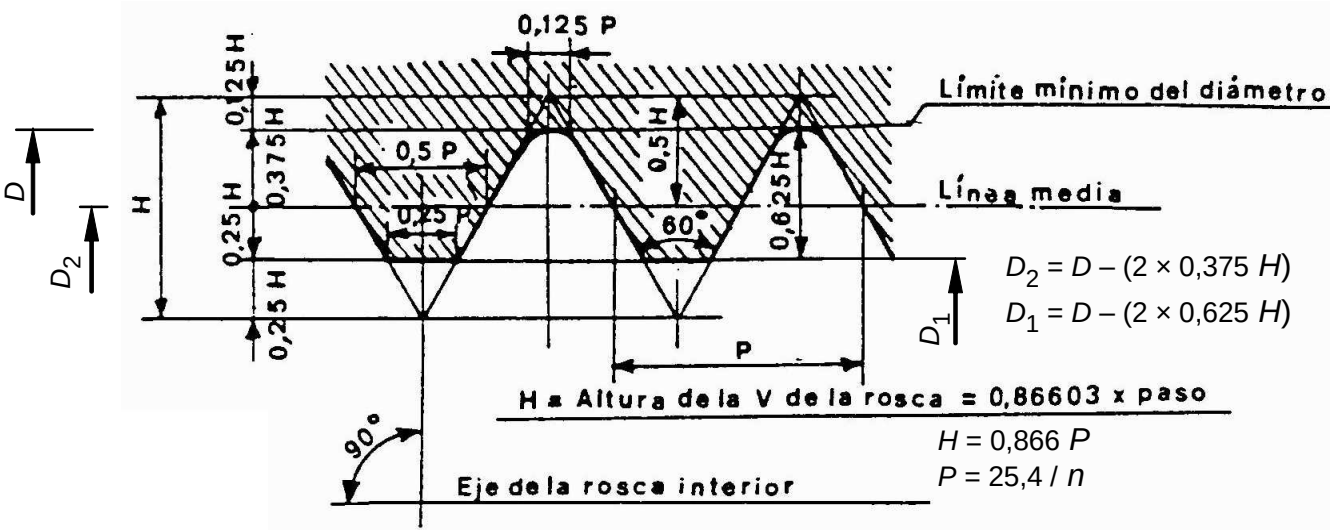


Fig. 2.27 – Rosca interior UN (ex: porca)

Rosca interior UNR – não existe.

Roscas americanas – Roscas de perfil unificado UN e UNR

Quadro 2.6 – Roscas UN e UNR (American National Standard Unified Inch Screw Threads – UN and UNR thread form) (norma ANSI B1.1 – 2003)



Tamanhos		Diâmetro nominal (polegadas)	Passo – Número de filetes por polegada											Tamanhos
			Séries de passo variável			Séries de passo constante								
Primário	Secundário		UNC	UNF	UNEF	4 UN	6 UN	8 UN	12 UN	16 UN	20 UN	28 UN	32 UN	
0		0,0600	–	80	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0
	1	0,0730	64	72	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1
2		0,0860	56	64	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2
	3	0,0990	48	56	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3
4		0,1120	40	48	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4
5		0,1250	40	44	–	–	–	–	–	–	–	–	–	5
6		0,1380	32	40	–	–	–	–	–	–	–	–	UNC	6
8		0,1640	32	36	–	–	–	–	–	–	–	–	UNC	8
10		0,1900	24	32	–	–	–	–	–	–	–	–	UNF	10
	12	0,2160	24	28	32	–	–	–	–	–	–	UNF	UNEF	12
1/4		0,2500	20	28	32	–	–	–	–	–	UNC	UNF	UNEF	1/4
5/16		0,3125	18	24	32	–	–	–	–	–	20	28	UNEF	5/16
3/8		0,3750	16	24	32	–	–	–	–	UNC	20	28	UNEF	3/8
7/16		0,4375	14	20	28	–	–	–	–	16	UNF	UNEF	32	7/16
1/2		0,5000	13	20	28	–	–	–	–	16	UNF	UNEF	32	1/2
9/16		0,5625	12	18	24	–	–	–	UNC	16	20	28	32	9/16
5/8		0,6250	11	18	24	–	–	–	12	16	20	28	32	5/8
	11/16	0,6875	–	–	24	–	–	–	12	16	20	28	32	11/16
3/4		0,7500	10	16	20	–	–	–	12	UNF	UNEF	28	32	3/4
	13/16	0,8125	–	–	20	–	–	–	12	16	UNEF	28	32	13/16
7/8		0,8750	9	14	20	–	–	–	12	16	UNEF	28	32	7/8
	15/16	0,9375	–	–	20	–	–	–	12	16	UNEF	28	32	15/16
1		1,0000	8	12	20	–	–	UNC	UNF	16	UNEF	28	32	1
	1 1/16	1,0625	–	–	18	–	–	8	12	16	20	28	–	1 1/16
1 1/8		1,1250	7	12	18	–	–	8	UNF	16	20	28	–	1 1/8
	1 3/16	1,1875	–	–	18	–	–	8	12	16	20	28	–	1 3/16
1 1/4		1,2500	7	12	18	–	–	8	UNF	16	20	28	–	1 1/4
	1 5/16	1,3125	–	–	18	–	–	8	12	16	20	28	–	1 5/16
1 3/8		1,3750	6	12	18	–	UNC	8	UNF	16	20	28	–	1 3/8
	1 7/16	1,4375	–	–	18	–	6	8	12	16	20	28	–	1 7/16
1 1/2		1,5000	6	12	18	–	UNC	8	UNF	16	20	28	–	1 1/2
	1 9/16	1,5625	–	–	18	–	6	8	12	16	20	–	–	1 9/16
1 5/8		1,6250	–	–	18	–	6	8	12	16	20	–	–	1 5/8
	1 11/16	1,6875	–	–	18	–	6	8	12	16	20	–	–	1 11/16
1 3/4		1,7500	5	–	–	–	6	8	12	16	20	–	–	1 3/4
	1 13/16	1,8125	–	–	–	–	6	8	12	16	20	–	–	1 13/16
1 7/8		1,8750	–	–	–	–	6	8	12	16	20	–	–	1 7/8
	1 15/16	1,9375	–	–	–	–	6	8	12	16	20	–	–	1 15/16

Ligações com peças roscadas

As roscas UN são séries de roscas com passos constantes para grandes diâmetros.

São úteis para permitir a obtenção de esforços de aperto elevados, por exemplo, em ligações parafusos-porcas pré-esforçadas usados em juntas estanques, uma vez que, nas roscas de passo grosso normais, o passo aumenta com o diâmetro, dificultando assim a obtenção dos esforços de aperto desejados.

Roscas americanas – Roscas de perfil unificado UN e UNR



Quadro 2.6 – Roscas UN e UNR (American National Standard Unified Inch Screw Threads – UN and UNR thread form) (norma ANSI B1.1 – 2003)

Tamanhos		Diâmetro nominal (polegadas)	Passo – Número de filetes por polegada											Tamanhos
			Séries de passo variável			Séries de passo constante								
Primário	Secundário		UNC	UNF	UNEF	4 UN	6 UN	8 UN	12 UN	16 UN	20 UN	28 UN	32 UN	
2		2,0000	4 1/2	–	–	–	6	8	12	16	20	–	–	2
	2 1/8	2,1250	–	–	–	–	6	8	12	16	20	–	–	2 1/8
2 1/4		2,2500	4 1/2	–	–	–	6	8	12	16	20	–	–	2 1/4
	2 3/8	2,3750	–	–	–	–	6	8	12	16	20	–	–	2 3/8
2 1/2		2,5000	4	–	–	UNC	6	8	12	16	20	–	–	2 1/2
	2 5/8	2,6250	–	–	–	4	6	8	12	16	20	–	–	2 5/8
2 3/4		2,7500	4	–	–	UNC	6	8	12	16	20	–	–	2 3/4
	2 7/8	2,8750	–	–	–	4	6	8	12	16	20	–	–	2 7/8
3		3,0000	4	–	–	UNC	6	8	12	16	20	–	–	3
	3 1/8	3,1250	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	3 1/8
3 1/4		3,2500	4	–	–	UNC	6	8	12	16	–	–	–	3 1/4
	3 3/8	3,3750	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	3 3/8
3 1/2		3,5000	4	–	–	UNC	6	8	12	16	–	–	–	3 1/2
	3 5/8	3,6250	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	3 5/8
3 3/4		3,7500	4	–	–	UNC	6	8	12	16	–	–	–	3 3/4
	3 7/8	3,8750	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	3 7/8
4		4,0000	4	–	–	UNC	6	8	12	16	–	–	–	4
	4 1/8	4,1250	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	4 1/8
4 1/4		4,2500	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	4 1/4
	4 3/8	4,3750	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	4 3/8
4 1/2		4,5000	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	4 1/2
	4 5/8	4,6250	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	4 5/8
4 3/4		4,7500	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	4 3/4
	4 7/8	4,8750	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	4 7/8
5		5,0000	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	5
	5 1/8	5,1250	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	5 1/8
5 1/4		5,2500	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	5 1/4
	5 3/8	5,3750	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	5 3/8
5 1/2		5,5000	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	5 1/2
	5 5/8	5,6250	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	5 5/8
5 3/4		5,7500	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	5 3/4
	5 7/8	5,8750	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	5 7/8
6		6,0000	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	6

A designação das séries indicada representa a rosca UN, no entanto, a rosca UNR pode ser especificada indicando UNR em lugar de UN, apenas, en todas as designações de rosca exterior.



2.2.6 Representação de roscas

2.2.6.1 Designações normalizadas

O tipo de rosca e as suas dimensões devem ser indicadas através da designação especificada nas normas das roscas correspondentes.

Nos desenhos técnicos, os blocos descritor "Rosca" e "Norma internacional" devem ser omitidos na indicação da designação.

Ligações com peças roscadas

Em geral, a designação das roscas de peças roscadas inclui:

- Abreviatura do tipo da rosca (símbolo normalizado, ex: M, G, Tr, etc.)
- Diâmetro nominal (*d*) da rosca que, em geral, corresponde ao diâmetro do cilindro maior das roscas exteriores (ou roscas macho). É sempre assinalado no desenho.

e, se necessário,

- Passo (P_h) de rosca ("Lead"), em milímetros.
- Passo (P) do perfil ("Pitch") – pode ser grosso (normal) ou fino (só neste caso deve ser assinalado no desenho), em milímetros.
- Sentido da rosca – Rosca direita (em geral, não se indica, mas se necessário "RH" – "right hand"); Rosca esquerda (sempre indicada por "LH" – "left hand").

assim como indicações complementares, tais como, por exemplo:

- Classe de tolerância, de acordo com a norma internacional correspondente.
- Comprimento de acoplamento (S = curto; L = longo; N = normal) – comprimento axial no qual duas roscas conjugadas (exterior e interior) estão em contacto.
- Número de entradas (assinalado quando diferente de 1).
- Comprimento (*b*) da rosca – em geral, o comprimento útil de rosca, a menos que os filetes de rosca incompletos sejam necessários em termos funcionais.

Roscas métricas de perfil ISO

M20	rosca de 20 mm de diâmetro e passo grosso
M20 x 1,5	rosca de 20 mm de diâmetro e passo fino 1,5 mm
M20 x 2 – 6G/6h – LH	rosca de 20 mm de diâmetro, com passo fino de 2 mm, classe de tolerância 6G/6h e esquerda
M20 x P_h3 – P1,5 – 6H – S	rosca de 20 mm de diâmetro, com passo de rosca 3 mm, passo de perfil 1,5 mm, classe de tolerância 6H e comprimento de acoplamento curto

Roscas métricas de perfil SI

20 x 3 SI — rosca de 20 mm de diâmetro e passo fino 3 mm

Roscas inglesas (whitworth)

W 1 ½ — rosca normal (BSW) de 1 ½” de diâmetro

W 1 1/4 – 9 — rosca fina (BSF) de 1 ¼” de diâmetro e passo de 9 fios por polegada

Apenas usadas na manutenção de sistemas antigos.

Roscas inglesas para tubos

G 1/2 A — rosca exterior cilíndrica para tubos, não estanque, de ½" de diâmetro e grau de tolerância A

R 1/2 — rosca exterior cónica para tubos, estanque, de ½" de diâmetro

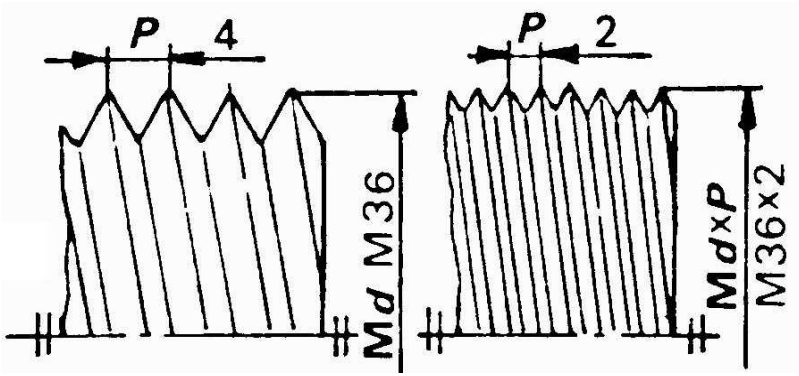
Rp 1/2 — rosca interior cilíndrica para tubos, estanque, de ½" de diâmetro

Rc 1/2 — rosca interior cónica para tubos, estanque, de ½" de diâmetro (excepcional)

Roscas americanas de perfil unificado

3/8 - 16 UNC	rosca normal (UNC) de 3/8” de diâmetro e passo de 16 fios por polegada
#10 - 24 UNC	rosca normal (UNC) de tamanho 10 (0,1900” de diâmetro) e passo de 24 fios por polegada
3/8 - 24 UNF	rosca fina (UNF) de 3/8” de diâmetro e passo de 24 fios por polegada
3/8 - 32 UNEF	rosca extrafina (UNEF) de 3/8” de diâmetro e passo de 32 fios por polegada

Exemplos de indicação da designação de roscas nos desenhos técnicos:



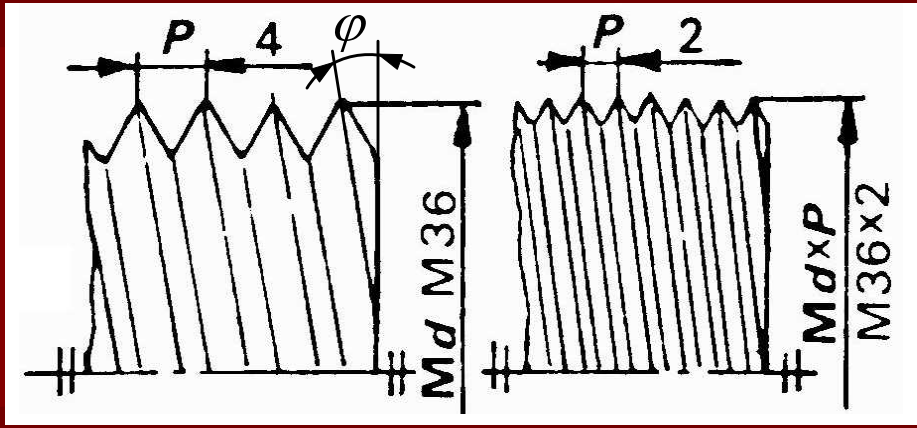
a) b)

Fig. 2.28 – Designação de roscas: a) De passo grosso; b) De passo fino

Ligações com peças roscadas

As roscas de passo fino são utilizadas em:

- Peças com paredes finas (ex.: tubos), uma vez que uma rosca menos profunda permite aumentar a resistência das peças.
- Parafusos de regulação, uma vez que permitem realizar uma maior desmultiplicação (menor avanço axial por volta).
- Casos em que o comprimento da rosca é muito curto.
- Ligações mais estáveis do que as obtidas com roscas de passo normal (grosso), adequadas para casos em que as roscas podem estar expostas a fortes vibrações (ex.: indústria automóvel, indústria aeronaútica, etc.).



Quanto menor for o passo *P* maior será a força de aperto.

Logo, as roscas de passo fino permitem aumentar a segurança das ligações.

Se o passo ***P*** ↓ → o ângulo de inclinação φ ↓ → a **fixação** melhora

2.2.6.2 Representação de roscas em desenho (ver DTB-3, p. 252)

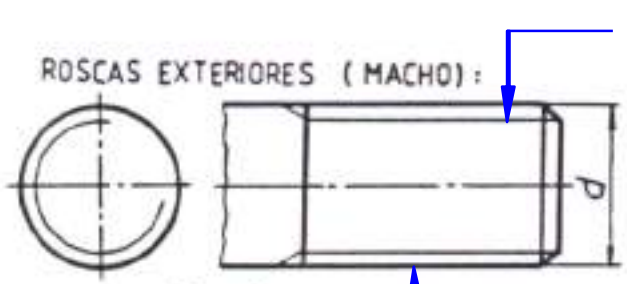


Fig. 1

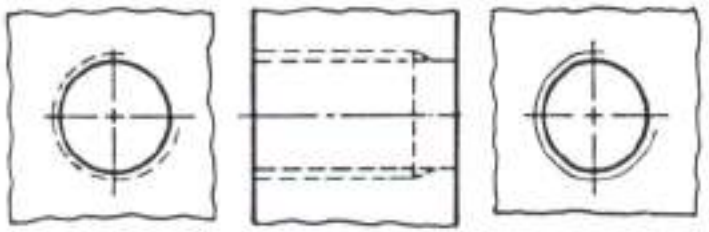


Fig. 4 FURO PASSANTE ROSCADO INCOMPLETAMENTE

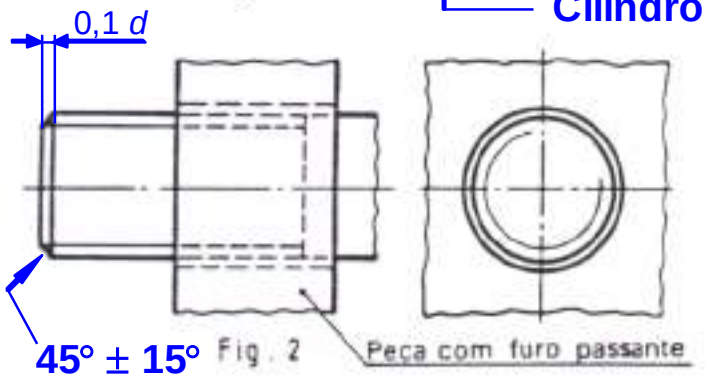


Fig. 2

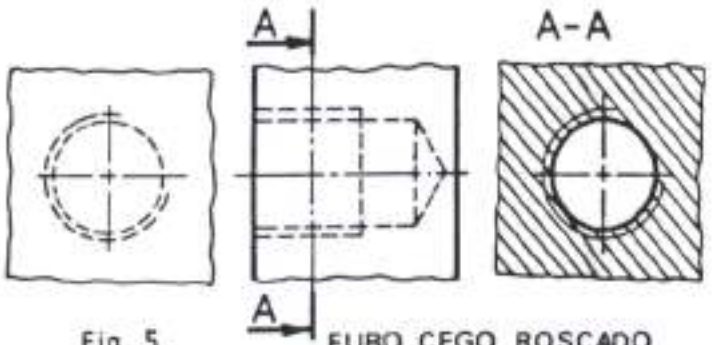


Fig. 5 FURO CEGO ROSCADO

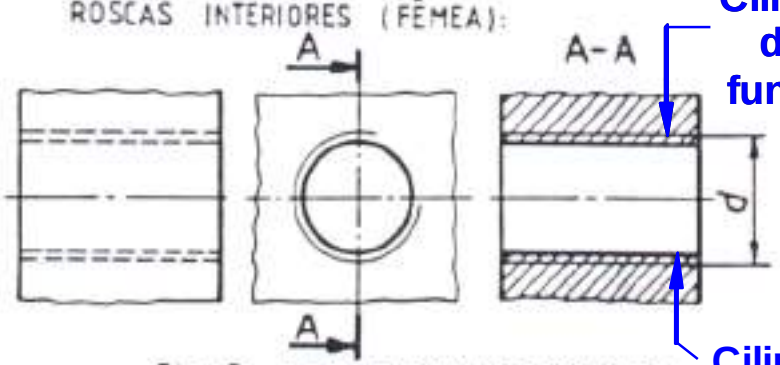


Fig. 3 FURO PASSANTE ROSCADO

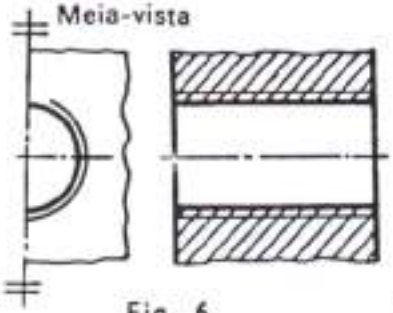


Fig. 6

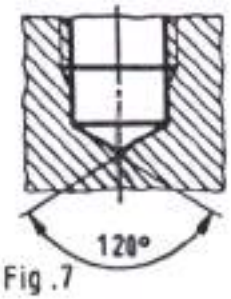


Fig. 7

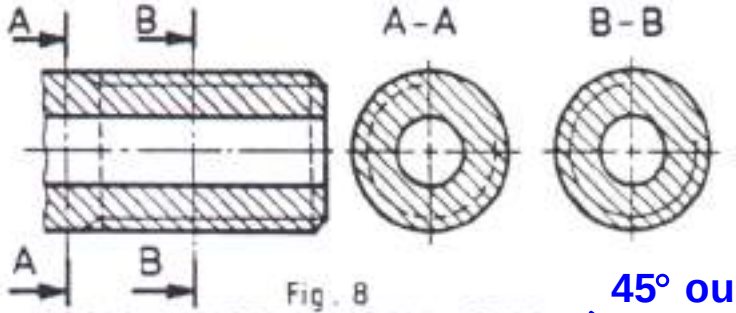


Fig. 8
ROSCAS EXTERIORES EM CORTE

45° ou 60° (facultativo)

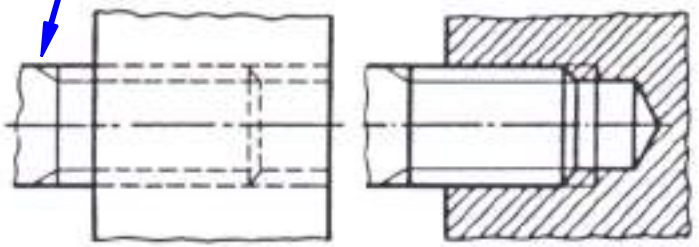


Fig. 12
CONJUNTOS MACHO-FEMEA

Fig. 13

45° ou 60°
(facultativo)

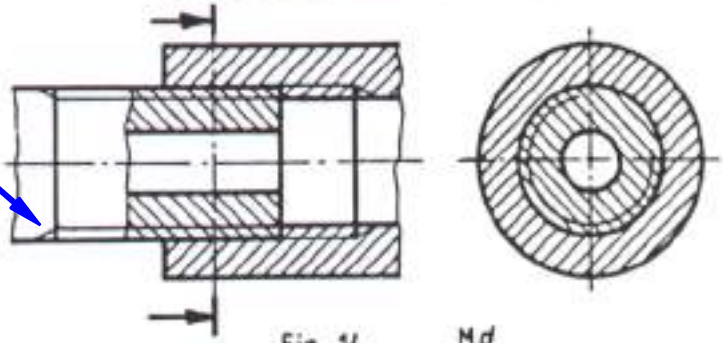


Fig. 14

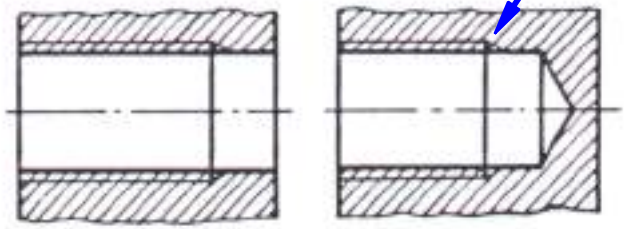


Fig. 9
Fig. 10
FURO ROSCADO EM CORTE

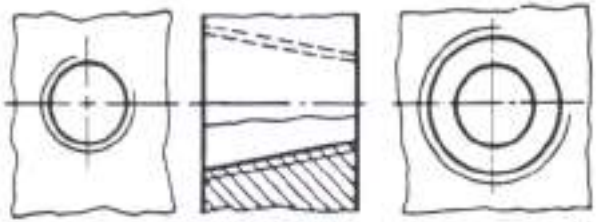


Fig. 11
FURO CÓNICO ROSCADO

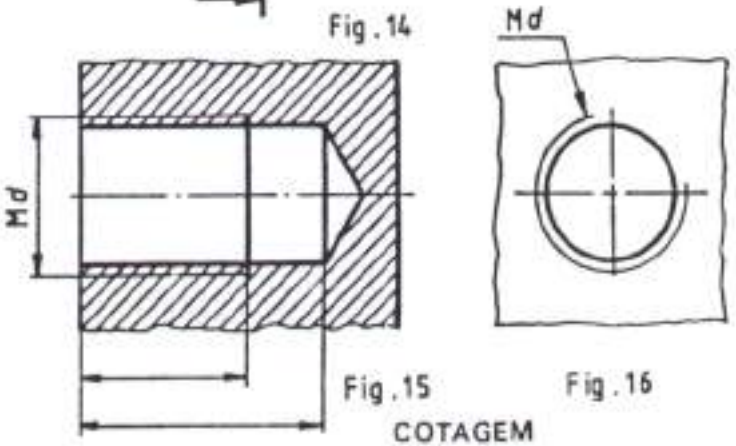
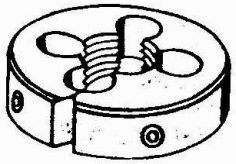


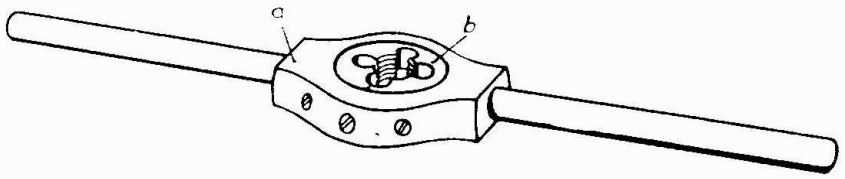
Fig. 15
Fig. 16
COTAGEM

2.2.7 Produção de rosca exterior

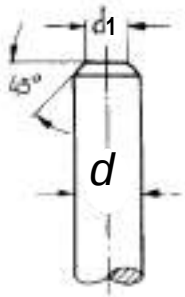
Execução manual:



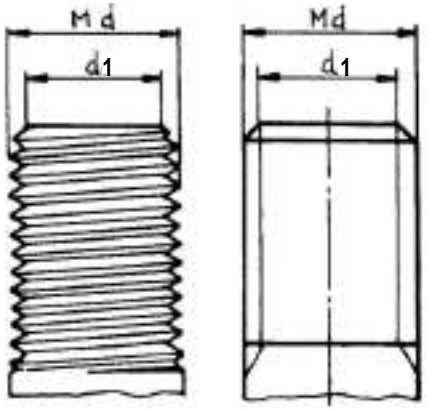
Caçonete



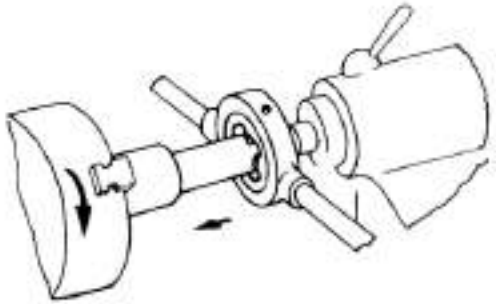
Tarraxa



Corpo liso

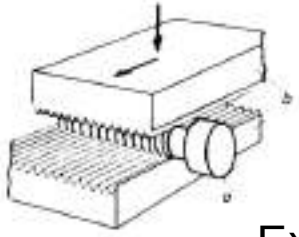


Real Em desenho



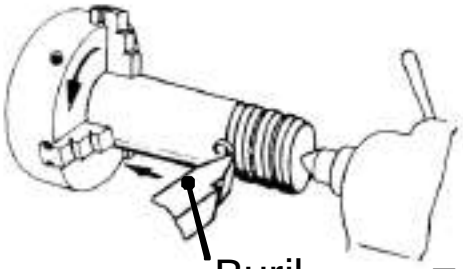
Execução à máquina (torno + tarraxa)

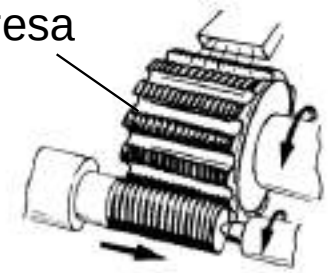
Laminagem



Execução

Corte

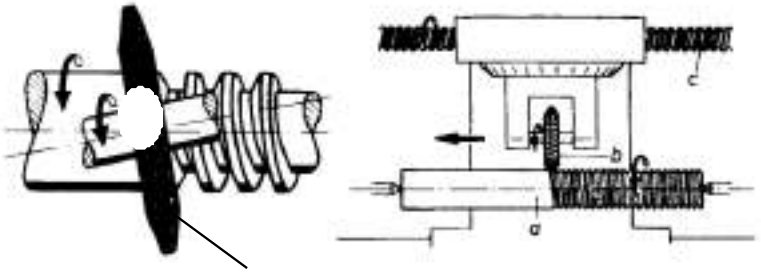




Fresagem de roscas curtas

Produção de rosca exterior

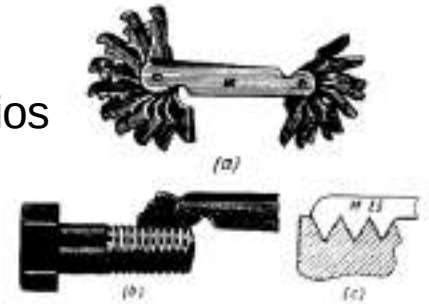
Fresagem de roscas longas



Fresa

Verificação do passo do perfil

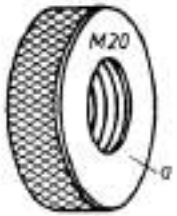
Conta-fios



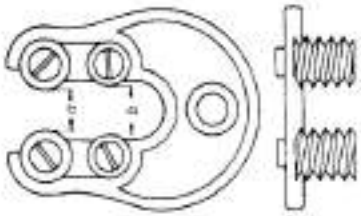
Verificação de tolerâncias das roscas



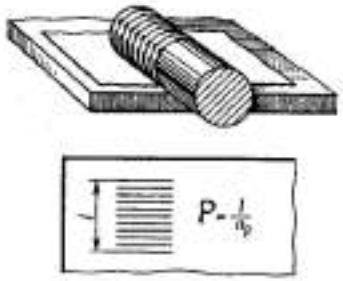




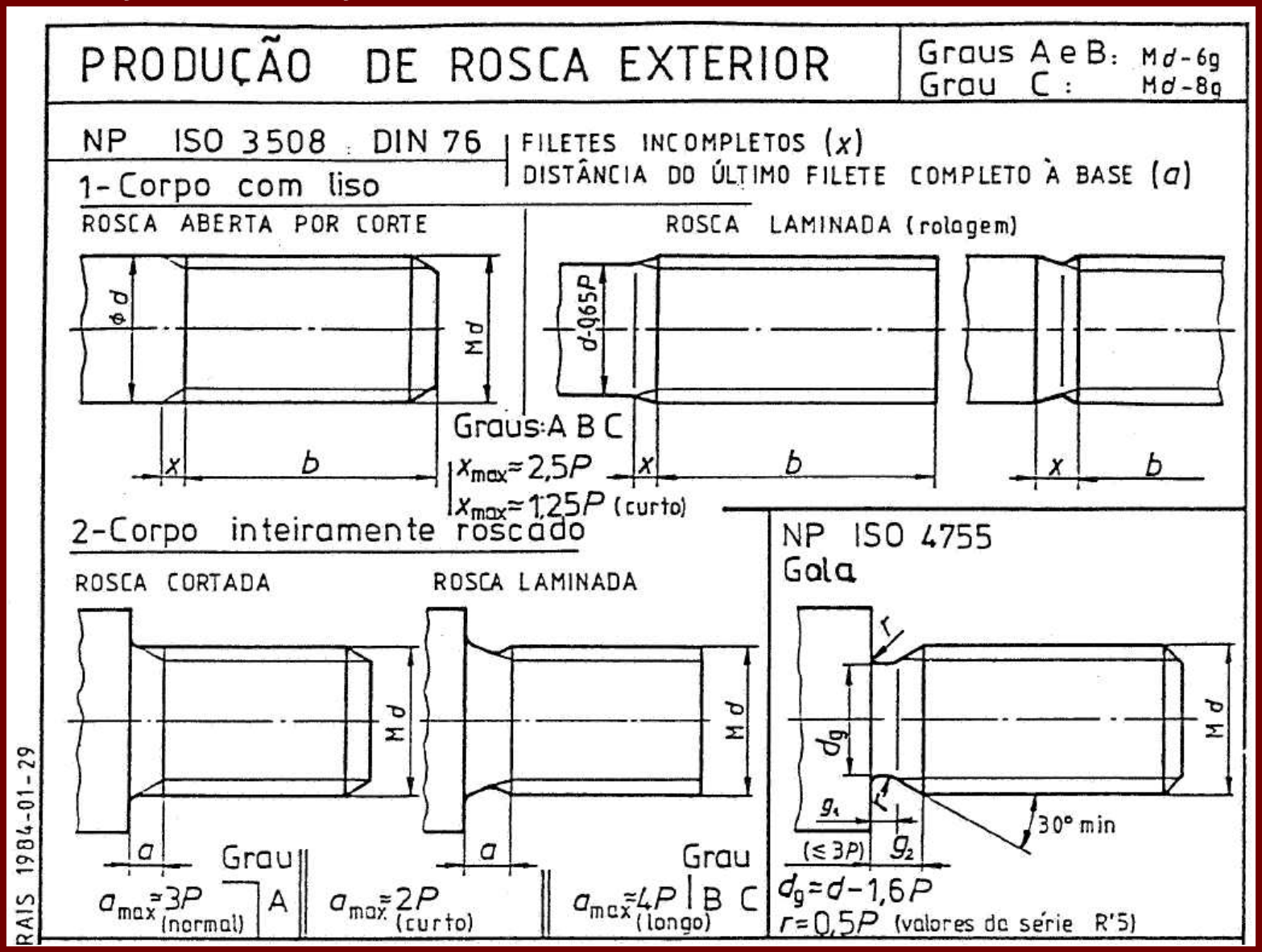
Calibre de anel normal para roscas



Calibre-maxila para roscas



Ligações com peças roscadas



Corpo com liso

corpo inteiramente roscado

SIMÕES MO

Passo P	Diâmetro nominal $M\,d$	$x_{max.}$ normal x_n	$x_{max.}$ curto x_c	$a_{max.}$ a_n	$a_{max.}$ a_c	$a_{max.}$ a_l	GOLA d_g	g_1 min. g_n	g_1 min. g_c	g_2 max. g_n	g_2 max. g_c	$r \approx$
0,2	–	0,5	0,25	0,6	0,4	–	d - 0,3	0,45	0,25	0,7	0,5	0,1
0,25	1; 1,2	0,6	0,3	0,75	0,5	–	d - 0,4	0,55	0,25	0,9	0,6	0,12
0,3	1,4	0,75	0,4	0,9	0,6	–	d - 0,5	0,6	0,3	1,05	0,75	0,16
0,35	1,6; 1,7; 1,8	0,9	0,45	1,05	0,7	–	d - 0,6	0,7	0,4	1,2	0,9	0,16
0,4	2; 2,3	1	0,5	1,2	0,8	–	d - 0,7	0,8	0,5	1,4	1	0,2
0,45	2,2; 2,5; 2,6	1,1	0,6	1,35	0,9	–	d - 0,7	1	0,5	1,6	1,1	0,2
0,5	3	1,25	0,7	1,5	1	–	d - 0,8	1,1	0,5	1,75	1,25	0,2
0,6	3,5	1,5	0,75	1,8	1,2	–	d - 1	1,2	0,6	2,1	1,5	0,4
0,7	4	1,75	0,9	2,1	1,4	–	d - 1,1	1,5	0,8	2,45	1,75	0,4
0,75	4,5	1,9	1	2,25	1,5	–	d - 1,2	1,6	0,9	2,6	1,9	0,4
0,8	5	2	1	2,4	1,6	3,2	d - 1,3	1,7	0,9	2,8	2	0,4
1	6; 7	2,5	1,25	3	2	4	d - 1,6	2,1	1,1	3,5	2,5	0,6
1,25	8	3,2	1,6	3,75	2,5	5	d - 2	2,7	1,5	4,4	3,2	0,6
1,5	10	3,8	1,9	4,5	3	6	d - 2,3	3,2	1,8	5,2	3,8	0,8
1,75	12	4,3	2,2	5,25	3,5	7	d - 2,6	3,9	2,1	6,1	4,3	1
2	14; 16	5	2,5	6	4	8	d - 3	4,5	2,5	7	5	1
2,5	18; 20; 22	6,3	3,2	7,5	5	10	d - 3,6	5,6	3,2	8,7	6,3	1,2
3	24; 27	7,5	3,8	9	6	12	d - 4,4	6,7	3,7	10,5	7,5	1,6
3,5	30; 33	9	4,5	10,5	7	14	d - 5	7,7	4,7	12	9	1,6
4	36; 39	10	5	12	8	16	d - 5,7	9	5	14	10	2
4,5	42; 45	11	5,5	13,5	9	18	d - 6,4	10,5	5,5	16	11	2
5	48; 52	12,5	6,3	15	10	20	d - 7	11,5	6,5	17,5	12,5	2,5
5,5	56; 60	14	7	16,5	11	22	d - 7,7	12,5	7,5	19	14	3,2
6	64; 68	15	7,5	18	12	24	d - 8,3	14	8	21	15	3,2
Em desenho usar ≈		2,5 P	1,25 P	3 P	2 P	4 P	–	–	–	3,5 P	2,5 P	0,5 P

Graus A, B e C
Condições difíceis de pouca acessibilidade

Grau A
P/ paraf. cab. c/ fenda

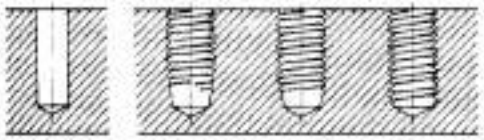
Graus B e C (bruto)

Condições difíceis de pouca acessibilidade

2.2.8 Produção de rosca interior

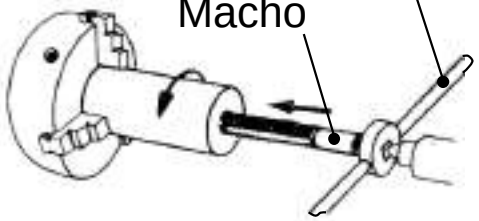
Broca Machos de roscar



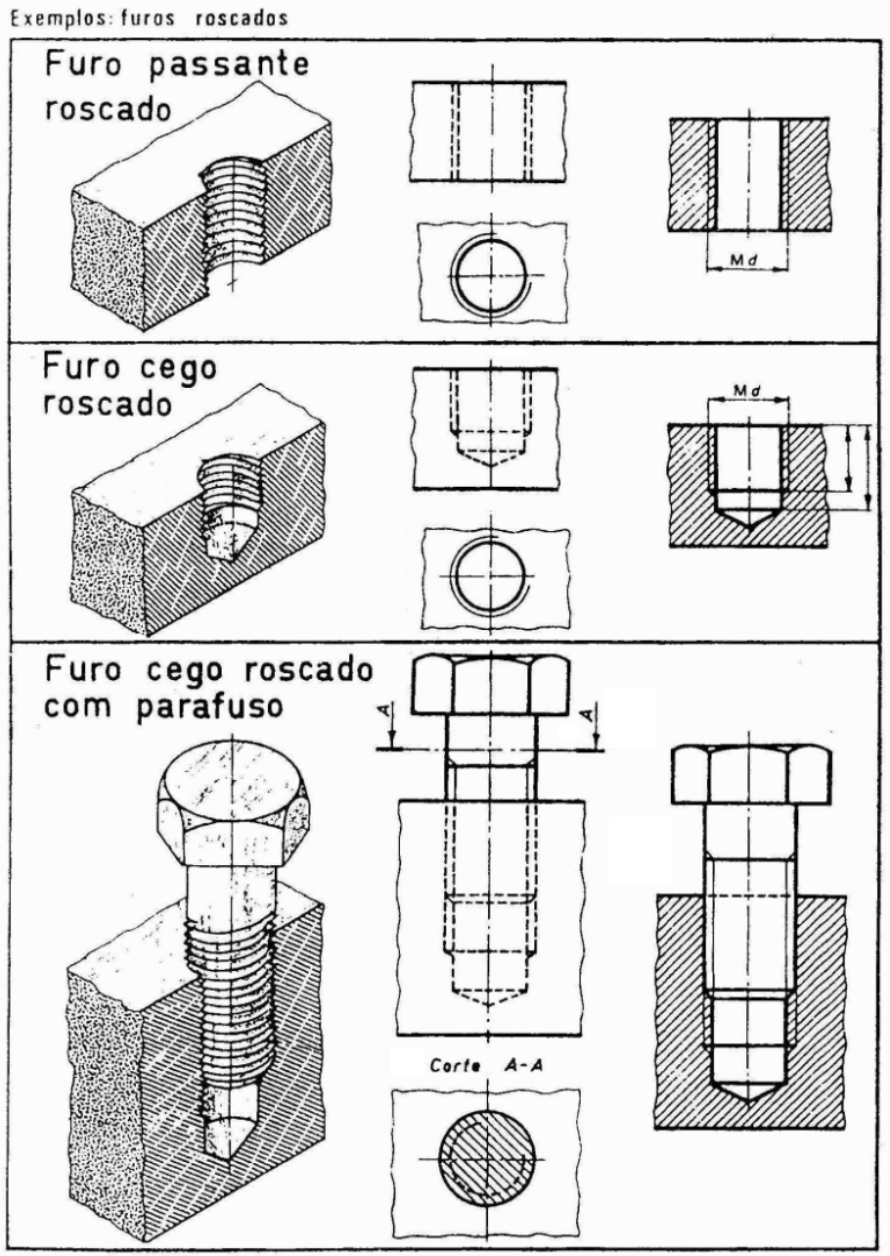


Execução manual

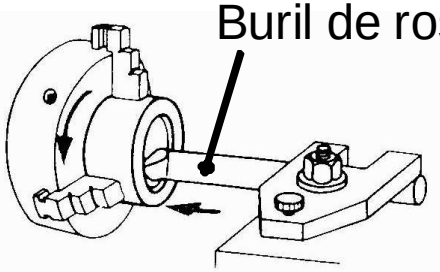
Torno Desandador Macho



Execução à máquina

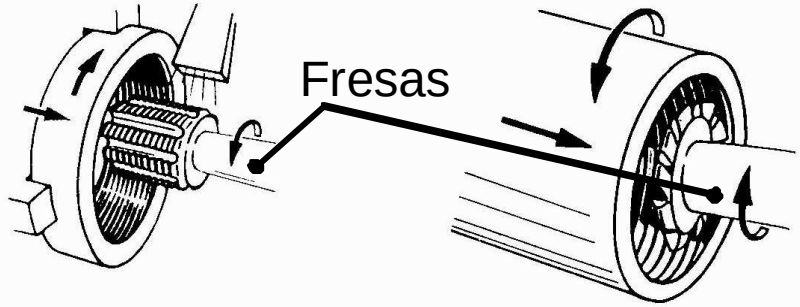


Produção de rosca interior



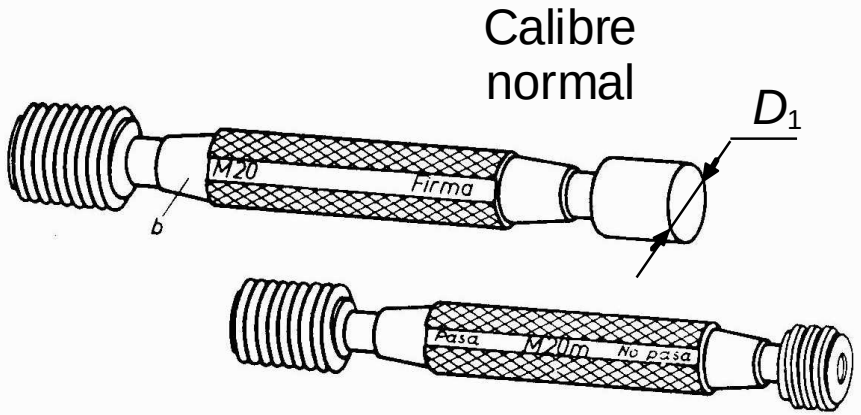
Roscas de passo curto

Roscas de passo longo



Fresagem de roscas

Verificação de tolerâncias das roscas



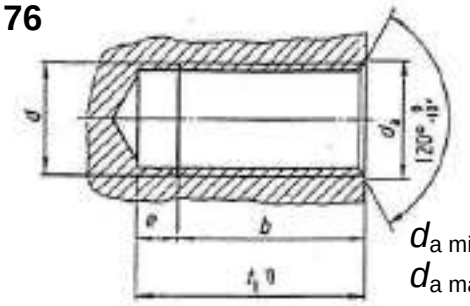
Calibre tampão

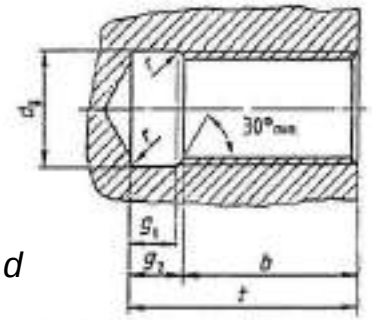


PRODUÇÃO DE ROSCA INTERIOR

Graus A e B Md-6H
Grau C Md-7H

DIN 76





$d_{a\,min} = 1\,d$

$d_{a\,max} = 1{,}05\,d$

DIN 76

P	M d	e normal e_n	e curta e_c	e longa e_l	d_3	g_1 min g_n	g_1 min g_c	g_2 max g_n	g_2 max g_c	r ≈
0,2	–	1,3	0,8	2	d + 0,1	0,8	0,5	1,2	0,9	0,1
0,25	1; 1,2	1,5	1	2,4	d + 0,1	1	0,6	1,4	1	0,12
0,3	1,4	1,8	1,2	2,9	d + 0,1	1,2	0,75	1,6	1,25	0,16
0,35	1,6; 1,7; 1,8	2,1	1,3	3,3	d + 0,2	1,4	0,9	1,9	1,4	0,16
0,4	2; 2,3	2,3	1,5	3,7	d + 0,2	1,6	1	2,2	1,5	0,2
0,45	2,2; 2,5; 2,6	2,6	1,6	4,1	d + 0,2	1,8	1,1	2,4	1,7	0,2
0,5	3	2,8	1,8	4,5	d + 0,3	2	1,25	2,7	2	0,2
0,6	3,5	3,4	2,1	5,4	d + 0,3	2,4	1,5	3,3	2,4	0,4
0,7	4	3,8	2,4	6,1	d + 0,3	2,8	1,75	3,8	2,75	0,4
0,75	4,5	4	2,5	6,4	d + 0,3	3	1,9	4	2,9	0,4
0,8	5	4,2	2,7	6,8	d + 0,3	3,2	2	4,2	3	0,4
1	6; 7	5,1	3,2	8,2	d + 0,5	4	2,5	5,2	3,7	0,6
1,25	8	6,2	3,9	10	d + 0,5	5	3,2	6,7	4,9	0,6
1,5	10	7,3	4,6	11,6	d + 0,5	6	3,8	7,8	5,6	0,8
1,75	12	8,3	5,2	13,3	d + 0,5	7	4,3	9,1	6,4	1
2	14; 16	9,3	5,8	14,8	d + 0,5	8	5	10,3	7,3	1
2,5	18; 20; 22	11,2	7	17,9	d + 0,5	10	6,3	13	9,3	1,2
3	24; 27	13,1	8,2	21	d + 0,5	12	7,5	15,2	10,7	1,6
3,5	30; 33	15,2	9,5	24,3	d + 0,5	14	9	17,7	12,7	1,6
4	36; 39	16,8	10,5	26,9	d + 0,5	16	10	20	14	2
4,5	42; 45	18,4	11,5	29,4	d + 0,5	18	11	23	16	2
5	48; 52	20,8	13	33,3	d + 0,5	20	12,5	26	18,5	2,5
5,5	56; 60	22,4	14	35,8	d + 0,5	22	14	28	20	3,2
6	64; 68	24	15	38,4	d + 0,5	24	15	30	21	3,2
	≈	6,3 ... 4 P	4 ... 2,5 P	10 ... 6,3 P	–	4 P	2,5 P	–	–	0,5 P

Condições difíceis

Furos cegos abertos c/ machos de roscar ou em materiais de alta resistência

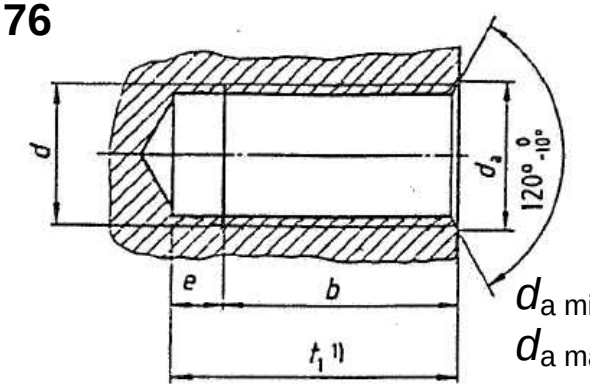
Condições difíceis

Ligações com peças roscadas

PRODUÇÃO DE ROSCA INTERIOR

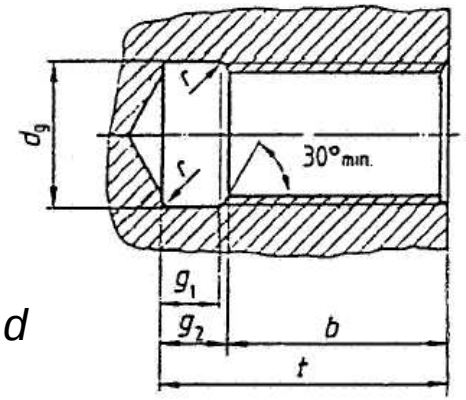
Graus A e B Md-6H
Grau C Md-7H

DIN 76



$d_{a\,min} = 1\,d$

$d_{a\,max} = 1{,}05\,d$



DIN 76

ROSCA DE TUBOS

NP ISO 228 P	d	normal e_n	curto e_c	d_g H13	g_1 min. normal	g_1 min. curto	g_2 máx. normal	g_2 máx. curto	r ≈
0.907	G 1/8	4.5	3	d + 0,5	3.8	2.3	4.7	3.2	0.45
1.337	G 1/4 ... G 3/8	6.5	4	d + 0,5	5.3	3.3	6.1	4.4	0.7
1.814	G 1/2 ... G 7/8	8.5	5.5	d + 0,5	7.2	4.5	8	5.6	0.9
2.309	G 1 ... G 6	10	6.5	d + 0,5	9.2	5.8	10.1	6.7	1.2
	≈	-	-	-	4 P	2.5 P	-	-	0.5 P

Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP



Elementos de fixação
Sistema de designação

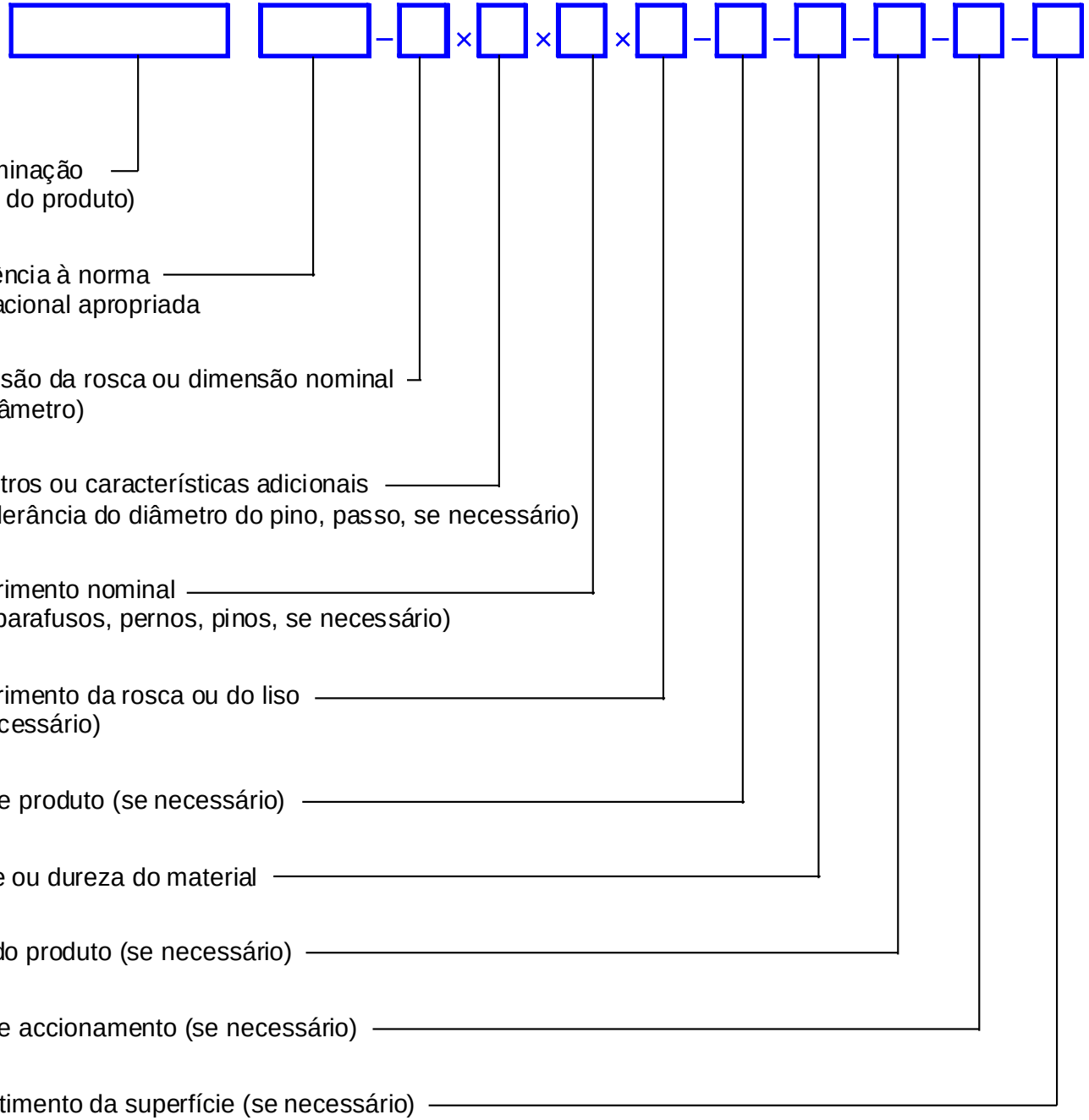


José António Almacinha

3 Elementos de fixação (“*fasteners*”)

3.1 Sistema de designação (“*designation system*”)

(ISO 8991: 1986)

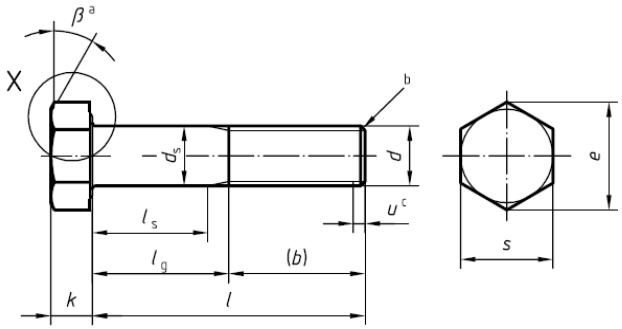


Em cada caso, as características não necessárias, previstas no sistema, podem ser omitidas.

EXEMPLOS:

Parafuso H ISO 4014 - M12 x 80 - 8.8

Representação em desenho:



Parafuso de cabeça hexagonal (**H**)

Norma **ISO 4014** (c/ corpo parcialmente roscado)

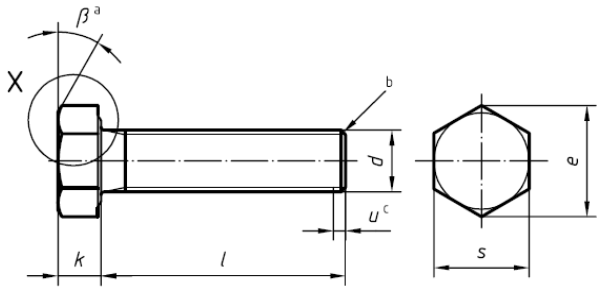
Rosca métrica (**M**) de diâmetro nominal *d* = **12** mm

Comprimento nominal *l* = **80** mm

Classe do material **8.8** (aço c/ R_m = 800 MPa e $R_{p0,2}$ = 640 MPa)

Parafuso H ISO 8676 - M12 x 1,5 x 100 - 10.9

Representação em desenho:



Parafuso de cabeça hexagonal (**H**)

Norma **ISO 8676** (c/ corpo totalmente roscado)

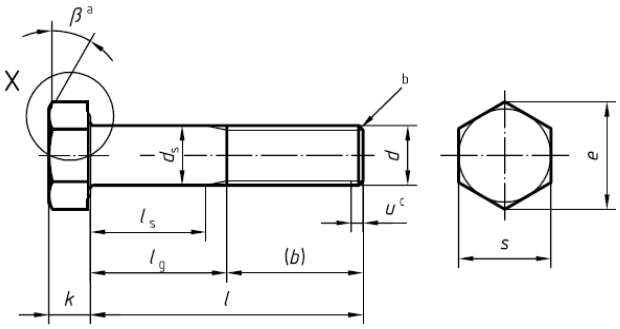
Rosca métrica (**M**) de diâmetro nominal *d* = **12** mm

Passo fino *P* = **1,5** mm

Comprimento nominal *l* = **100** mm

Classe do material **10.9** (aço c/ R_m = 1000 MPa e $R_{p0,2}$ = 900 MPa)

Parafuso H ISO 4014 - M12 x 80 - 8.8 - A2P



Parafuso de cabeça hexagonal (**H**)

Norma **ISO 4014** (c/ corpo parcialmente roscado)

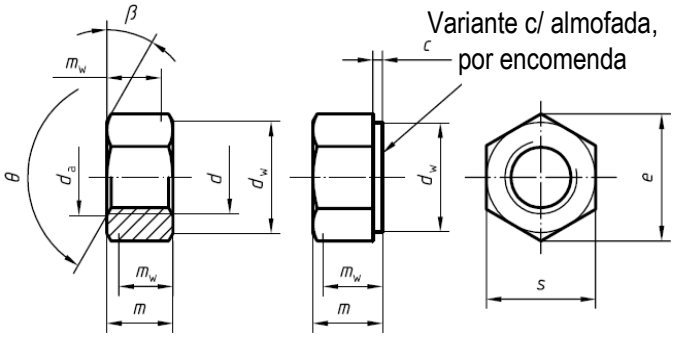
Rosca métrica (**M**) de diâmetro nominal *d* = **12** mm

Comprimento nominal *l* = **80** mm

Classe do material **8.8** (aço c/ R_m = 800 MPa e $R_{p0,2}$ = 640 MPa)

Revestimento electrolítico, segundo ISO 4042, símbolo **A2P** [zincado, espessura mínima de revestimento de 5 μm, acabamento opcional e passivação por tratamento com cromato, de cor típica B, C ou D (protecção por oxidação)]

Porca H ISO 4032 - M12 - 8



Porca hexagonal (**H**)

Norma **ISO 4032** [porca de estilo 1 (corrente)]

Rosca métrica (**M**) de diâm. nominal *d* = **12** mm

Classe do material **8** (aço c/ R_m = 800 MPa)

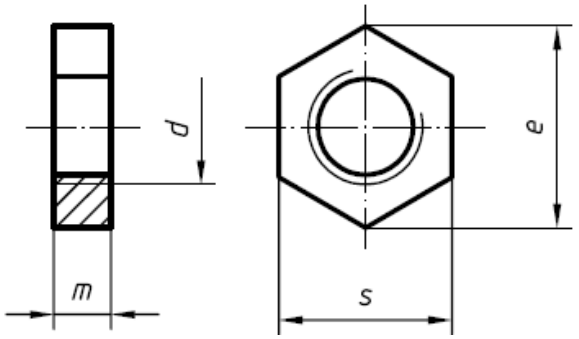
Porca H ISO 4036 - M6 - St

Porca hexagonal (**H**)

Norma **ISO 4036** (porca fina, sem chanfro)

Rosca métrica (**M**) de diâmetro nominal *d* = **6** mm

Material: **St** (aço com 110 HV min.)



Parafuso CBL ISO 7049 - ST3,5 x 16 - C - Z

Paraf. de cab. cilíndrica boleada larga com oco cruciforme (**CBL**)

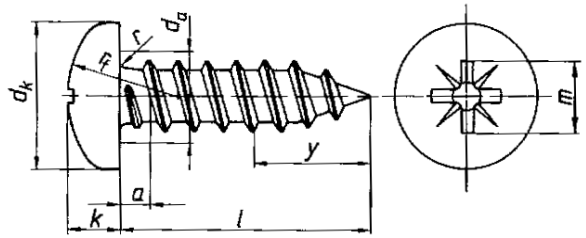
Norma **ISO 7049**

Rosca auto-roscante (ou de chapa) (**ST**) de diâm. nom. *d* = **3,5** mm

Comprimento nominal *l* = **16** mm

Ponta cónica (tipo **C**)

oco tipo **Z** (Pozidriv)



Pino cilíndrico ISO 2338 - 6m6 x 30 - St

Pino cilíndrico

Norma **ISO 2338** (não temperado)

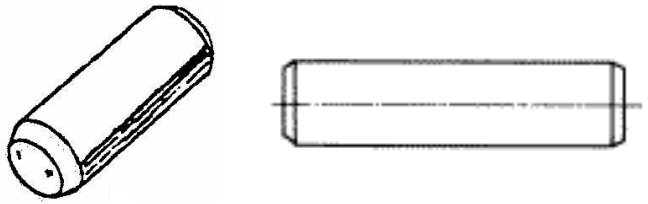
diâmetro nominal *d* = **6** mm

Classe de tolerância **m6**

Comprimento nominal *l* = **30** mm

Material: **St** (aço c/ dureza de 125 HV30 a 245 HV30)

Representação em desenho:



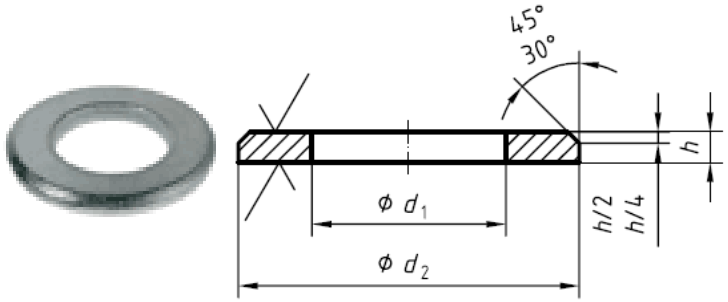
Anilha ISO 7090 - 8 - 140 HV

Anilha plana

Norma **ISO 7090** (série normal, com chanfro)

tamanho nominal **8** mm

Material: aço com dureza não inferior a **140 HV**



3.1.1 Critérios de classificação dos elementos de fixação

a) Grau ("*grade*")

O Grau do Produto (A, B, C ou F) refere-se à qualidade do produto e ao tamanho das tolerâncias, onde o grau A é o mais exacto e o grau C é o menos exacto (ISO 4759-1).

b) Estilo ("*style*")

O Estilo (1 e 2) baseia-se na altura da rosca das porcas, sendo decisivo para as propriedades mecânicas (ISO 2320), onde o estilo 1 ($0{,}8\ d \leq m < 0{,}9\ d$) é o corrente e o estilo 2, com uma altura10% maior ($0{,}9\ d \leq m < 1{,}1\ d$) é relativo às porcas altas.

c) Tipo ("*type*")

O Tipo do produto é uma noção relativa ao nível de confiança nas características quer geométricas quer mecânicas.

A norma NF E 25-003: 1982 define o Tipo (1, 2 e 3) como uma noção essencialmente ligada à segurança de funcionamento.

Os produtos de tipo 1 (graus A ou B) são fornecidos com certificado de ensaio, os de tipo 2 (graus A, B e C) são os de fabricação corrente e os de tipo 3 (graus B e C) são sujeitos a um controlo reduzido (sem certificado de ensaio).

Elementos de fixação:

Exemplo de um certificado de ensaio de um parafuso:



MAX MOTHES
GmbH + Co KG
SCHRAUBEN · MUTTERN
ZUBEHÖR
4000 DÜSSELDORF 1
Postfach 58 21
Suitbertusstraße 149
Telefon 0211/33 81-1
Telex 8 582 151 mot d

Werkszeugnis
DIN 50 049 / 3.1 B
Test Certificate
Certificat d'essais
СВИДЕТЕЛЬСТВО ОБ ИСПЫТАНИИ

Bestell-Nr.: 5507/86 vom 10.11.86
Order No.:
No. de commande de l'acheteur:
Заказ №

Besteller: Ahauser Tiefdruck-Gravuren
Ordered by: GmbH & Co. KG
Acheteur: Ridderstr. 38-40
Заказчик: 4422 Ahaus

Unsere Auftrags-Nr.: 40-56793
Our order no.:
Notre No. de commande:
Наш № заказа:

Umfang der Lieferung:
Description of supply:
Volume de la livraison:
Объем заказа:

Lieferung vom:
Delivery of:
Livraison du:
Поставка: 28.11.86

Düsseldorf,

Pos. Item No. Ref. № поз	Stück Quantity Pièces Кол. в шт.	Gegenstand und Abmessung Description and size Description et dimensions Предмет и размер	DIN/Zeichnung DIN/drawing DIN/dessin Чертеж	Werkstoff Material Matériau Материал	entsprechend according to selon DIN Согл. ДИН	Kennz. Mark Indice Усл. обознач.	Schmelze Charge No. Charge No. Плавка №
1	100	M 30 x 100 Mu.	28030 4.6-2 R St 38				
		Prüfbedingungen: DIN ISO 898 Teil 1					

Ergebnis der Prüfungen:
Results of tests:
Résultats d'essais:
Результат испытаний

Anforderungen:
Requirements:
Exigences:
Требования

Pos. Item No. Ref. № поз.	Probe Nr. Test No. No. de l'échantillon № пробы	Probestab Test piece Pièce d'essai Стержень образец mm-ø	Streckgrenze Yield strength Limite d'allongement Предел текучести при растяжении N/mm²	Zugfestigkeit Tensile strength Résistance à la traction Предел прочности при растяжении N/mm²	Dehnung Elongation Lo = 5d Allongement Удлинение %	Einschnürung Reduct. of area Red. de section Сужение %	Kerbschlagzähigkeit Impact test Résilience Ударная вязкость J/DVM	Härte Hardness Dureté Твердость HB F=D²30	Bemerkungen Remarks Remarques Примечания
1	1	30x100	293	455	24,5		64 62 67	131 137	

Stahlwerksanalysen in %
Analyses of steelwork:
Analyses de l'aciérie:
Анализы сталеплавильного завода

Erschmelzungsart:
Method of manufacture:
Mode de fusion:
Тип плавки

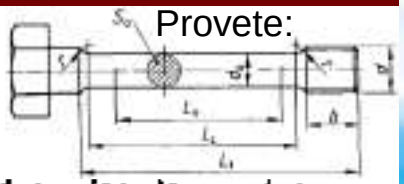
Pos. Item No. Ref. № поз.	Schmelze Charge No. Charge No. Плавка №	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	Ni	
1	B61533	0,15	-	-	0,023	0,020	-	-	-	-	

Die gestellten Anforderungen sind erfüllt.
The results meet the requirements.
Les résultats accomplissent les exigences.

MAX MOTHES

3.1.2 Materiais

Provete:



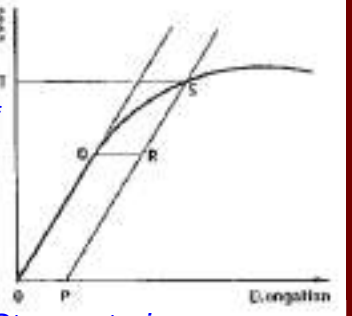


3.1.2.1 – Classes dos materiais ("*property classes*")

Os materiais usados na fabricação de peças roscadas são caracterizados pelas classes dos aços: ("*carbon steels*") **Aços ao carbono** (p/ baixa e média resistência) | ("*alloy steels*") **Aços ligados** (p/ alta resistência)

parafusos	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9
porcas	4 (<M 16) ou 5			5		6	8	9	10	12

R_m
$R_{p0,2}$ ("*proof strength*")



Os aços inoxidáveis de uso corrente são: A2-50, A2-70 e A2-80. ("*stainless steels*")
("*A – austenitic, F – ferritic or C – martensitic structures*")

No caso dos **parafusos** temos, por exemplo: ("*screws and bolts*") ("*tensile strength*")

4.8 – significa: resistência nominal à tracção $R_m = 4 \times 100 = 400\ N/mm^2$ ou 400 MPa e limite nominal de elasticidade $R_e = 0,8 \times 400 = 320$ MPa.

A2-70 – significa: resistência nominal à tracção $R_m = 70 \times 10 = 700$ MP
A – aço austenítico; 2 – caracteriza composição (tabelas).

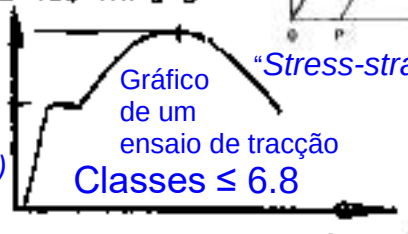


Gráfico de um ensaio de tracção

"*Stress-strain curves*"

("*yield strength*")

Classes ≤ 6.8

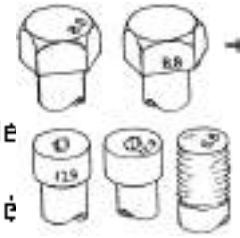
("*grade*")

No caso das **porcas** as indicações significam: ("*nuts*")

4 – material com resistência nominal à tracção $R_m = 4 \times 100 = 400$ MPa
(nas porcas baixas são usados 04 e 05 para significar pequena capacidade de carga).

No caso das **anilhas** as indicações: 140 HV, 200 HV e 350 HV ou A 140, A 200 e A 350, significam: ("*washers*")

140 HV – material com dureza Vickers não inferior a 140; ("*minimum hardness Vickers*")
(no caso de aço inoxidável o valor da dureza Vickers é antecedido por A.)



As peças roscadas são marcadas com as classes quando as **classes** forem diferentes de 3.6, 4.6, 4, 04 e 140 HV.

Para o cálculo da resistência de um parafuso aos esforços de tracção, a área resistente é dada por:

("*stress area*")

$$A_S = \tfrac{1}{4}\pi\,(d - 0{,}935\,P)^2$$

Elementos de fixação: sistema de designação







3.1.2.2– Revestimentos (“*coatings*”)

As peças roscadas podem ter acabamento em bruto, com ou sem passivação, revestimento electrolítico ou outro qualquer revestimento.

O revestimento electrolítico é designado simbolicamente por:

metal do revestimento
espessura mínima do depósito (em μm)
condição de brilho e pós-tratamento
(são usadas as espessuras: 3 5 8 10 12 15 20 μm)

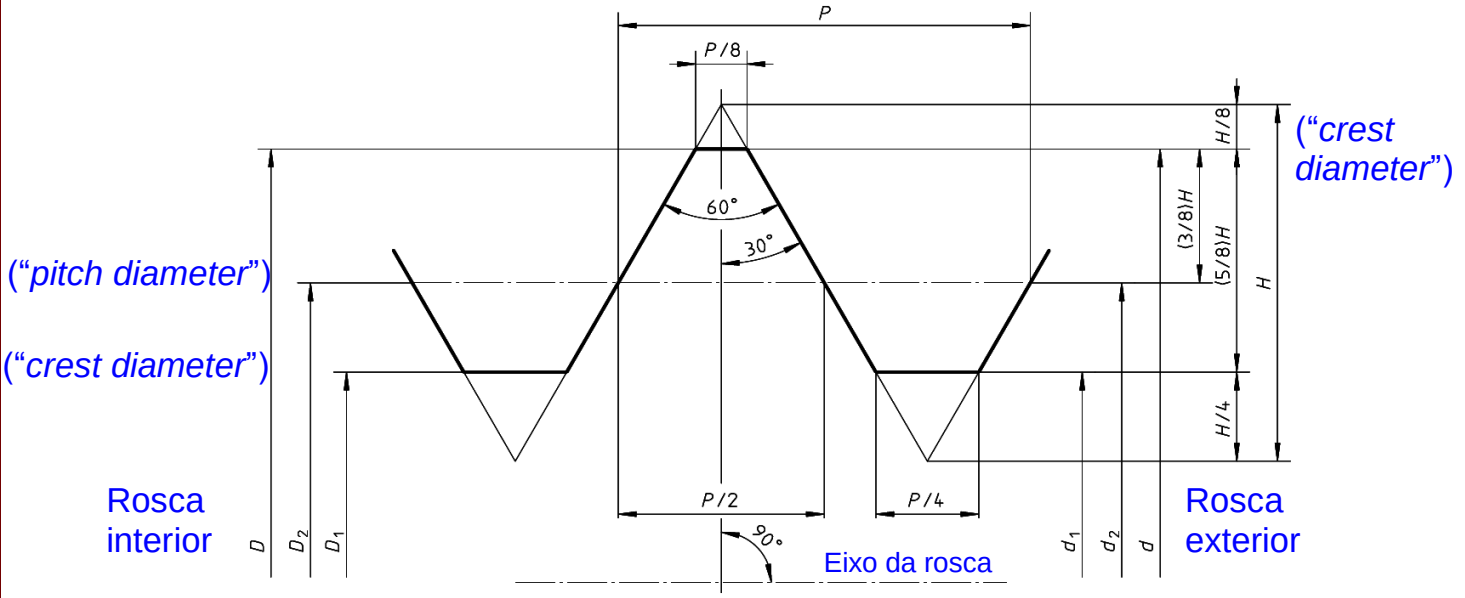
Ver EN ISO 4042

Exemplo de designação de revestimento electrolítico, segundo a EN ISO 4042: símbolo **A2P**

Metal de revestimento:	zincado,
Espessura mínima do depósito:	espessura mínima de revestimento de 5 μm,
Condição de brilho e pós-tratamento:	acabamento opcional e passivação por tratamento com cromato, de cor típica B, C ou D (protecção por oxidação)

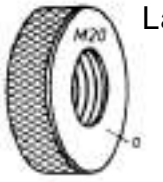
3.1.3 – Tolerânciamento das roscas (“*threads tolerances*”)

O **sistema de tolerâncias das roscas** (NP ISO 965-1) estabelece classes de tolerância para os diâmetros da crista (***D*$_1$** e ***d***) e diâmetros nos flancos (***D*$_2$** e ***d*$_2$**) das roscas.

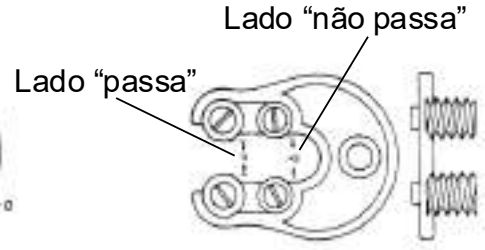


Verificação das tolerâncias das roscas:

Roscas exteriores



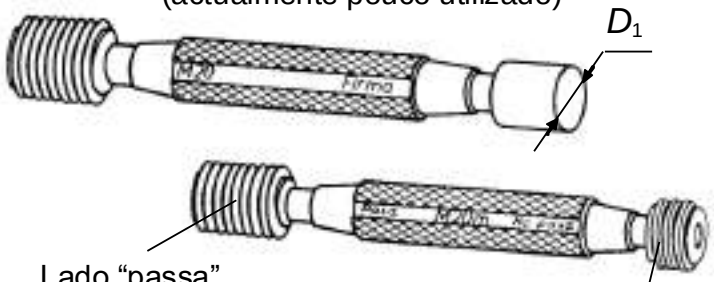
Calibre de anel normal para roscas



Calibre-maxila para roscas

Roscas interiores

Calibre normal
(actualmente pouco utilizado)



Calibre tampão

3.1.3 – Toleranciamento das roscas

Na produção de roscas são usadas qualidades de tolerâncias de **4** (de grande precisão) a **8**. As posições das tolerâncias úsuais são: **H** para o diâmetro da rosca interior (porca) e **g** para o diâmetro da rosca exterior (parafuso).
Os valores dos desvios são dados nas normas:

NP ISO 965-1, NP ISO 965-2 e NP ISO 965-3.

O **sistema de tolerâncias das roscas** (NP ISO 965-1) estabelece classes de tolerância para os diâmetros da crista (***D*₁** e ***d***) e diâmetros nos flancos (***D*₂** e ***d*₂**) das roscas.

Graus de tolerância: 4 e 5 (qualidade fina), **6** (qualidade média), **7** e **8** (qualidade grosseira).

Posições das tolerâncias: G e **H**, para roscas interiores; e, f, **g** e h, para roscas exteriores.

Classes de tolerância recomendadas:

Qualidade fina:	para roscas de precisão, quando é necessária uma pequena variação das características do ajustamento;
Qualidade média:	para uso geral;
Qualidade grosseira:	para casos em que podem surgir dificuldades de fabricação, por exemplo, quando se abrem roscas em barras laminadas a quente ou em furos cegos longos.

Roscas métricas ISO para usos gerais (qualidade média) (NP ISO 965-2)**:**

Roscas interiores:	5H (até M1,4) e **6H** (passo grosso) e **6H** (passo fino).
Roscas exteriores:	6h (até M1,4) e **6g** (passo grosso) e **6g** (passo fino).

Exemplos de designações (NP ISO 965-1)**:**

M10 × 1 - 5g 6g	(rosca exterior com classes de tolerância para ***d*₂** e ***d***, respectivamente)
M10 - 6g	(rosca exterior com classes de tolerância iguais para ***d*₂** e ***d***)
M10 × 1 - 5H 6H	(rosca interior com classes de tolerância para ***D*₂** e ***D*₁**, respectivamente)
M10 - 6H	(rosca interior com classes de tolerância iguais para ***D*₂** e ***D*₁**)
M6 - 6H/6g	(Ajustamento entre peças roscadas com a indicação das classes de tolerância para as roscas interior e exterior, respectivamente)
M20 × 2 - 6H/5g6g	(Ajustamento entre peças roscadas com a indicação das classes de tolerância para as roscas interior e exterior, respectivamente)

Elementos de fixação: sistema de designação

3.1.3.1 — Critérios gerais de classificação das peças roscadas

De acordo com a função, a forma, as características mecânicas, etc. são usadas as noções:

GRAU — (noção essencialmente ligada às tolerâncias dimensionais):
Grau A (fino) com as roscas: interior M*d*—6H e exterior M*d*—6g
Grau B (semi-fino) com as roscas M*d*—6H e Md—6g
Grau C (bruto) com as roscas M*d*—7H e M*d*—8g
Grau F (para mecânica fina).

TIPO — (noção essencialmente ligada à segurança de funcionamento):
Tipo 1 — (de alta qualidade de materiais e de precisão com controlo de qualidade e certificado a pedido).
Tipo 2 — (de boa qualidade de materiais e de precisão).
Tipo 3 — (para casos correntes sem requisitos especiais).

Grau A	**Grau B**	**Grau C**
(tolerâncias das dimensões)	(tolerâncias das dimensões)	(tolerâncias das dimensões)
Rosca: **6**	Rosca: **6**	Rosca: **7** (porcas) e **8** parafusos
Cabeça e entrefaces: h13 ($d \leq 32$)	Cabeça e entrefaces: h14 ($d \leq 19$) h15 ($d > 19$)	Cabeça e entrefaces: h14 ($d \leq 19$) h15 ($d > 19$)
Diâmetro do corpo: h13	Diâmetro do corpo: h14	Diâmetro do corpo: h15
Concentricidades: 2 IT13	Concentricidades: 2 IT14	Concentricidades: 2 IT15

Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP



Elementos de fixação
Elementos roscados



José António Almacinha

3.2.1 Parafusos



Um **parafuso** (“*screw*”) é uma peça amovível, com ou sem cabeça, provida de rosca exterior e de um meio de accionamento.

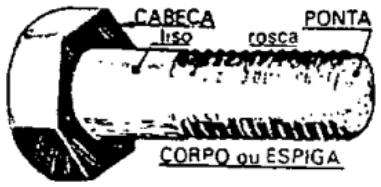


Fig. 1 - Parafuso

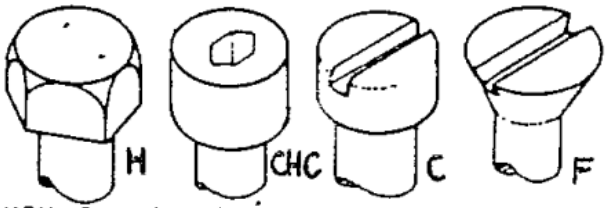


Fig. 2 - Cabeças de parafusos

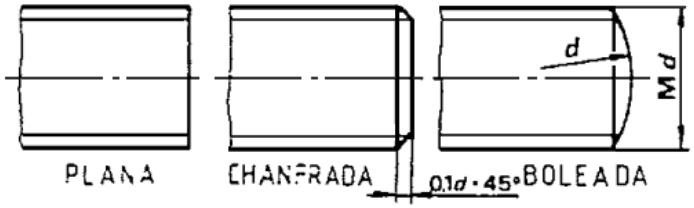


Fig 3 Pontas de parafusos

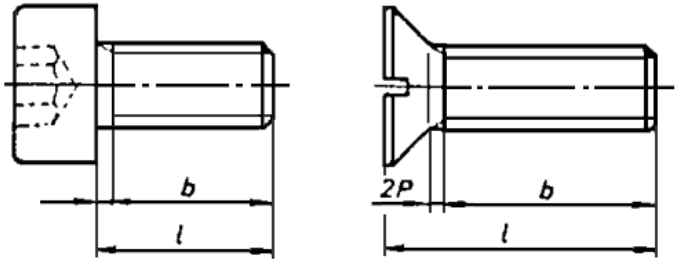
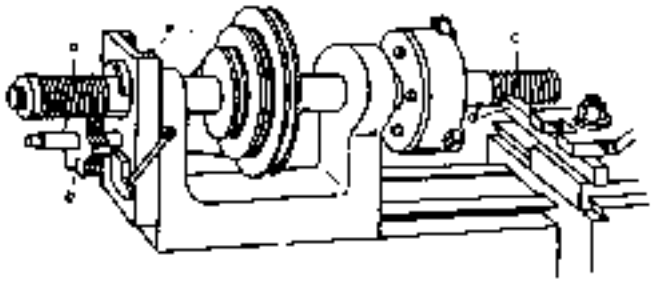
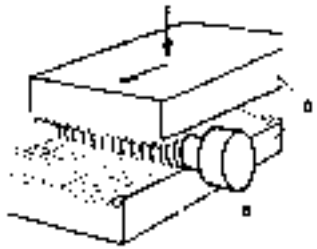


Fig 4 - Espiga completamente roscada

Modos de produção da rosca:





Fibras do material deformadas
(Boa resistência)

Fibras do material cortadas
(Menor resistência)



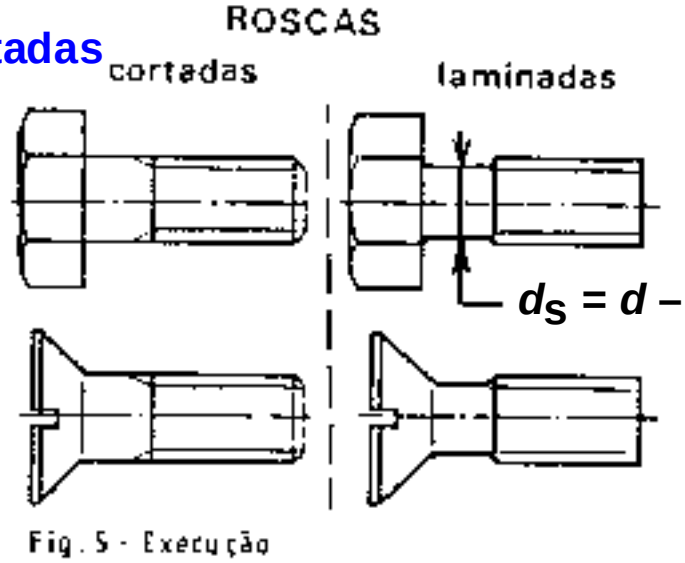
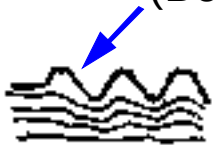
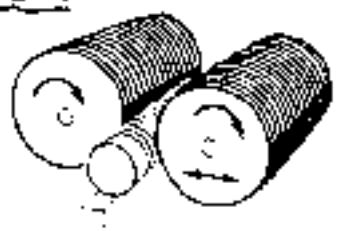


Fig. 5 - Execução





Elementos de fixação: elementos roscados

Comprimentos normais – *l* :

2 3 4 5 6 8 10 12 (14) 16 20 25
30 35 40 45 50 55 60 65 70 80 90
100 110 120 130 140 150 160 180
200 220 240 260 280 300 320 340
360 380 400 420 440 460 480 500 js15

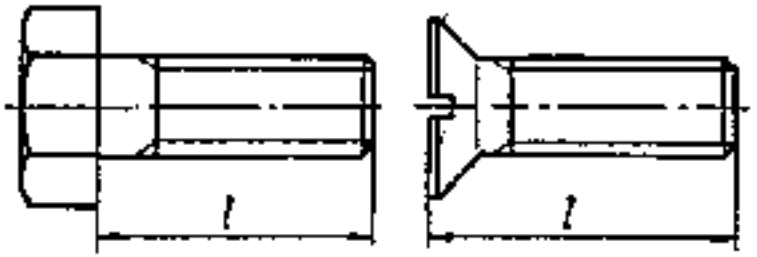


Fig.6 - Comprimento do parafuso

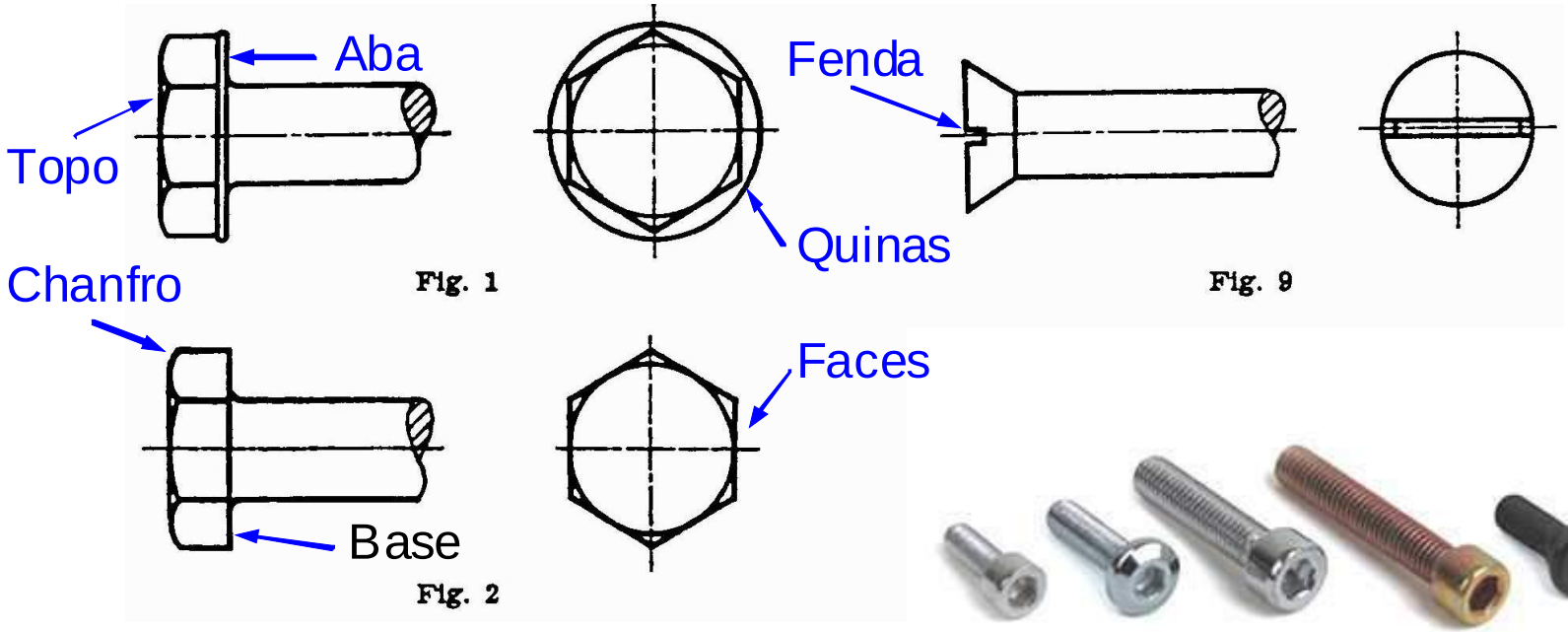
–Designação de parafusos

Um parafuso é designado representando sucessivamente:

Parafuso	tipo de cabeça	norma	*Md* × *l* — classe

Para parafusos e porcas, consultar também o **livro DTB-3, pp. 253-267**.

3.2.1.1 **Parafusos:** nomenclatura



Elementos de fixação: elementos roscados



Dispositivos p/ impedir a rotação do parafuso:

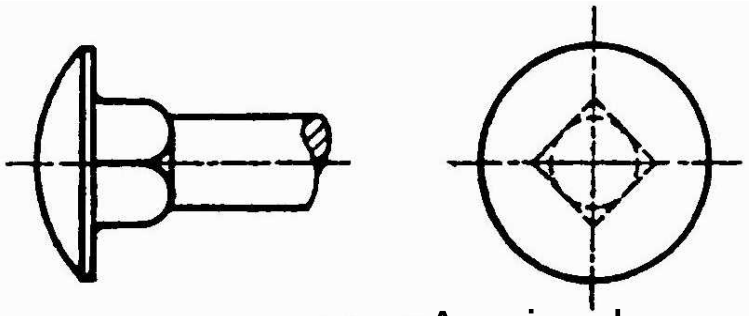


Fig. 3 Arreigada quadrada

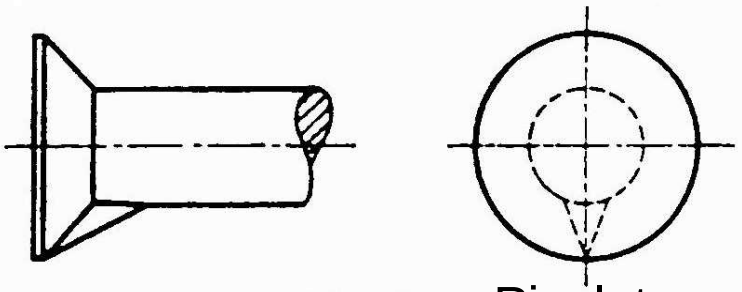


Fig. 5 Picoleto

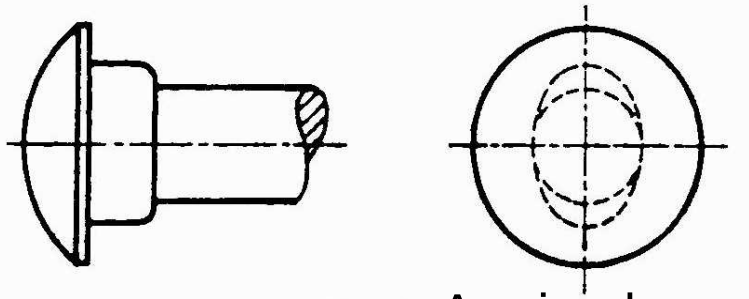


Fig. 4 Arreigada oval

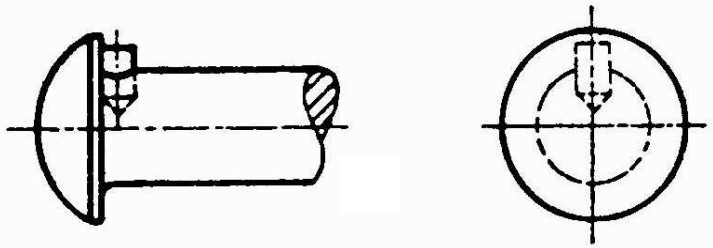
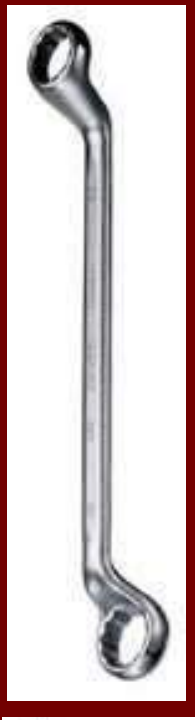


Fig. 6 Prisioneiro

Cabeças de parafusos:







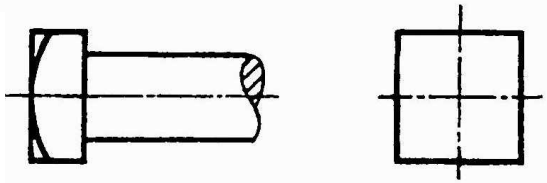


Fig. 7 Cabeça quadrada

Almofada

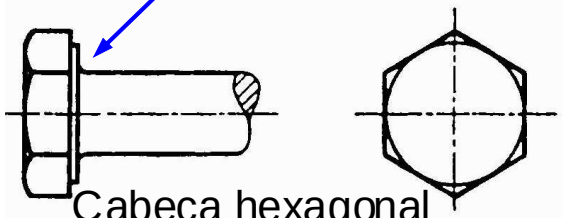


Fig. 8 Cabeça hexagonal (ou sextavada)

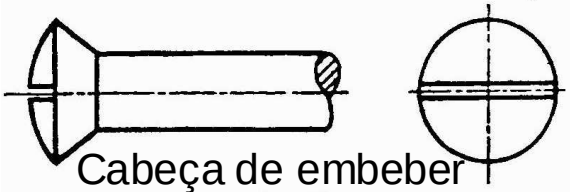


Fig. 11 Cabeça de embeber boleada (ou de lentilha)

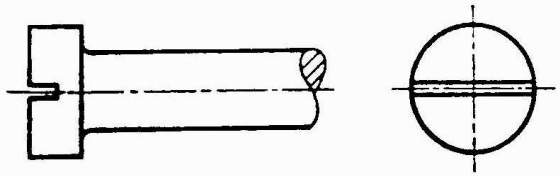


Fig. 12 Cabeça cilíndrica

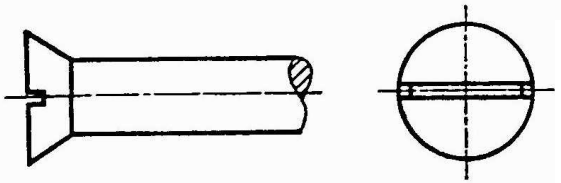


Fig. 9 Cabeça de embeber

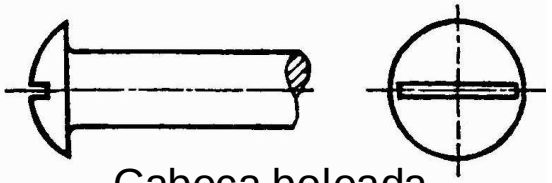


Fig. 10 Cabeça boleada (ou de tremoço)

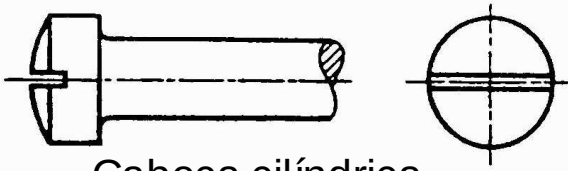


Fig. 13 Cabeça cilíndrica boleada (ou de menisco)

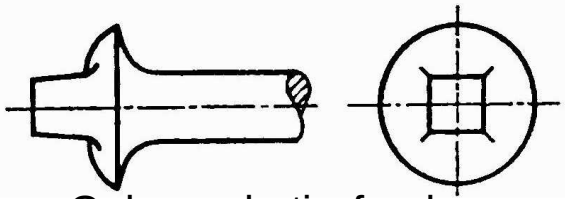
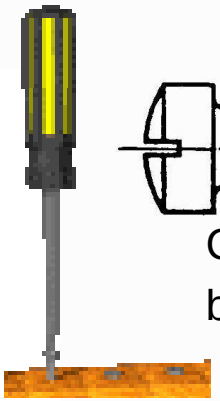


Fig. 14 Cabeça de tirafundo (p/ caminhos-de-ferro)





Elementos de fixação: elementos roscados

Cabeças de parafusos:
(continuação)

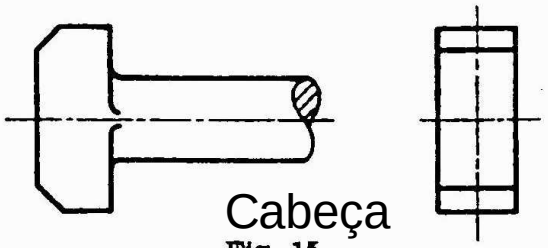


Fig. 15 Cabeça de martelo

(ex: utilização em máquinas-ferramenta)

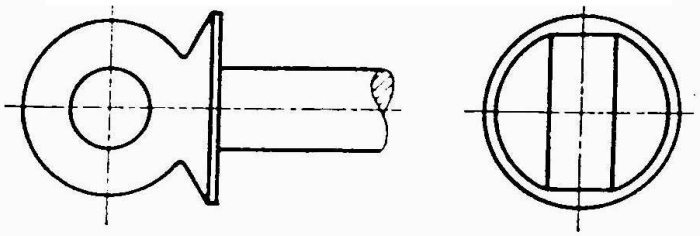


Fig. 16 Cabeça de bola

(utilização na indústria de mobiliário)

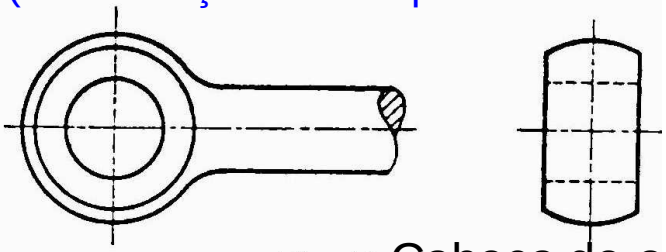


Fig. 18 Cabeça de olhal

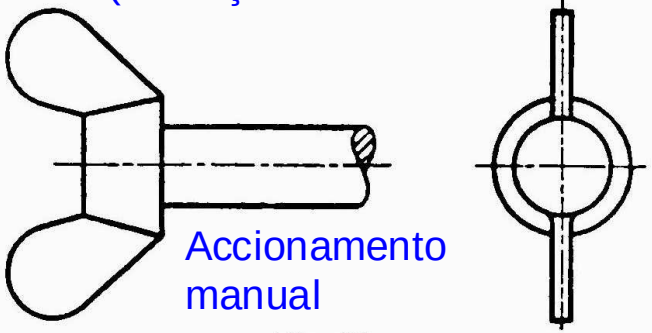


Fig. 17 Cabeça de orelhas



Fig. 19 Cabeça recartilhada









Elementos de fixação: elementos roscados





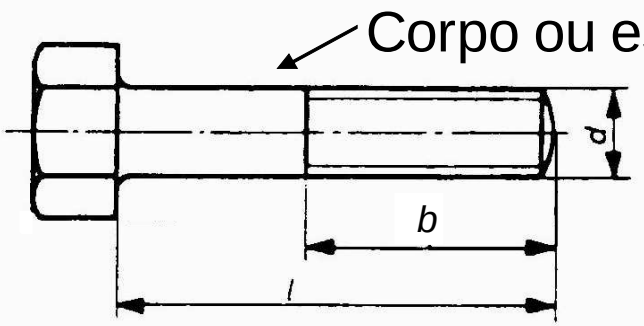


Fig. 28

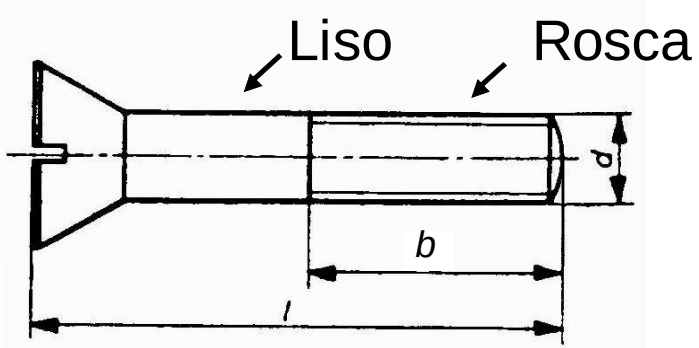


Fig. 30

Diâmetro nominal ***d***; comprimento do parafuso ***l***

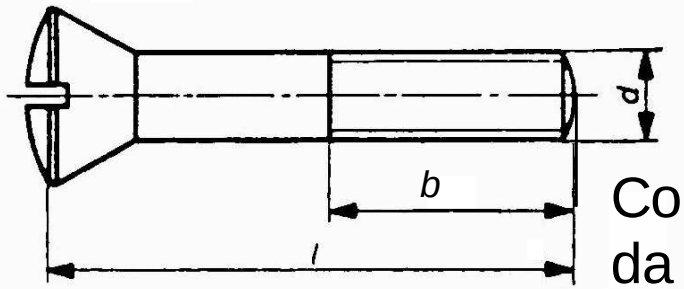


Fig. 29

Comprimento da rosca ***b***

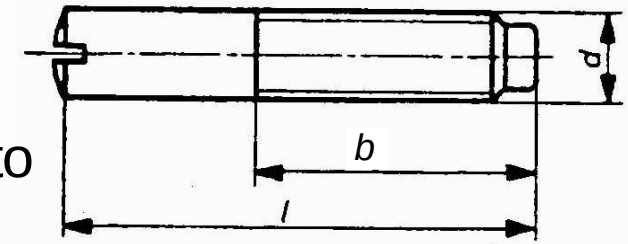
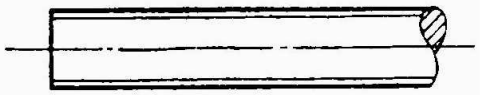


Fig. 31

Elementos de fixação: elementos roscados

Pontas:



Ponta plana (ou direita)

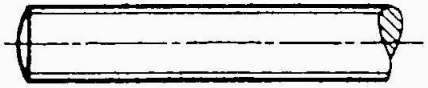


Fig. 21 Boleada
(utilizada, sobretudo, em pernos)



Fig. 22 Chanfrada



Fig. 23 Cilíndrica rebaixada

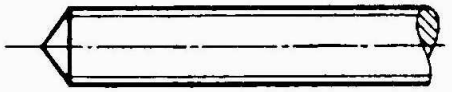


Fig. 24 Cónica (ou em bico)

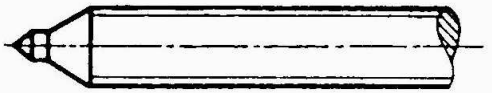


Fig. 25 Cónica c/ guia cilíndrica

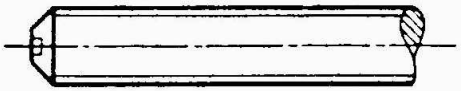


Fig. 26 Cavada

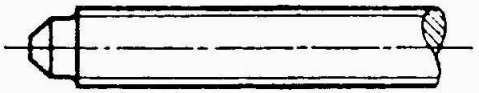
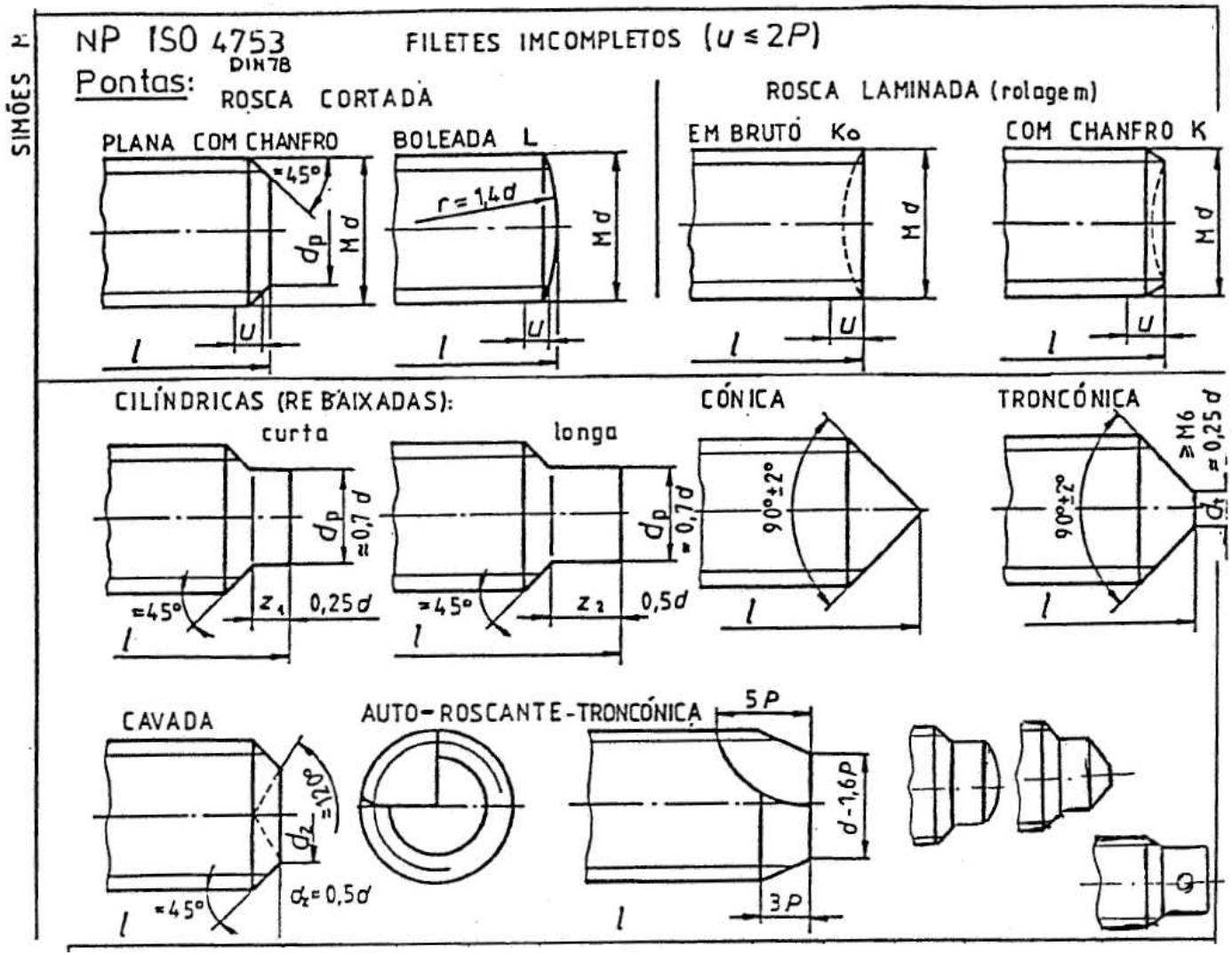


Fig. 27 Cilíndrica tronco-cónica

Elementos de fixação: elementos roscados

Pontas de peças roscadas com rosca métrica ISO exterior



Elementos de fixação: elementos roscados

d	P	d_h H13	d_p h13 [1]	d_t [2] h16	d_z h14	z_1 +IT14	z_2 +IT14	z_3 +IT14	z_4 ≈	z_5 ≈	w min.	DIN 94
1	0,25	–	0,5	–	–	–	0,5	–	–	–	–	–
1,2	0,25	–	0,6	–	–	–	0,6	–	–	–	–	–
1,4	0,3	–	0,7	–	0,7	0,35	0,7	–	–	–	–	–
1,6	0,35	–	0,8	–	0,8	0,4	0,8	–	–	–	–	–
1,8	0,35	–	0,9	–	0,9	0,45	0,9	–	–	–	–	–
2	0,4	0,6	1	–	1	0,5	1	0,5	0,25	0,4	0,7	0,6 X 5
2,2	0,45	0,6	1,2	–	1,1	0,55	1,1	0,55	0,3	0,5	0,8	0,6 X 5
2,5	0,45	0,6	1,5	–	1,2	0,63	1,25	0,63	0,35	0,6	0,9	0,6 X 5
3	0,5	0,6	2	–	1,4	0,75	1,5	0,75	0,4	0,8	1,2	0,6 X 5
3,5	0,6	0,8	2,2	–	1,7	0,88	1,75	0,88	0,45	0,9	1,2	0,8 X 6
4	0,7	0,8	2,5	–	2	1	2	1	0,5	1	1,5	0,8 X 6
4,5	0,75	0,8	3	–	2,2	1,12	2,25	1,12	0,55	1,25	1,8	0,8 X 6
5	0,8	1	3,5	–	2,5	1,25	2,5	1,25	0,6	1,5	2	1 X 8
6	1	1	4	1,5	3	1,5	3	1,5	0,7	1,75	2,5	1 X 8
7	1	1,2	5	2	4	1,75	3,5	1,75	0,8	2,25	2,5	1,2 X 10
8	1,25	1,6	5,5	2	5	2	4	2	1	2,5	3	1,6 X 12
10	1,5	2	7	2,5	6	2,5	5	2,5	1	3	3,5	2 X 14
12	1,75	2,5	8,5	3	8	3	6	3	1,25	3,5	4	2,5 X 16
14	2	3,2	10	4	9	3,5	7	3,5	1,5	4	4,5	3,2 X 20
16	2	3,2	12	4	10	4	8	4	1,75	4,5	5	3,2 X 20
18	2,5	4	13	5	12	4,5	9	4,5	2	4,5	6	4 X 22
20	2,5	4	15	5	14	5	10	5	2	5	7	4 X 25



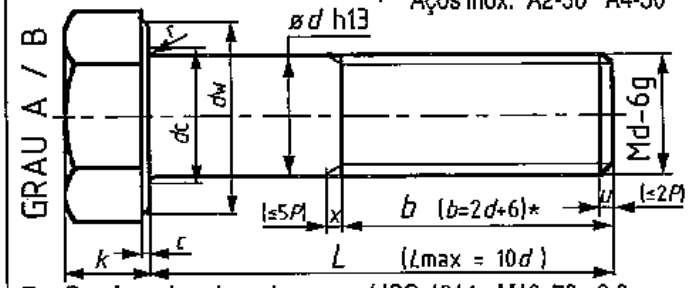
3.2.1.2.1 – Parafusos de cabeça hexagonal

.1- PARAFUSOS DE CABEÇA HEXAGONAL PARA METAIS "PARAFUSO H"(PASSOS GROSSOS)

("*bolts*") ("*screws*")

ISO 4014 - Grau A
Parafuso com liso

Classe de material:
Aços: 5.6 8.8 9.8 10.9
Aços inox. A2-50 A4-50

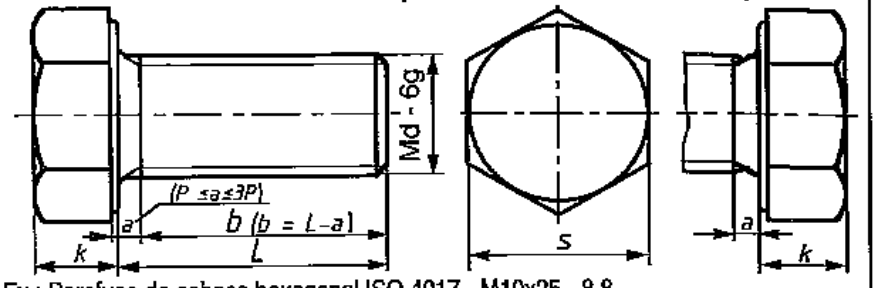


Ex.: Parafuso de cabeça hexagonal ISO 4014 - M10x70 - 8.8

ISO 4017 - Grau A
Parafuso todo roscado

Classe material:
Aços: 5.6 8.8 9.8 10.9
Aços inox. A2-50, A4-50

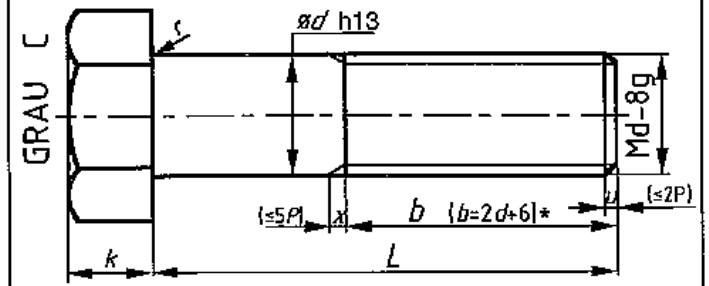
Outra forma possível



Ex.: Parafuso de cabeça hexagonal ISO 4017 - M10x25 - 8.8

ISO 4016 - Grau C
Parafuso com liso

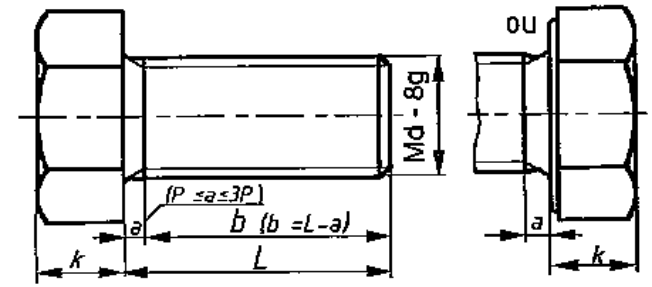
Classe material:
Aços: 3.6 4.6 4.8



Ex.: Parafuso de cabeça hexagonal ISO 4016 - M10x25 - 4.8

ISO 4018 - Grau C
Parafuso todo roscado

Classe material:
Aços: 3.6 4.6 4.8



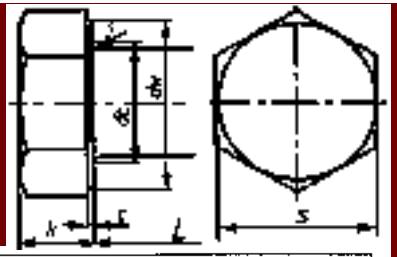
Ex.: Parafuso de cabeça hexagonal ISO 4018 - M10x25 - 4.8

Grau A
quando d ≤ 24
grau B
quando d > 24
ou L > 10d

OBSERVAÇÕES:
* -Comprimento **b** da rosca:
$b = 2d + 6$ para $l \leq 125$
$b = 2d + 12$ $125 > l \leq 200$
$b = 2d + 25$ para $l > 200$

Comprimentos normais *L* js 15 : 2 3 4 5 6 8 10 12 16 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 80 90
100 110 120 130 140 150 160 180 200 220 240 260 280 300 320 340 360 380 400 420 440 460 480 500 js15

Elementos de fixação: elementos roscados



Entrequinas: $e \approx 1{,}16\ s$



DIÂM	PASS	CABEÇA HEXAGONAL						GRAU A / GRAU B				GRAU C				GRAU B	
NOM.					GRAU A			ISO 4014		ISO 4017		ISO 4016		ISO 4018		ISO 4015	
Md	***P***	***s*** nom	***k***	***c*** max.	***dw*** min.	***r*** min.	***dc*** max.	***L*** min.	***L*** max.	***L*** min.	***L*** max.	***L*** min.	***L*** max.	***L*** min.	***L*** max.	***L*** min.	***L*** max
1,6	0,35	3,2	1,1	0,25	2,27	0,1	2,0	12	16	2	16						
2	0,4	4	1,4	0,25	3,07	0,1	2,6	16	20	4	20						
2,5	0,45	5	1,7	0,25	4,07	0,1	3,1	16	25	5	25						
3	0,5	5,5	2	0,4	4,57	0,1	3,6	20	30	6	30					20	30
3,5	0,6	6	2,4	0,4	5,07	0,1	4,1	20	35	8	35						
4	0,7	7	2,8	0,4	5,88	0,2	4,7	25	40	8	40					20	40
5	0,8	8	3,5	0,5	6,88	0,2	5,7	25	50	10	50	25	50	10	50	25	50
6	1	10	4	0,5	8,88	0,25	6,8	30	60	12	60	30	60	12	60	25	60
8	1,25	13	5,3	0,6	11,63	0,4	9,2	40	80	16	80	40	80	16	80	30	80
10	1,5	16	6,4	0,6	14,63	0,4	11,2	45	100	20	100	45	100	20	100	40	100
12	1,75	18	7,5	0,6	16,63	0,6	13,7	50	120	25	120	55	120	25	120	45	120
14	2	21	8,8	0,6	19,37	0,6	15,7	60	140	30	140	60	140	30	140	50	140
16	2	24	10	0,8	22,49	0,6	17,7	65	160	30	200	65	160	30	160	55	150
18	2,5	27	11,5	0,8	25,34	0,6	20,2	70	180	35	200	80	180	35	180		
20	2,5	30	12,5	0,8	28,19	0,8	22,4	80	200	40	200	80	200	40	200	65	150
22	2,5	34	14	0,8	31,71	0,8	24,4	90	220	45	200	90	220	45	240		
24	3	36	15	0,8	33,61	0,8	26,2	90	240	50	200	100	240	50	240		
27	3	41	17	0,8	38,00	1	30,4	100	260	55	200	110	260	55	300	* OBSERV.	
30	3,5	46	18,7	0,8	42,75	1	33,4	110	300	60	200	120	300	60	300		
33	3,5	50	21	0,8	46,55	1	36,4	130	320	65	200	130	320	65	360	$b = 2d + 6$	
36	4	55	22,5	0,8	51,11	1	39,4	140	360	70	200	140	360	70	360	($L \leq 125$)	
39	4	60	25	1	55,86	1	42,4	150	380	80	200	150	400	80	400		
42	4,5	65	26	1	59,95	1,2	45,6	160	420	80	200	180	420	80	420	$b = 2d + 12$	
45	4,5	70	28	1	64,70	1,2	48,6	180	440	90	200	180	440	90	440	($125 < L \leq 200$)	
48	5	75	30	1	69,45	1,6	52,6	180	480	100	200	200	480	100	480		
52	5	80	33	1	74,20	1,6	56,6	200	480	100	200	200	500	100	500	$b = 2d + 25$	
56	5,5	85	35	1	78,66	2	63,0	220	500	110	200	240	500	110	500	($L > 200$)	

Elementos de fixação: elementos roscados



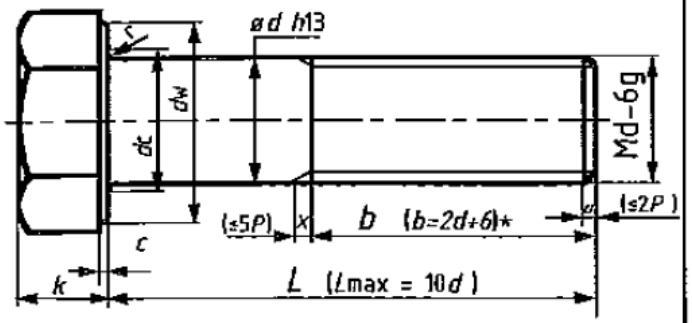
.2- PARAFUSOS DE CABEÇA HEXAGONAL (PARAFUSOS H) COM PASSOS FINOS

PARAFUSOS DE CABEÇA HEXAGONAL PARA METAIS - PARAFUSOS H - PASSOS FINOS

ISO 8765 -Grau A
(Grau B para $d > 24$)

Classe material:
Aços: 5.6 8.8 10.9
Aços inox. A2-70 A4-70
CU2, CU3

Parafuso com liso



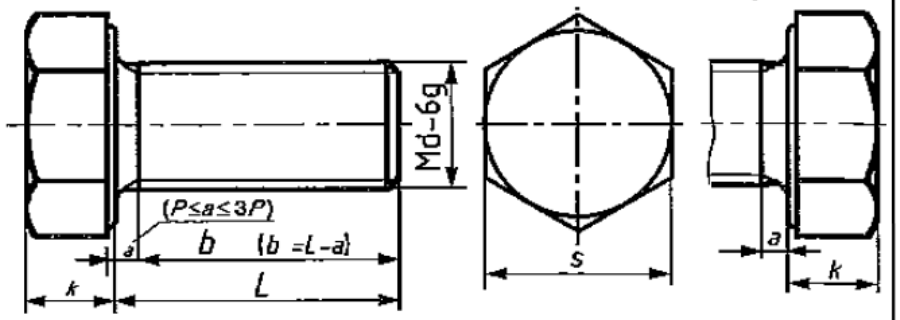
Ex.: Parafuso de cabeça hexagonal ISO 8765 - M10x1x70 - 8.8

ISO 8676 -Grau A

Classe material:
Aços: 5.6 8.8 10.9
Aços inox. A2-50 A4-50
CU2, CU3

Parafuso todo roscado

Outra forma possível

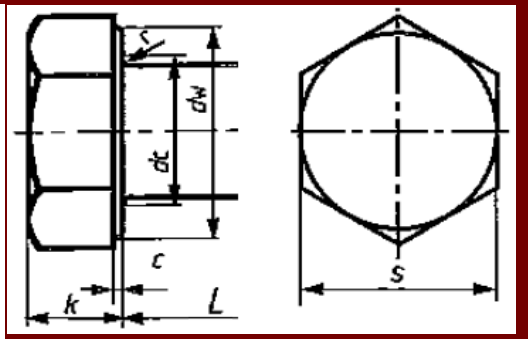


Ex.: Parafuso de cabeça hexagonal ISO 8676 - M10x1,25 x25 - 8.8

Comprimentos normais L js 15 : 2 3 4 5 6 8 10 12 16 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 80 90
100 110 120 130 140 150 160 180 200 220 240 260 280 300 320 340 360 380 400 420 440 460 480 500 js15

Elementos de fixação: elementos roscados

Dnom x P fino	CABEÇA HEXAGONAL Grau A / B						ISO 8765		ISO 8676	
	s	k	c	dw	r	dc	L		L	
Md x P	nom.		max.	min.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
8 x 1	13	5,3	0,6	11,63	0,4	9,2	40	80	16	80
10 x 1; 10 x 1,25	16	6,4	0,6	14,63	0,4	11,2	45	100	20	100
12 x 1,5; 12 x 1,25	18	7,5	0,6	16,63	0,6	13,7	50	120	25	120
(14 x 1,5)	21	8,8	0,6	19,37	0,6	15,7	60	140	30	140
16 x 1,5	24	10	0,8	22,49	0,6	17,7	65	160	35	160
(18 x 1,5)	27	11,5	0,8	25,34	0,6	20,2	70	180	35	180
20 x 1,5; 20 x 2	30	12,5	0,8	28,19	0,8	22,4	80	200	40	200
(22 x 1,5)	34	14	0,8	31,71	0,8	24,4	90	220	45	220
24 x 2	36	15	0,8	33,61	0,8	26,2	100	240	40	200
(27 x 2)	41	17	0,8	38,00	1	30,4	110	260	55	220
30 x 2	46	18,7	0,8	42,75	1	33,4	120	300	40	200
(33 x 2)	50	21	0,8	46,55	1	36,4	130	320	65	360
36 x 3	55	22,5	0,8	51,11	1	39,4	140	360	40	200
42 x 3	65	26	1	59,95	1,2	45,6	160	440	90	420
(45 x 3)	70	28	1	64,70	1,2	48,6	180	440	90	440
48 x 3	75	30	1	69,45	1,6	52,6	200	480	100	480
56 x 4	85	35	1	78,66	2	63,0	220	500	120	500
(60 x 4)	90	38	1	83,41	2	67,0	240	500	120	500
64 x 4	95	40	1	88,16	2	71,0	260	500	130	500





3.2.1.2.2 – Parafusos diversos para ligações metálicas

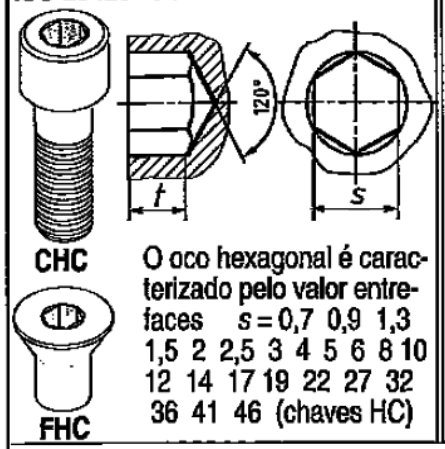






.1- PARAFUSOS COM OCO HEXAGONAL PARA LIGAÇÕES

ISO 23429- OCO HEXAGONAL HC



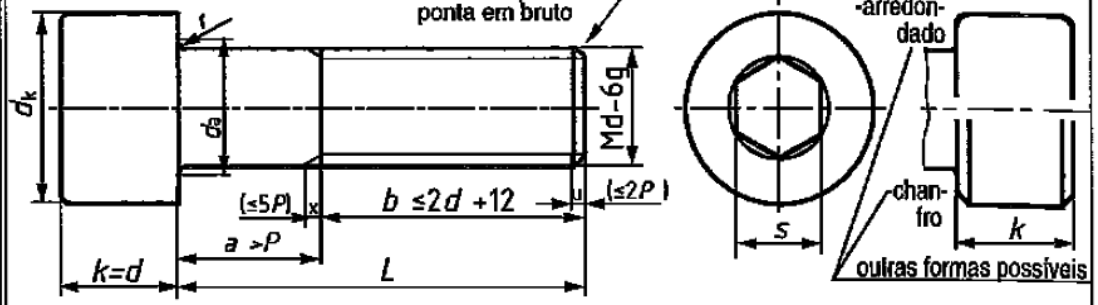
O oco hexagonal é caracterizado pelo valor entre-faces s = 0,7 0,9 1,3 1,5 2 2,5 3 4 5 6 8 10 12 14 17 19 22 27 32 36 41 46 (chaves HC)

PARAFUSOS DE CABEÇA CILÍNDICA DE OCO HEXAGONAL - PARAFUSOS CHC

ISO 4762 GRAU A
ISO 12474 (passos finos)

Ponta com chanfro (para $d \leq 4$ em rosca laminada pode ter ponta em bruto

Classe de material:
Aços: 8.8 10.9 12.9
A2-70, A4-70 para ≤M24



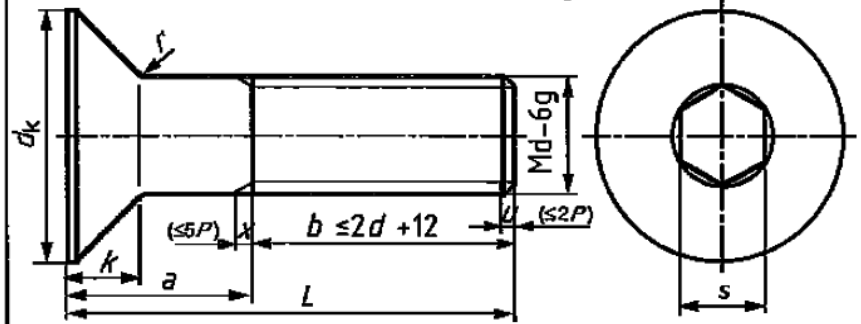
Ex.: Parafuso de cabeça cilíndrica com oco hexagonal ISO 4762-M10x70-12.9

Comprimentos normais L **js 15 :** 2 3 4 5 6 8 10 12 16 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 180 200 220 240 260 280 300 js15

PARAFUSOS DE CABEÇA DE EMBEBER DE OCO HEXAGONAL - FHC

ISO 10 642 GRAU A

Classe de material:
Aços: 8.8 10.9 12.9

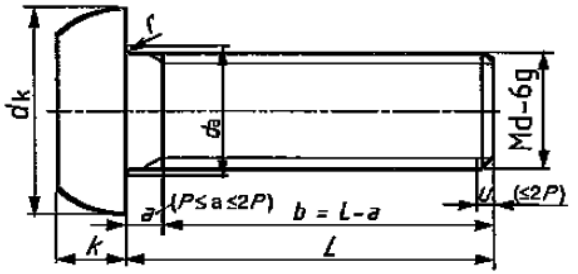


Ex.: Parafuso de cabeça de embeber com oco hexagonal ISO 10642-M10x70-12.9

PARAFUSOS DE CABEÇA BOLEADA DE OCO HEXAGONAL - BHC

ISO 7380 GRAU A

Classe de material 12.9



Ex.:Parafuso de cabeça redonda de oco hexagonal ISO 7380-M8x30-12.9

Elementos de fixação: elementos roscados





DIÂM. NOM Md	PASSO GROSS e FINO PPf	PARAFUSO CHC - ISO 4762 ISO12474 cabeça (k= d) dk nom.	da min.	r min.	oco s nom.	t min.	comprim. L min.	max	PARAFUSO FHC - ISO 10 642 cabeça dk max.	k max.	r min.	oco s nom.	t min.	comprim. L min.	max	PARAFUSO BHC - ISO 7380 cabeça dk max.	k max.	r min.	oco s nom.	t min.	comprim. L min.	max
1,6	0,35	3	2,0	0,1	1,5	0,7	2,5	–	O comprimento do parafuso ISO 10642 FHC inclui a altura k da cabeça							O parafuso ISO 7380 BHC é todo roscado						
2	0,4	3,8	2,6	0,1	1,5	1	3	20														
2,5	0,45	4,5	3,1	0,1	2	1,1	4	25														
3	0,5	5,5	3,6	0,1	2,5	1.3	5	30	6,72	1,86	0,1	2	1,1	8	30	5,7	1,65	0,1	2	1,04	6	12
4	0,7	7	4,7	0,2	3	2	6	40	8,96	2,48	0,2	2,5	1,5	8	40	7,6	2,20	0,2	2,5	1,3	8	16
5	0,8	8,5	5,7	0,2	4	2,5	8	50	11,2	3,10	0,2	3	1,9	8	50	9,5	2,75	0,2	3	1,56	10	30
6	1	10	6,8	0,25	5	3	10	60	13,4	3,72	0,25	4	2,2	8	60	10,5	3,30	0,25	4	2,08	10	30
8	1,25; 1	13	9,2	0,4	6	4	12	80	17,9	4,86	0,4	5	3	10	80	14	4,40	0,4	5	2,6	10	40
10	1,5; 1	16	11,2	0,4	8	5	16	100	22,4	6,20	0,4	6	3,6	12	100	17,5	5,50	0,4	6	3,12	12	40
12	1,75;1,5	18	13,7	0,6	10	6	20	120	26,9	7,44	0,6	8	4,3	20	100	21	6,60	0,6	8	4,16	12	50
14	2	21	15,7	0,6	12	7	25	140	30,8	8,40	0,6	10	4,5	25	100	—	—	—	—	—	—	—
16	2; 1,5	24	17,7	0,6	14	8	25	160	33,6	8,80	0,6	10	4,8	30	100	28	8,80	0,6	10	5,2	16	50
20	2,5; 1,5	30	22,4	0,8	17	10	30	200	40,3	10,16	0,8	12	5,6	35	100	$b = L - P$ ... $b = L - 2P$						
24	3; 2	36	26,4	0,8	19	12	40	200	$b \leq 2d+12$ com $x \leq 5P$							Parafuso ISO 7380, BHC, é roscado até à distância: $a \leq 2P$ ... $a \geq P$ da base da cabeça, tem rosca b entre L- P = 28,75 e L- 2P = 27,5						
30	3,5; 2	45	33,4	1	22	15,5	45	200	O parafuso ISO 4762													
36	4; 3	54	39,4	1	27	19	55	200														
42	4,5; 3	63	45,6	1,2	32	24	60	300														
48	5; 3	72	52,6	1,6	36	28	70	300														
56	5,5; 4	84	63,0	2	41	33	80	300														
64	6; 4	96	71,0	2	46	38	90	300														

Exemplos de designação:

Parafuso de cabeça boleada plana, de oco hexagonal ISO 7380-M8x30-12.9

Parafuso de cabeça cilíndrica, de oco hexagonal ISO 21269-M10x1x50-12.9

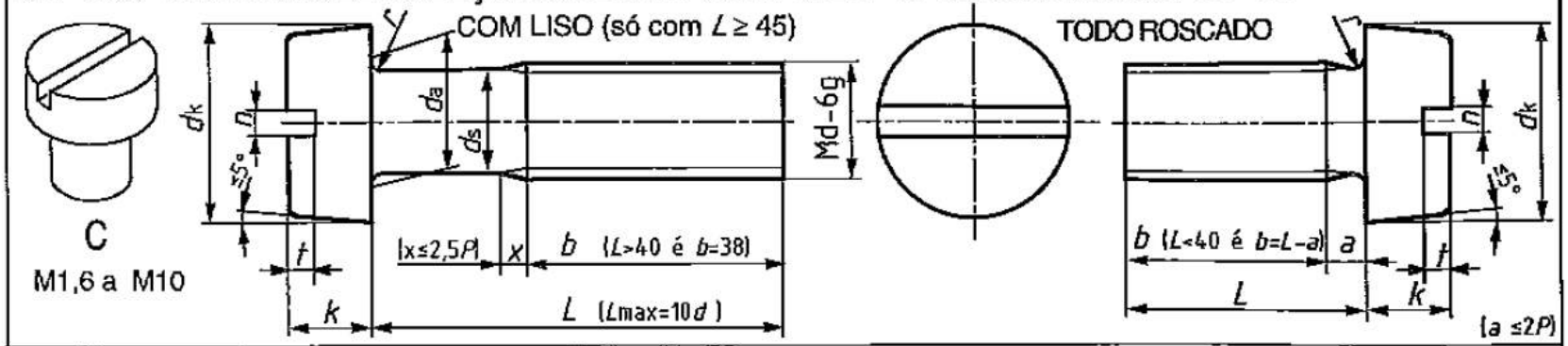
Elementos de fixação: elementos roscados



.2- PARAFUSOS COM FENDA- PARA LIGAÇÕES METÁLICAS

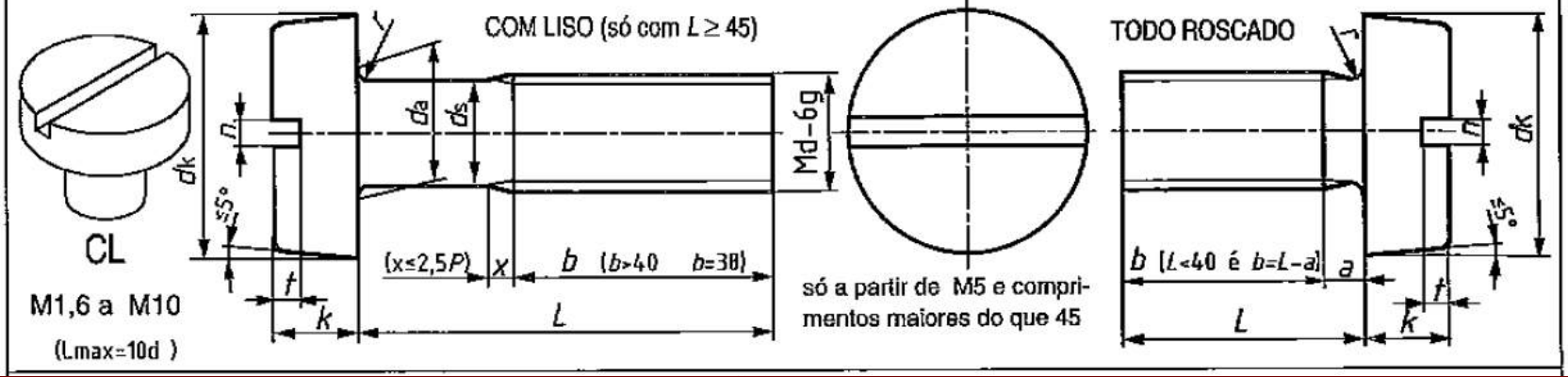
ISO 1207- PARAFUSO DE CABEÇA CILÍNDRICA COM FENDA - C

Classe de material: 4.8 5.8 A2-50 A2-70



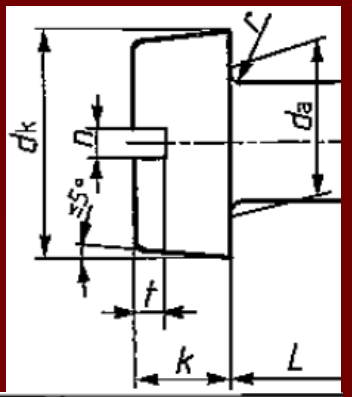
ISO 1580- PARAFUSO DE CABEÇA CILÍNDRICA LARGA COM FENDA - CL

Classe: 4.8 5.8 A2-50 A2-70



Elementos de fixação: elementos roscados

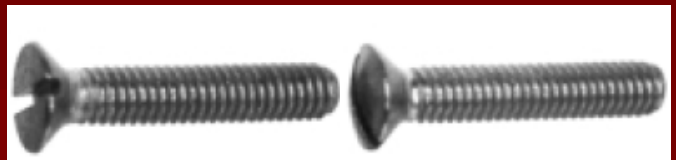


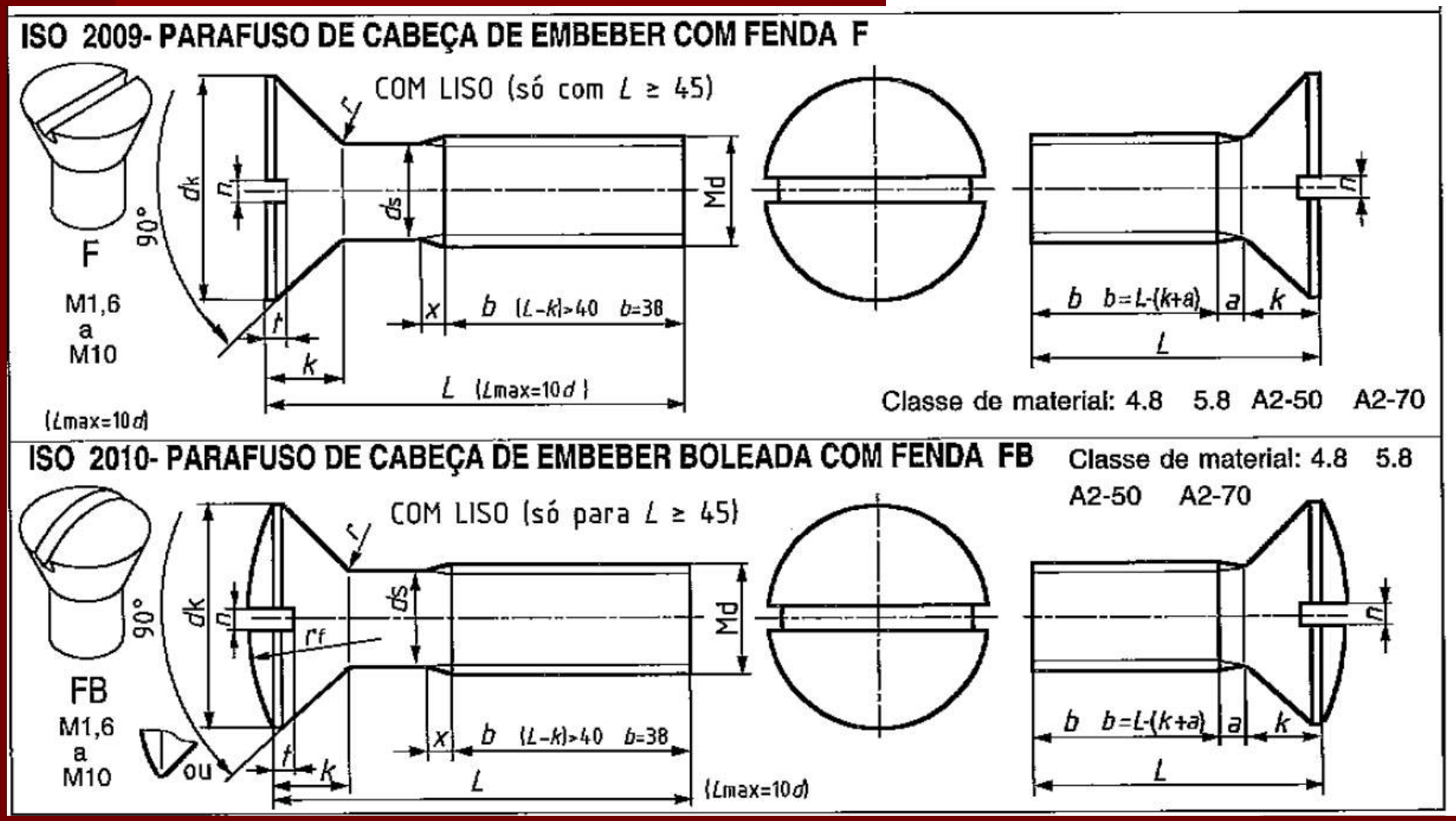


Exemplo de designação: Parafuso de cabeça cilíndrica ISO 1207 - M4 x 25 - 5.8

PARAFUSO ISO 1207								ISO 1580				rosca b= L-a		
ROSCA		CABEÇA C fenda						CABEÇA CL fenda				comprim. L		b≤38
Md	P	dk	k	n	t	da	r	dk	k	n	t	Lmin	Lmax	amax
1,6	0,35					2,1	0,1	3,2	1	0,4	0,3	2	16	0,7
2	0,4					2,6	0,1	4	1,3	0,5	0,5	2,5	20	0,8
2,5	0,45	4,5	1,8	0,6		3,1	0,1	5	1,5	0,6	0,6	3	25	0,9
3	0,5	5,5	2	0,8		3,6	0,1	5,6	1,8	0,8	0,7	4	30	1
3,5	0,6	6	2,4	1	1	4,1	0,1	7	2,1	1,1	0,8	5	35	1,2
4	0,7	7	2,6	1,2	1,1	4,7	0,2	8	2,4	1,2	1	5	40	1,4
5	0,8	8,5	3,3	1,2	1,3	5,7	0,2	9,5	3	1,2	1,2	6	50	1,6
6	1	10	3,9	1,6	1,6	6,8	0,25	12	3,6	1,6	1,4	8	60	2
8	1,25	13	5	2	2	9,2	0,4	16	4,8	2	1,9	10	80	2,5
10	1,5	16	6	2,5	2,4	11,2	0,4	20	6	2,5	2,4	12	80	3

Elementos de fixação: elementos roscados

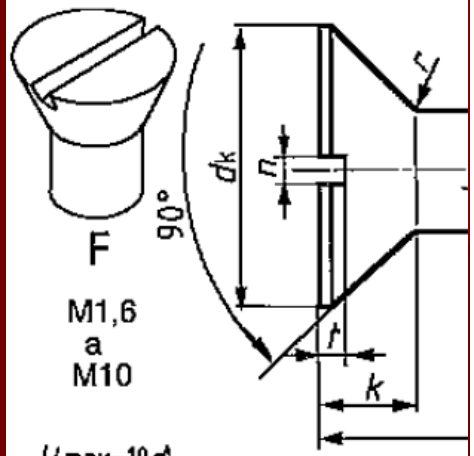




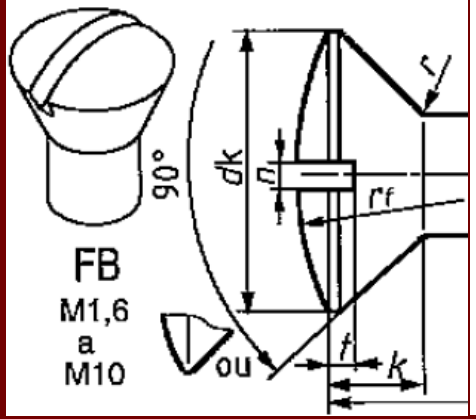
Elementos de fixação: elementos roscados



ISO 2009- PARAFUSO F



ISO 2010- PARAFUSO FB



PARAFUSO ISO 2009 e ISO 2010 — rosca $b=L-(k+a)$

ROSCA		CABEÇA F e FB					comp. L	
Md	P	dk	k	n	t	rf	Lmin	Lmax
1,6	0,35	3	1	0,4	0,32	3	2,5	16
2	0,4	3,8	1,2	0,5	0,4	4	3	20
2,5	0,45	4,7	1.5	0,6	0,5	5	4	25
3	0,5	5,5	1,65	0,8	0,6	6	5	30
3,5	0,6	7,3	2,35	1	0,9	8,5	6	35
4	0,7	8,4	2,7	1,2	1	9,5	6	40
5	0,8	9,3	2,7	1,2	1,1	9,5	8	50
6	1	11,3	3,3	1,6	1,2	12	8	60
8	1,25	15,8	4,65	2	1,8	16,5	10	80
10	1,5	18,3	5	2,5	2	19,5	12	80

Elementos de fixação: elementos roscados

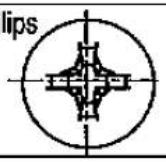


.3- PARAFUSOS COM OCO CRUCIFORME- PARA LIGAÇÕES METÁLICAS

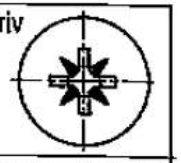
ISO 4757 - OCO CRUCIFORME — Grau A

DIÂMETRO NOMINAL Md	1,6	2	2,5	3	(3,5)	4	5	6	8	10
Nº DO OCO CRUCIFORME	0	0	1	1	2	2	2	3	4	4

Tipo Philips oco H

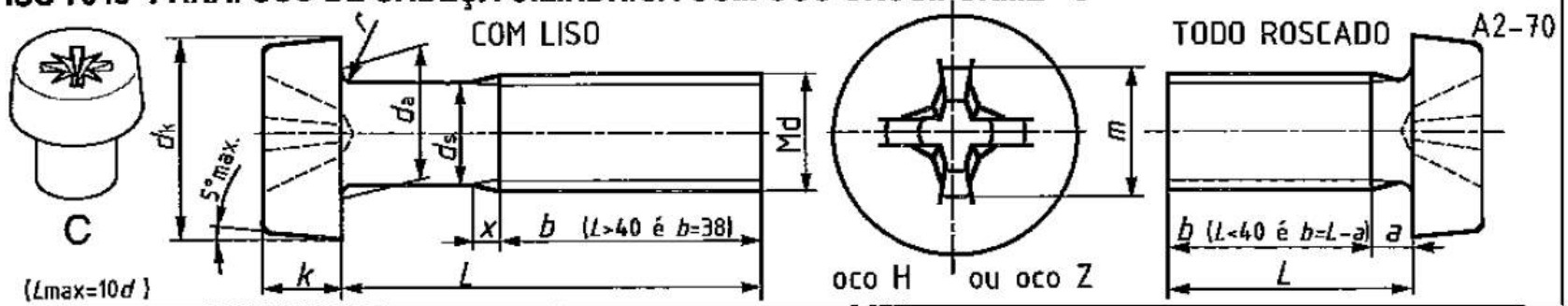


Tipo Pozidriv oco Z



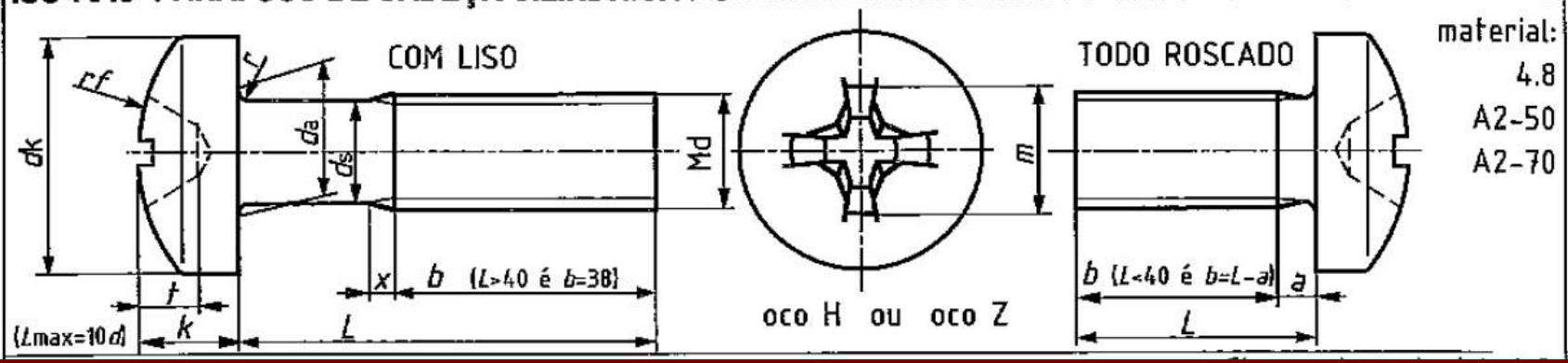
ISO 7048- PARAFUSO DE CABEÇA CILÍNDRICA COM OCO CRUCIFORME - C

Classe de material: 4.8 A2-50 A2-70



ISO 7045- PARAFUSO DE CABEÇA CILÍNDRICA BOLEADA LARGA COM OCO CRUCIFORME - CBL

Classe de material: 4.8 A2-50 A2-70



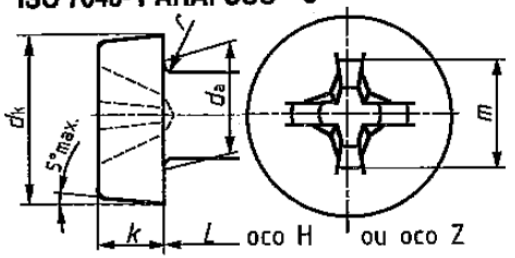
Elementos de fixação: elementos roscados



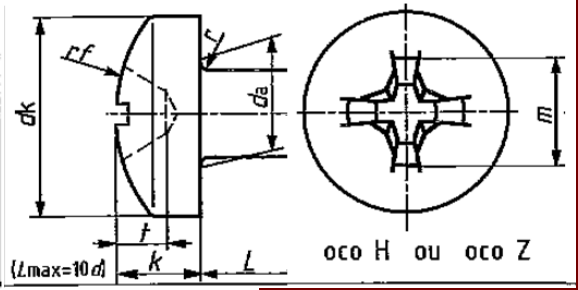
Exemplo de designação: Parafuso de cabeça cilíndrica ISO 7048 - M4 x 25 - 4.8 - H

PARAFUSOS			ISO 4757		ISO 7048			ISO 7045			rosca $b=L-a$		
ROSCA		OCO	oco H	oco Z	CABEÇA C			CABEÇA CBL			comp.. L		$b \leq 38$
Md	P	oco nº	m_H	m_Z	d_k	k	d_a	d_k	k	d_a	L_{min}	L_{max}	a_{max}
1,6	0,35	0	1,7	1,7	–	–	–	3,5	1,3	2,3	3	16	0,7
2	0,4	0	1,9	1,9	–	–	–	4	1,6	2,6	3	20	0,8
2,5	0,45	1	2,7	2,4	4,,5	1,8	3,1	5	2,1	3,1	3	25	0,9
3	0,5	2	3,5	3,5	5,5	2	3,6	5,6	2,4	3,6	4	30	1
3,5	0,6	2	3,8	3,7	6	2,4	4,1	7	2,6	4,1	5	35	1,2
4	0,7	2	4,1	4	7	2,6	4,7	8	3.1	4,7	5	40	1,4
5	0,8	2	4,8	4,6	8,5	3,3	5,7	9,5	3,7	5,7	6	45	1,6
6	1	3	6,2	6,1	10	3,9	6,8	12	4,6	6,8	8	60	2
8	1,25	3	7,7	7,5	13	5	9,2	16	6	9,2	10	80	2,5
10	1,5	4	9	8,8	–	–	–	20	7,5	11,2	12	80	3

ISO 7048- PARAFUSO - C



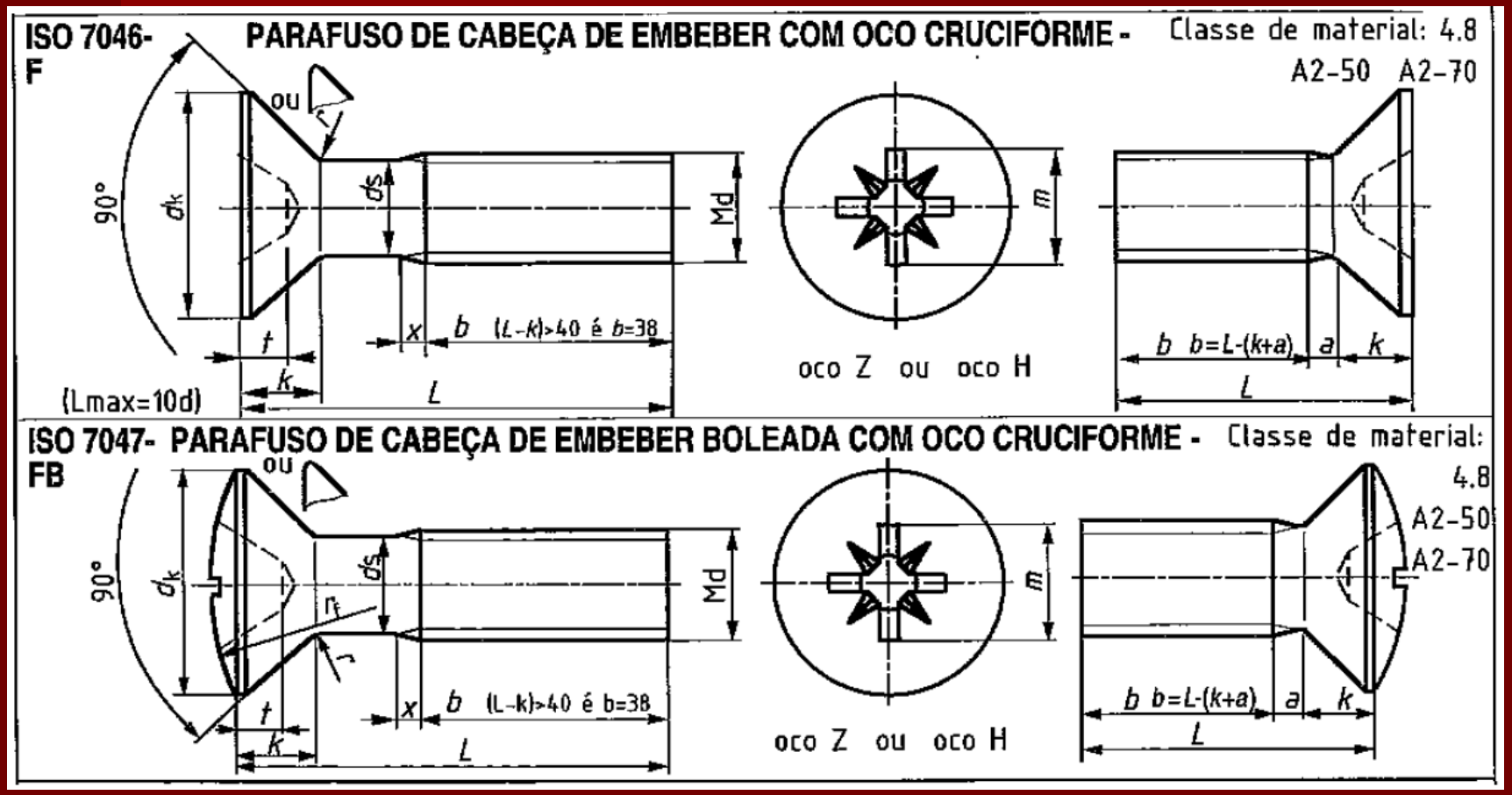
ISO 7045- PARAFUSO - CBL



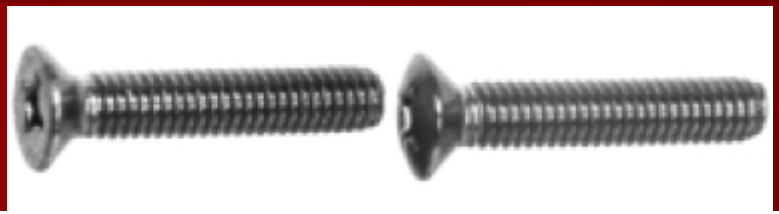
Elementos de fixação: elementos roscados



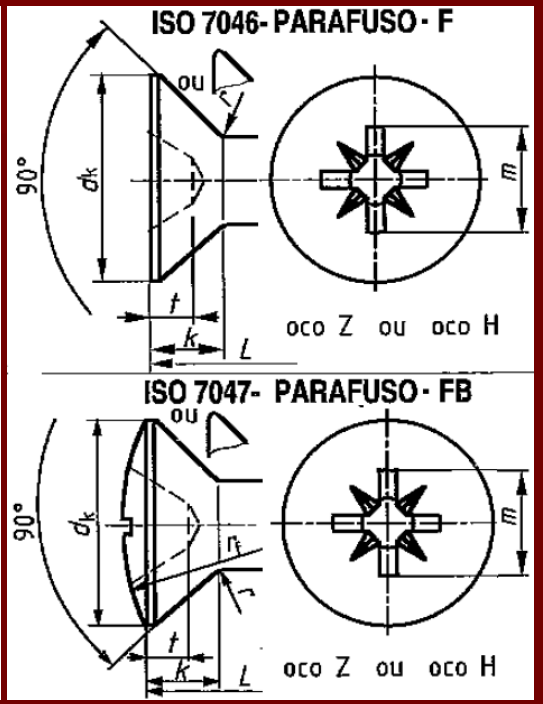




Elementos de fixação: elementos roscados

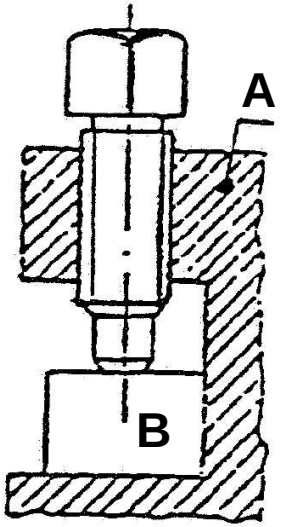


PARAFUSOS			ISO 4757		ISO 7046			ISO 7047			rosca $b=L-(k+a)$		
ROSCA		OCO	oco H	oco Z	CABEÇA F			CABEÇA FB			comp. L		$b \leq 38$
Md	P	oco nº	m_H	m_Z	d_k	k	r	d_k	k	r_f	L_{min}	L_{max}	a_{max}
1,6	0,35	0	1,7	1,7	3,6	1	0,4	3,6	1	3	3	16	0,7
2	0,4	0	1,9	1,9	4,4	1,2	0,5	4,4	1,2	4	3	20	0,8
2,5	0,45	1	2,7	2,4	5,5	1,5	0.6	5,5	1,5	5	3	25	0,9
3	0,5	2	3,5	3,5	6,3	1,65	0,8	6,3	1,65	6	4	30	1
3,5	0,6	2	3,8	3,7	8,2	2,35	0,9	8,2	2,35	8,5	5	35	1,2
4	0,7	2	4,1	4	9,4	2,7	1	9,4	2,7	9,5	5	40	1,4
5	0,8	2	4,8	4,6	10,4	2,7	1,3	10,4	2,7	9,5	6	50	1,6
6	1	3	6,2	6,1	12,6	3,3	1,5	12,6	3,3	12	8	60	2
8	1,25	3	7,7	7,5	17,3	4,65	2	17,3	4,65	16,5	10	60	2,5
10	1,5	4	9	8,8	20	5	2,5	20	5	19,5	12	60	3

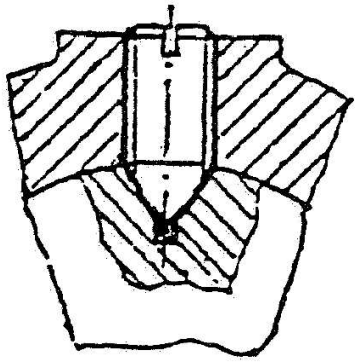


3.2.1.2.3 Parafusos de pressão e de guiamento ("set screws")

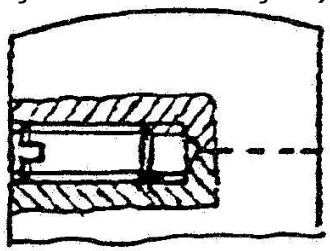
Para **aplicações especiais** (ex.: fixação por pressão, guiamento, regulação, etc.) , utilizam-se parafusos com **pontas** de características apropriadas.



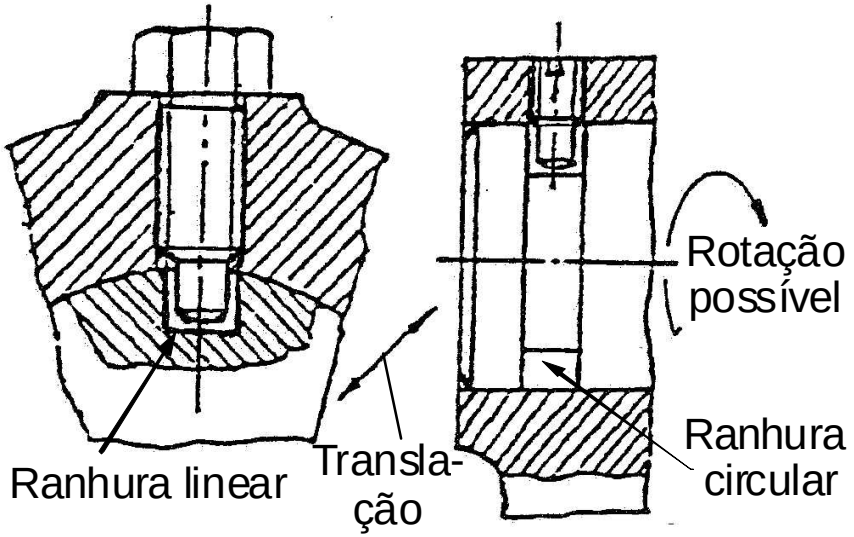
A fixação da peça B é feita por pressão



Ligação completa (em rotação e translação)



Ligação completa (imobilização)



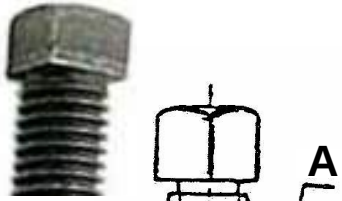
Ligações em rotação e em translação (guiamento)

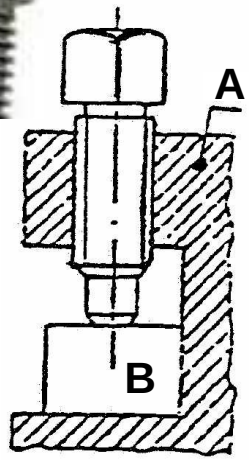
Elementos de fixação: elementos roscados



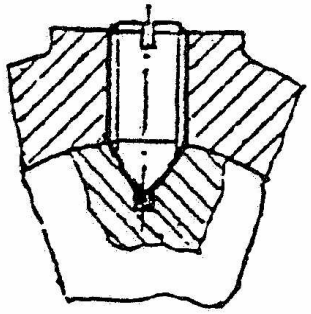
As **pontas** têm formas apropriadas ao funcionamento pretendido (pontas rebaixadas, chanfradas, cavadas, etc.).

As **cabeças** destinam-se, apenas, à manobra dos parafusos. Logo, as suas dimensões são reduzidas ou pode mesmo não haver cabeça.

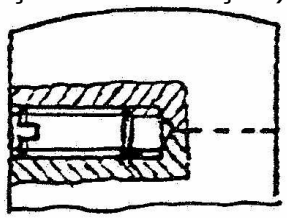




A fixação da peça B é feita por pressão

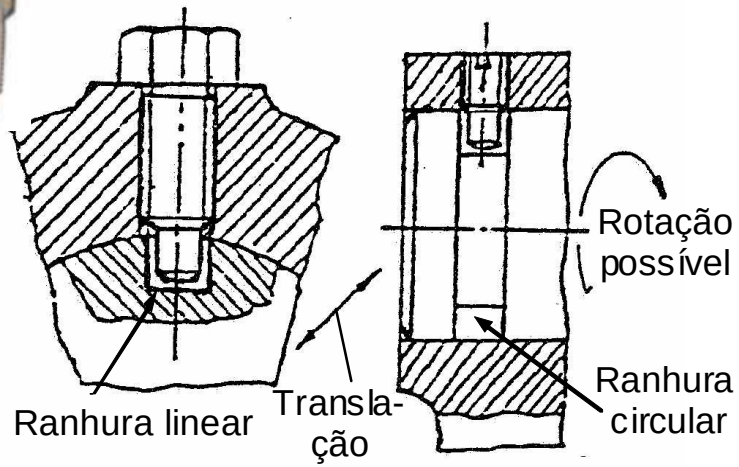


Ligação completa (em rotação e translação)



Ligação completa (imobilização)





Ligações em rotação e em translação (guiamento)

Elementos de fixação: elementos roscados

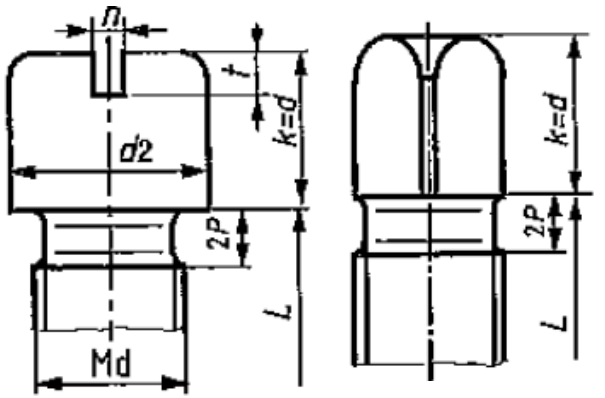


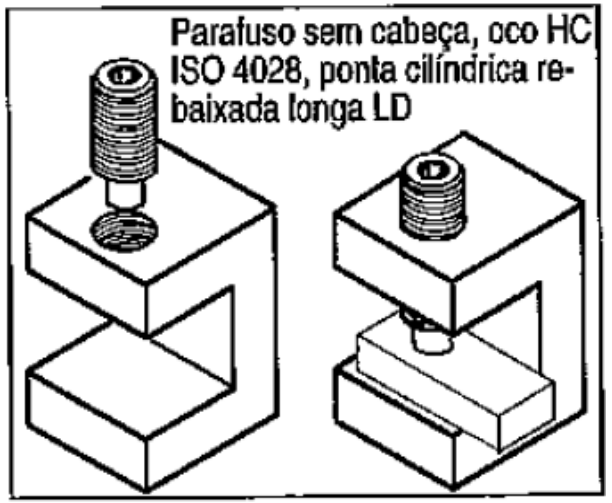


O **corpo** (ou espiga) é, em geral, roscado ao longo de todo o seu comprimento, sendo habitual haver uma gola junto à cabeça. A rosca é métrica de perfil ISO.

O **comprimento dos parafusos** deve ser escolhido de entre a série de comprimentos normalizados até 160 mm.

Por vezes, as **pontas** têm **tratamentos especiais** (endurecimento por têmpera) para melhor poderem satisfazer as funções mecânicas que lhes são impostas.

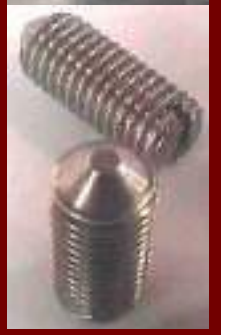




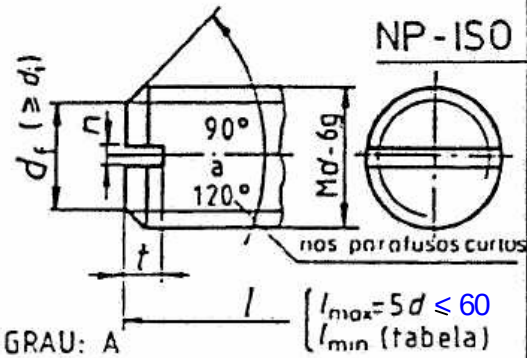
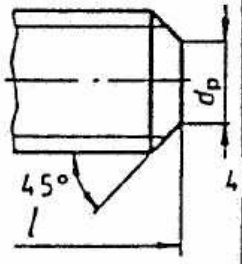
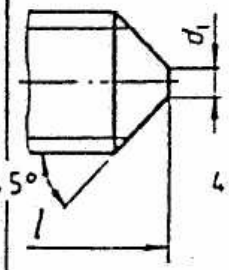
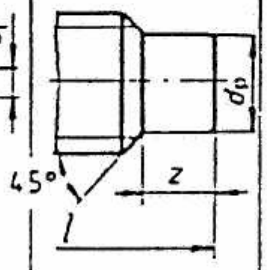
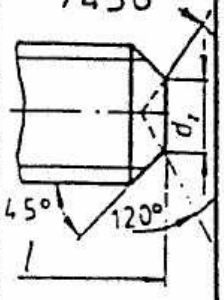
Elementos de fixação: elementos roscados







1- PARAFUSO SEM CABEÇA, COM FENDA E PONTA:

NP-ISO	PLANA COM CHANFRO 4766	TRONCÓNICA 7434	CILÍNDRICA REBAIXADA 7435	CAVADA 7436
				
GRAU: A CLASSE: aços 14H 22H aços inoxidáv. A1-50	M 1,2 a M12	M 1,2 a M12	M 1,6 a M12	M 1,6 a M12

para d_p ver ISO 4766

Md	P	n_a	n_{min}	t	d_p	l_{min}	d_z	l_{min}	z	l_{min}	d_z	l_{min}
1,2	0,25	0,2	0,4	0,4	0,6	2	0,12	2	-	-	-	
1,6	0,35	0,25	0,45	0,56	0,8	2	0,16	2	0,8	2,5	0,9	2
2	0,4	0,25	0,45	0,64	1	2	0,2	3	1	3	1	2,5
2,5	0,45	0,4	0,6	0,72	1,5	2,5	0,25	3	1,25	4	1,2	3
3	0,5	0,4	0,6	0,8	2	3	0,3	4	1,5	5	1,4	3
(3,5)	0,6	0,5	0,7	0,96	2,2	4	0,35	5	1,75	5	1,7	4
4	0,7	0,6	0,8	1,12	2,5	4	0,4	6	2	6	2	4
5	0,8	0,8	1	1,28	3,5	5	0,5	8	2,5	8	2,5	5
6	1	1	1,2	1,6	4	6	1,5	8	3	8	3	6
8	1,25	1,2	1,51	2	5,5	8	2	10	4	10	5	8
10	1,5	1,6	1,91	2,4	7	10	2,5	12	5	12	6	10
12	1,75	2	2,31	2,8	8,5	12	3	(14)	6	(14)	8	12

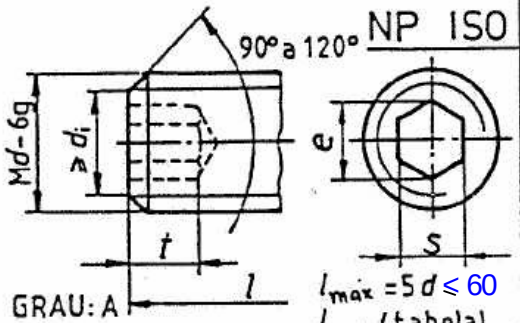
Elementos de fixação: elementos roscados



SIMÕES MORAIS 1984-03-31

2-PARAFUSO SEM CABEÇA, COM OCO HEXAGONAL E PONTA:

Parafuso sem cabeça HC ISO4...



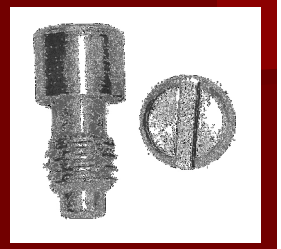
PLANA COM CHANFRO 4026	TRONCÓNICA 4027	CILÍNDRICA REBAIXADA 4028	CAVADA 4029
M 1,6 a M24	M 1,6 a M24	M 1,6 a M24	M 1,6 a M24

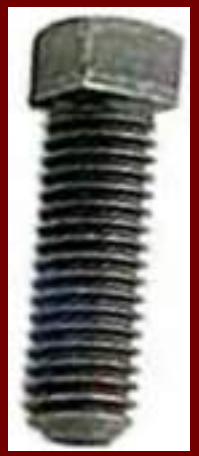
Z_C – curta
Z_L – longa

Md	P	s	t	d_p	l_{min}	d_t	l_{min}	Curta Z_C / l_{min}	Longa Z_L / l_{min}	d_z	l_{min}
1,6	0,35	0,7	0,7	0,8	2	0	2	0,4 / 2	0,8 / 3	0,8	2
2	0,4	0,9	0,8	1	2	0	2	0,5/2,5	1 / 4	1	2
2,5	0,45	1,3	1,2	1,5	2	0	2,5	0,63/3	1,25/ 5	1,2	2
3	0,5	1,5	1,2	2	2	0	2,5	0,75/4	1,5/ 6	1,4	2,5
4	0,7	2	1,5	2,5	2,5	0	3	1 /5	2 / 8	2	3
5	0,8	2,5	2	3,5	3	0	4	1,25/ 6	2,5/ 8	2,5	4
6	1	3	2	4	4	1,5	5	1,5/ 8	3 / 10	3	5
8	1,25	4	3	5,5	5	2	6	2 / 8	4 / 12	5	6
10	1,5	5	4	7	6	2,5	8	2,5/10	5 / 16	6	8
12	1,75	6	4,8	8,5	8	3	10	3 / 12	6 / 20	8	10
16	2	8	6,4	12	10	4	12	4 / 16	8 / 25	10	12
20	2,5	10	8	15	12	5	16	5 / 20	10 / 30	14	16
24	3	12	10	18	16	6	20	6 / 25	12 / 35	16	20

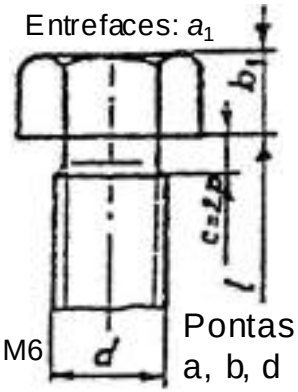
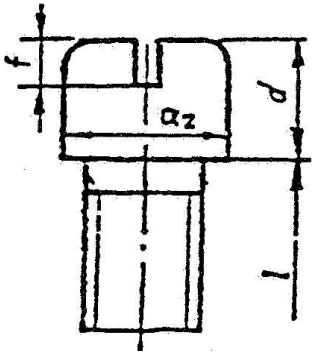
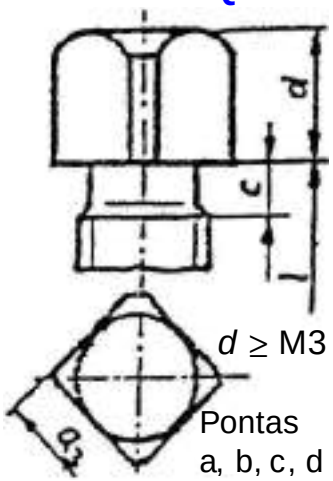
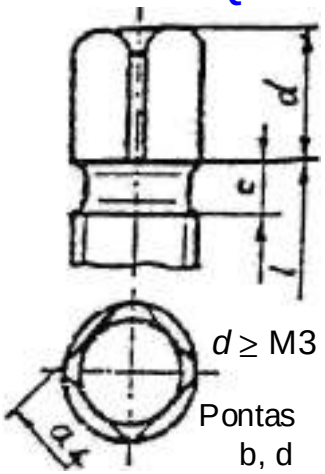
Elementos de fixação: elementos roscados







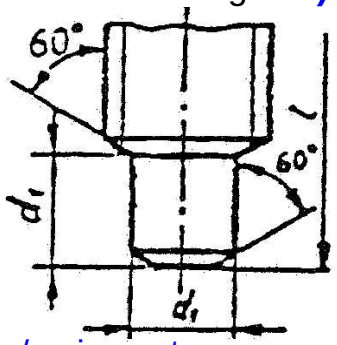
Quadro - Parafusos de pressão e de guiamento (NF E 27-110): cabeças e pontas

Cabeça hexagonal reduzida **Hm** Entrefaces: a_1  ≥ M6 Pontas a, b, d	Cabeça cilíndrica estreita **Cm**  Pontas a, b, c	Materiais: aços 14H, 22H, 33H e 45H Exemplo: **45H** – significa 45 x 10 = 450 HV Material com dureza Vickers não inferior a 450	
Cabeça quadrada normal **QP**  $d \geq$ M3 Pontas a, b, c, d	Cabeça quadrada reduzida **Qm**  $d \geq$ M3 Pontas b, d	Pontas possíveis: **Cabeças: Pontas:** Hexag. red. a, b, d Cilíndr. red. a, b, c Quadrada a, b, c, d Quadr. red. b, d. Usar c = 2 x passo	Em desenho adoptar: $b_1 = 0{,}7\ d$; $c = 0{,}3\ d$ $a_1 = 1{,}3\ d$ $a_2 = 1{,}4\ d$ $a_3 = d$ $a_4 = 0{,}8\ d$ $d_1 = 0{,}7\ d$ $d_2 = 0{,}3\ d$ $h = 0{,}38\ d$

Elementos de fixação: elementos roscados

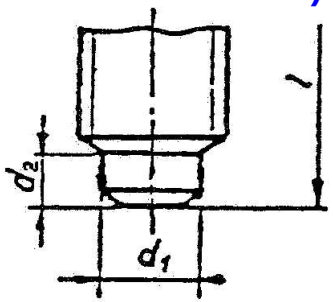


Ponta cilíndrica rebaixada longa **a)**

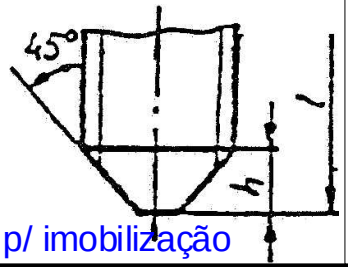


p/ guiamento

Ponta cilíndrica rebaixada curta **b)**

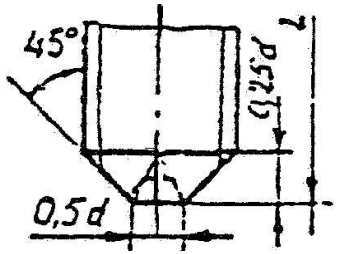


Ponta tronco-cónica **c)**



p/ imobilização

Ponta cavada **d)**

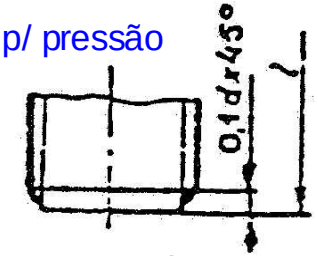


p/ pressão localizada

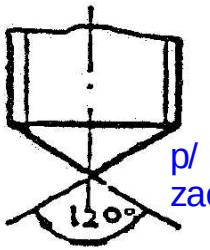
Exemplo de designação.
Parafuso QP, c/ ponta tronco-cónica, NF E 27-110, M10 x 20 – 45 H

Ponta plana **e)**

p/ pressão



Ponta cónica **f)**



p/ imobili-zação

d	a_1	b_1	a_2	a_3	a_4	d_1	d_2	h	P (passo)
2			3,5			1,5	0,8	0,8	0,4
2,5			4			1,8	0,9	1	0,45
3			4,5	3,2	2,2	2	1	1,1	0,5
4			6	4	3,2	2,5	1,5	1,5	0,7
5			7	5	4	3,5	1,5	1,9	0,8
6	8	4	9	6	5	4,5	2	2,3	1
8	11	5,5	11	8	6	6	3	3	1,25
10	13	7	14	10	8	7	3	3,8	1,5
12	17	8	18	13	10	9	4	4,5	1,75
14	19	9	20	17	11	10	5	5,3	2
16	22	10	22	17	13	12	5	6	2
18	24	12	24	19	13	14	6	6,8	2,5
20	27	13	27	22	17	16	6	7,5	2,5
22	30	14	30	24	17	16	7	8,3	2,5

Comprimentos: 2, 2,5, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, (14), 16, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 100, 110, 120, 130, 140.

3.2.2 Pernos ("studs")

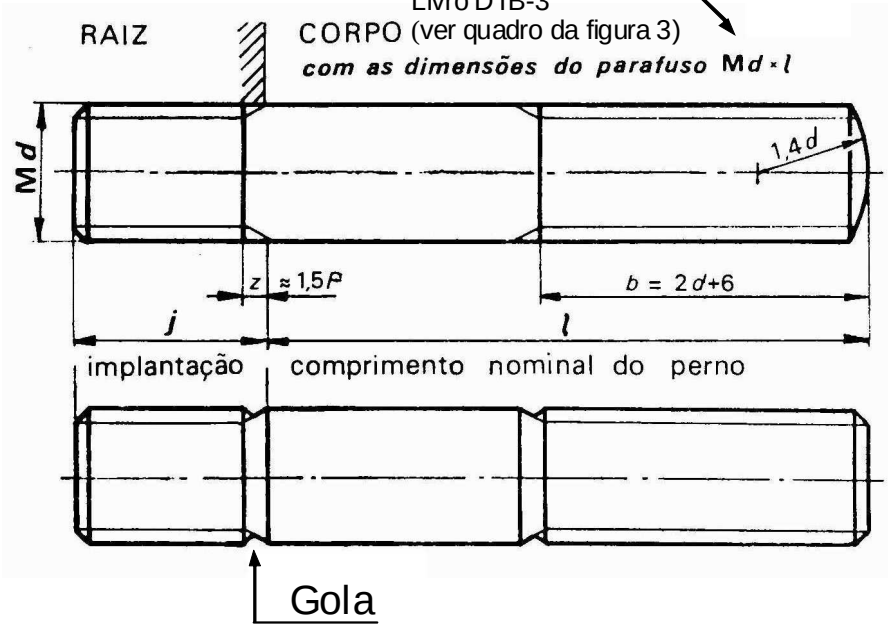
NF E 25-135





Parafuso H { ISO 4014 (passo grosso) ; ISO 8765 (passo fino)

Livro DTB-3



RAIZ curta $j = 1\,d$ NP-ISO(DIN 938)	M3 M48 M8×1 M48×3 (passo fino)	Aço Ferros fundidos Bronze Latão (DIN 939) $j = 1{,}25$ Alumínio Metais macios Plásticos
média $j = 1{,}5\,d$ NP-ISO (NF)	M4 M48 M8×1 M48×3 (passo fino)	
longa $j = 2\,d$ NP-ISO(DIN 835)	M4 M24 M8×1 M24×2 (passo fino)	
extralonga $j = 2{,}5\,d$ NP-ISO (DIN 940)	M4 a M24 M8×1 M24×2 (passo fino)	

A **implantação de um perno** compreende os filetes incompletos, ou a gola.

Materiais: **5.6** , **8.8** , **10.9**

Aplicação: Para peças que devem sofrer desmontagens frequentes, (protege o furo roscado) sobretudo em materiais macios, ou quando não se pode utilizar uma solução de parafuso - porca.

Elementos de fixação: elementos roscados





Com base na **norma francesa NF E 25-135**:

Dimensões M*d* x *l* do corpo do perno (parte saliente), de acordo com as normas ISO 4014 (passo grosso) ou a ISO 8765 (passos finos).

O **perno de uso corrente** (para metais duros) tem uma raiz ***j* = *bm* = 1,5 *d***, e o **perno para metais macios** tem uma raiz ***j* = *bm* = 2 *d***.

O diâmetro do corpo liso (entre as duas pontas roscadas) pode ser reduzido ($d_s = d - 0{,}65\,P$), o que poderá ser mencionado na designação.

1º Ex.: **Perno NF E 25-135 – M12 × 80, bm 18 – 8.8 corpo reduzido**

(perno de raiz $j = bm = 1{,}5\,d = 1{,}5 \times 12 = 18$ e c/ corpo reduzido).

Elementos de fixação: elementos roscados



De acordo com as **norma DIN**,

São fabricados pernos com raízes:

- curta — ***j* = 1 *d*** (DIN 938) - aços,
- média — ***j* = 1,25 *d*** (DIN 939) - f. fundidos,
- longa — ***j* = 2 *d*** (DIN 835) - alumínios,
- extralonga — ***j* = 2,5 *d*** (DIN 940) - met. macios.

O diâmetro do corpo liso (entre as duas pontas roscadas) pode ser reduzido ($d_s = d - 0{,}65\ P$), o que poderá ser mencionado na designação.



DIN 940

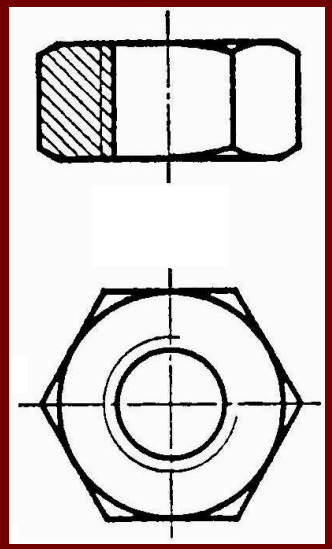
diâmetros		DIN 938	DIN 939	DIN 835
d	P. fino Md x P	*bm=d* Lmin- Lmax	*bm=1,25d* Lmin- Lmax	*bm=2d* Lmin- Lmax
3		18 - 30		
4		20 - 40	20 - 40	20 - 40
5		22 - 50	22 - 50	22 - 50
6		25 - 60	25 - 60	25 - 60
8	8 x 1	30 - 80	30 - 80	30 - 80
10	10 x 1,25	35 - 100	35 - 100	35 - 100
12	12 x 1,25	40 - 120	40 - 120	40 - 120
14	(14 x 1,5)	45 - 140	45 - 140	45 - 140
16	16 x 1,5	50 - 160	50 - 160	50 - 160
18	(18 x 1,5)	55 - 180	55 - 180	55 - 180
20	20 x 1,5	60 -200	60 -200	60 -200
22	(22 x 1,5)	65 - 200	65 - 200	65 - 200
24	24 x 2	70 - 200	70 - 200	70 - 200
30	30 x 2	80 - 300	80 - 300	*b*= 2*d*+6 (*L*≤ 125)
33	(33 x 2)	90 - 340	90 - 340	
36	36 x 3	95 - 360	95 - 360	b = 2*d*+12 (125<L≤200)
42	42 x 3	110 - 400	110 - 400	
45	(45 x 3)	120 - 400	120 - 400	b=2d+25 (*L*>200)
48	48 x 3	120 - 400	130 - 400	

2º Ex.: **Perno DIN 835 – M12 × 80 – 8.8**
(perno de raiz longa, cujo corpo é idêntico ao de um paraf. M12 × 80).



3.2.3 Porcas

Uma Porca (“nut”) é uma peça geralmente amovível, provida de rosca interior.











3.2.3.1 Porcas: nomenclatura



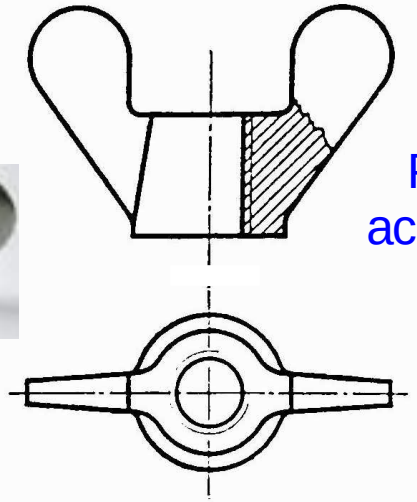


Fig. 1 — Porca de orelhas

Porcas de accionamento manual

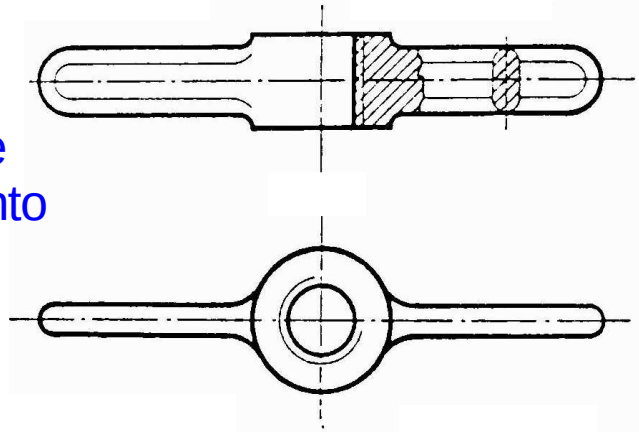


Fig. 3 — Porca de manípulo



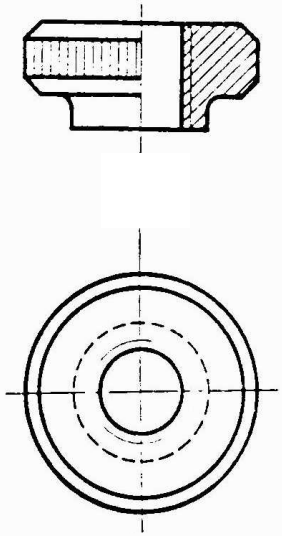


Fig. 2 — Porca recartilhada

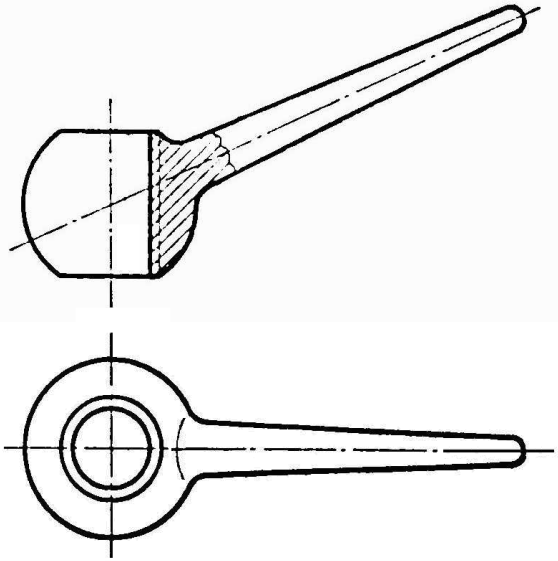
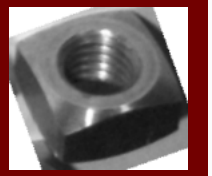


Fig. 4 — Porca de rabo

Porcas (continuação)

Porcas de accionamento por chave







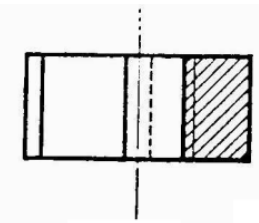


Fig. 5 — Porca cilíndrica com nervuras

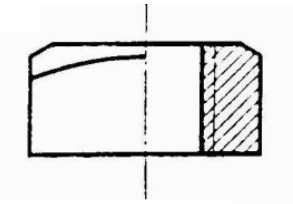


Fig. 7 — Porca quadrada

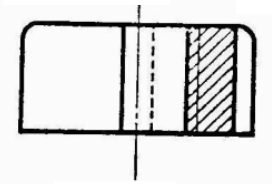


Fig. 9 - Porca cilíndrica c/ ranhuras (ou estrias)

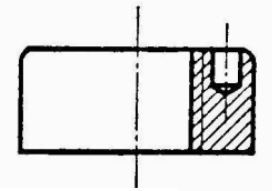


Fig. 11 — Porca cilíndrica c/ furos axiais

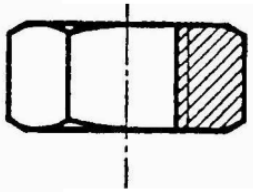


Fig. 6 — Porca hexagonal (ou sextavada)

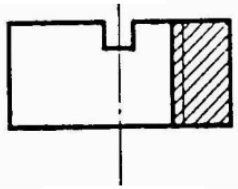


Fig. 8 — Porca cilíndrica c/ fendas

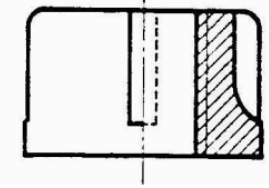


Fig. 10 - Porca cilíndrica c/ ranhuras incompletas

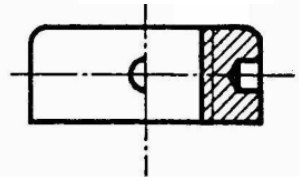
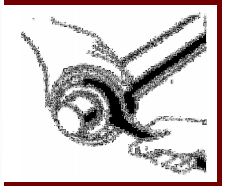


Fig. 12 - Porca cilíndrica c/ furos radiais







Porcas (continuação)

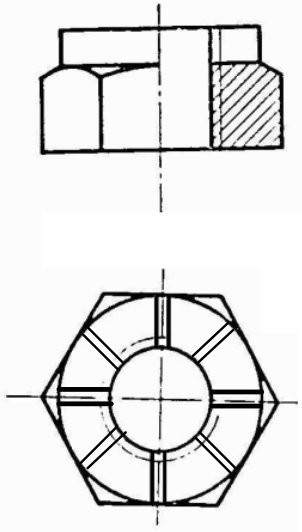


Fig. 13 — Porca serrada

Porcas autoblocantes e de segurança

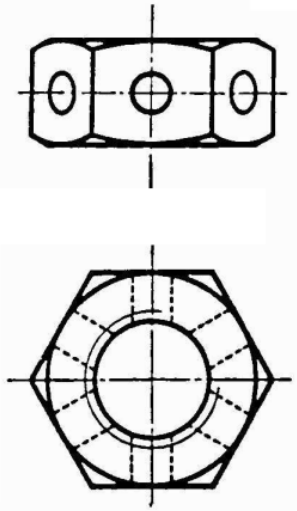


Fig. 15 — Porca de furo para pino bifurcado

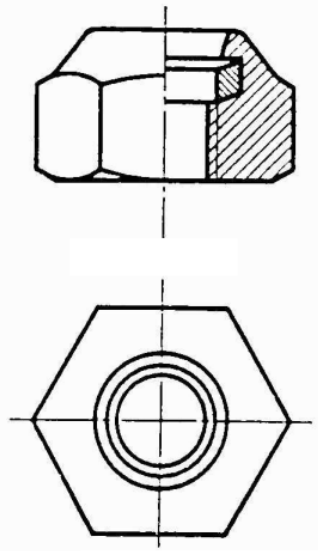




Fig. 14 — Porca hexagonal auto-blocante c/ anel plástico

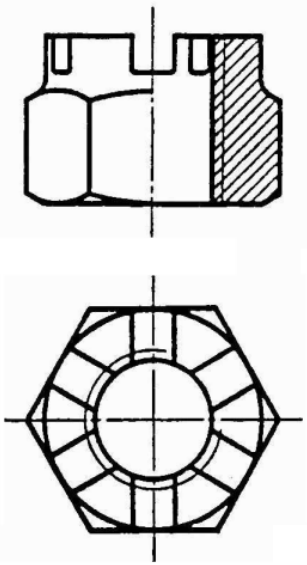




Fig. 16 — Porca de castelo (ou de coroa)

Ele

Porcas (continuação)









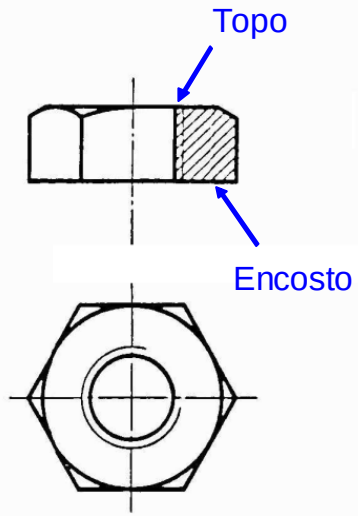


Fig. 17 — Porca de encosto normal

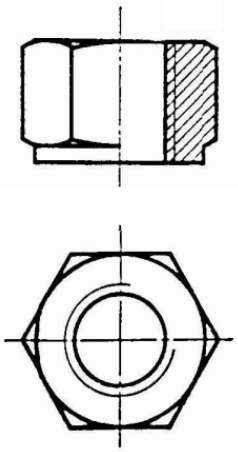


Fig. 19 — Porca de almofada

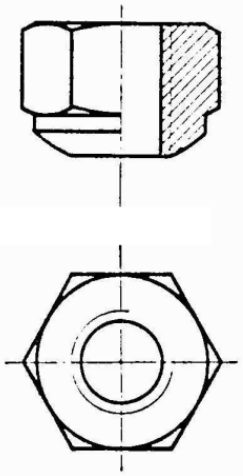


Fig. 21 — Porca de encosto esférico

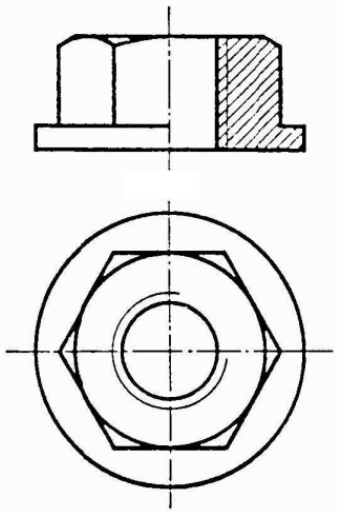


Fig. 18 — Porca de aba

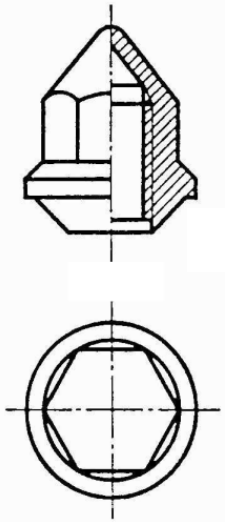


Fig. 20 - Porca cega de encosto cónico

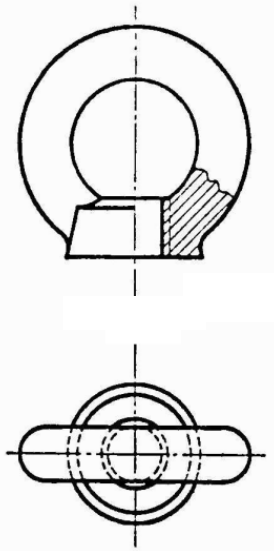


Fig. 21 - Porca de olhal

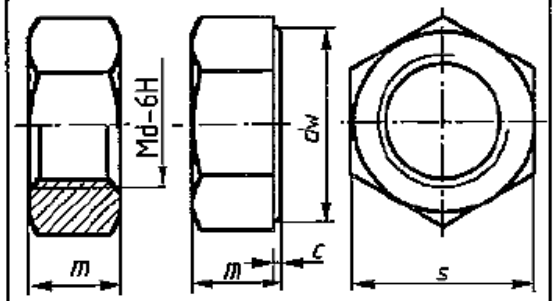
Elementos de fixação: elementos roscados



PORCAS HEXAGONAIS (ou PORCAS H): PASSO GROSSO | **PASSO FINO**

ISO 4032 - Graus A (para $d \leq 16$) B (para $d > 16$)

Estilo 1

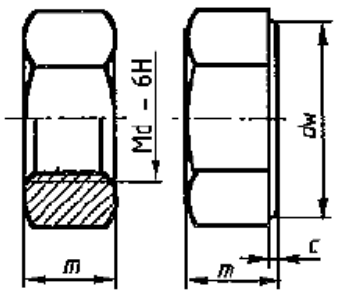


Entreguinas: $e \approx 1{,}16\ s$

Classe material:
Aços: 6 8 10
Aços inox. A2-70 e A4-70

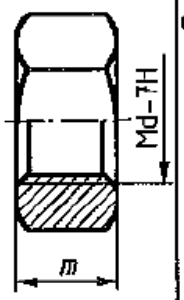
ISO 4033 Graus A (d≤16) B (d>16)

Estilo 2



Classe de material:
Aços: 9 12

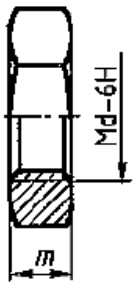
ISO 4034 - Grau C



Classe material: 4 5

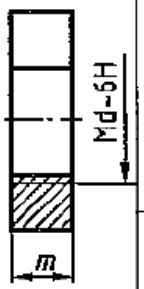
PORCAS BAIXAS

ISO 4035 -Graus A/B com chanfro



Classe material:
04 05
A2-035
A4-035(para d≤24)

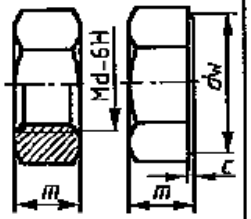
ISO 4036 -Grau B sem chanfro



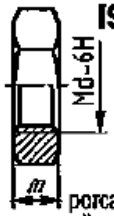
Classe material:
110 HV30

ISO 8673-estilo 1 (igual a ISO 4032)

ISO 8674-estilo 2 (igual a ISO 4033)



ISO 8675 baixa (igual a ISO 4035)



Estas porcas têm formas e dimensões iguais às de passo grosso

Ex.: Porca hexagonal ISO 4032-M10-8

Estilo: característica decisiva p/ as propriedades mecânicas. É baseado na altura *m* da porca.

Utilizadas como contra-porcas





DIÂM. NOM. Md	PASSO GROSS P	PORCA HEXAGN Graus A / B s nom.	dw mín.	c max.	ISO 4032 Grau A/B estilo 1 m	ISO 4033 Grau A/B estilo 2 m	ISO 4034 Grau C m	ISO 4035 Grau A/B PORCAS BAIXAS m	ISO 4036 Grau B m
1,6	0,35	3,2	2,4	0,2	1,3	–	–	1	1
2	0,4	4	3,1	0,2	1,6	–	–	1,2	1,2
2,5	0,45	5	4,1	0,3	2	–	–	1,6	1,6
3	0,5	5,5	4,6	0,4	2,4	–	–	1,8	1,8
3,5	0,6	6	5,0	0,4	2,8	–	–	2	2
4	0,7	7	5,9	0,4	3,2	–	–	2,2	2,2
5	0,8	8	6,9	0,5	4,7	5,1	5,6	2,7	2,7
6	1	10	8,9	0,5	5,2	5,7	6,1	3,2	3,2
8	1,25	13	11,6	0,6	6,8	7,5	7,9	4	4
10	1,5	16	14,6	0,6	8,4	9,3	9,5	5	5
12	1,75	18	16,6	0,6	10,8	12	12,2	6	–
14	2	21	19,6	0,6	12,8	14,1	13,9	7	–
16	2	24	22,5	0,8	14,8	16	15,9	8	–
18	2,5	27	24,9	0,8	15,8	–	16,9	9	–
20	2,5	30	27,7	0,8	18	20	19	10	–
22	2,5	34	31,4	0,8	19,4	–	20,2	11	–
24	3	36	33,3	0,8	21,5	24	22,3	12	–
27	3	41	38,0	0,8	23,8	–	24,7	13,5	–
30	3,5	46	42,8	0,8	25,6	30	26,4	15	–
33	3,5	50	46,6	0,8	27,8	–	29,5	16,5	–
36	4	55	51,1	0,8	31	36	31,5	18	–
39	4	60	55,9	1	33,4	–	34,3	19,5	–
42	4,5	65	60,0	1	34	–	34,9	21	–
45	4,5	70	64,7	1	36	–	36,9	22,5	–
48	5	75	69,5	1	38	–	38,9	24	–
52	5	80	74,2	1	42	–	42,9	26	–
56	5,5	85	78,7	1	45	–	45,9	28	–
60	5,5	90	83,4	1	48	–	48,9	30	–
64	6	95	88,2	1	51	–	52,4	32	–

DIÂMETRO NOMINAL PASSOS FINOS Md x P	ISO 8673 Grau A/B estilo 1 m	ISO 8674 Grau A/B estilo 2 m	ISO 8675 Grau A/B P.BAIXA m
8 x 1	6,8	7,5	4
10 x 1; 10 x1,25	8,4	9,3	5
12 x 1,5; 12 x 1,25	10,8	12	6
14 x 1,5	12,8	14,1	7
16 x 1,5	14,8	16,4	8
18 x 1,5	15,8	17,6	9
20 x 1,5; 20 x 2	18	20,3	10
22 x 1,5	19,4	21,8	11
24 x 2	21,5	23,9	12
27 x 2	23,8	26,7	13,5
30 x 2	25,6	28,6	15
33 x 2	28,7	32,5	16,5
36 x 3	31	34,7	18
39 x 3	33,4	–	19,5
42 x 3	34	–	21
45 x 3	36	–	22,5
48 x 3	38	–	24
52 x 4	42	–	26
56 x 4	45	–	28
60 x 4	48	–	30
64 x 4	51	–	32

Elementos de fixação: elementos roscados

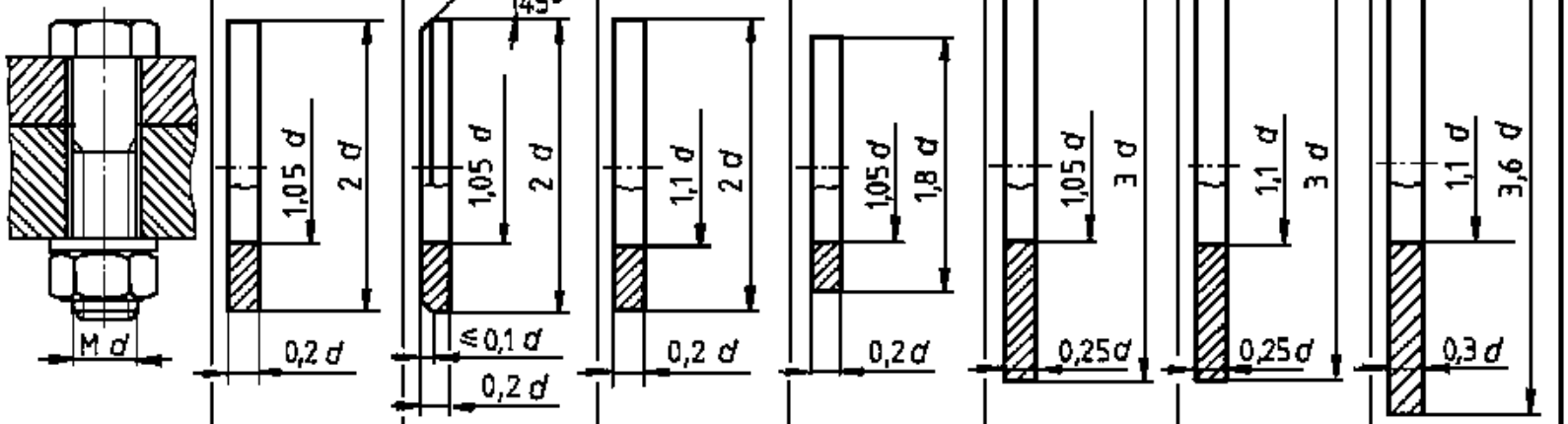
("washers")



3.2.4 ANILHAS

Protegem as peças de mossas provocadas por sucessivos apertos e aumentam a superfície de apoio

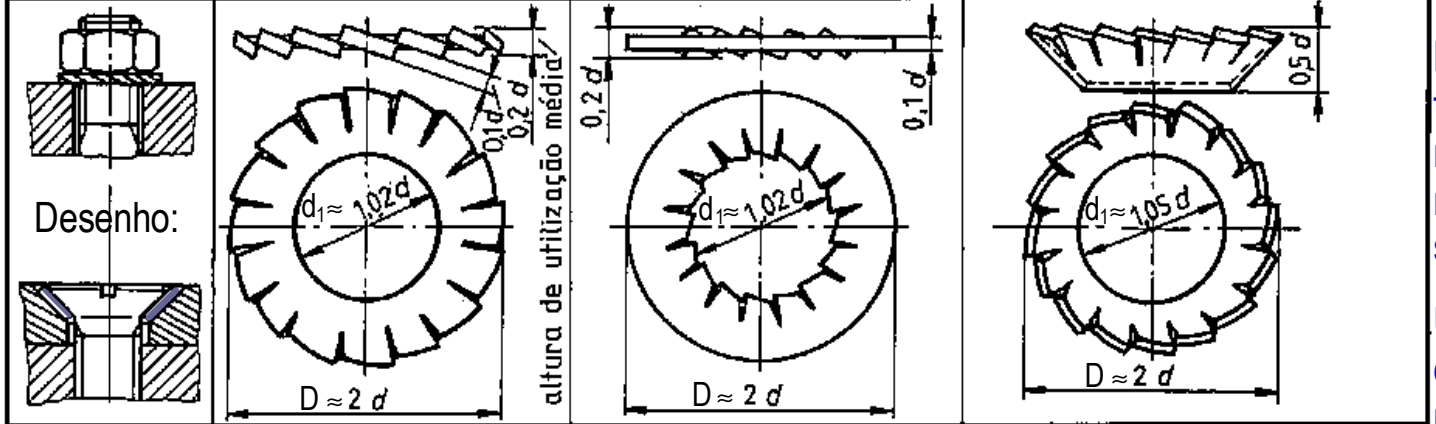
P/ construção cuidada

	ANILHAS PLANAS NORMAIS (ou médias M)			P/ paraf. cab. cilíndrica ESTREITA Z	P/ materiais macios ou furos passantes largos LARGA L		P/ madeira MUITO LARGA
NP ENISO	7089	7090	7091	7092	7093		7094 LL
Grau	A	A com chanfro 45°	C	A	A	C	C
Desenho:							
ROSCA	M1,6 a M64	M5 a M64	M1,6a M64	M1,6 a M36	M3 a M36	M3 a M36	M5 a M36
CLASSE materiais:	Aço-carbono: 200HV 300HV Inox: 200 HV-A2 /-A4 /-F1 /-C1 /-C2		100 HV	como em ISO 7089	200 HV e 300 HV Inox: ver ISO 7089	100 HV	100 HV

Exemplo de designação: **Anilha ISO 7089 – 12 – 200 HV**

Elementos de fixação: elementos roscados

SIMÕES MORAIS 1984-01-2

DIN 6798 (anulada)	ANILHAS DE DENTES ACAVALADOS		Grau A
	DENTES EXTERIORES	DENTES INTERIORES - DIC	CÔNCAVA - DEF
NP ISO	NF E 27-624 DEC	NF E 27-625	NF E 27-627
Desenho:			
ROSCA	M2 a M30	M1,6 a M30	M2 a M16
CLASSE	400 HV	400 HV	400 HV

Dispositivos de imobilização:

Boa frenagem, mas marca as superfícies.

Usar com elementos roscados de classes ≤ 8.8 e preferencialmente ≤ 6.8

Exemplo de designação: **Anilha de dentes DEC 10, NF E 27-624**

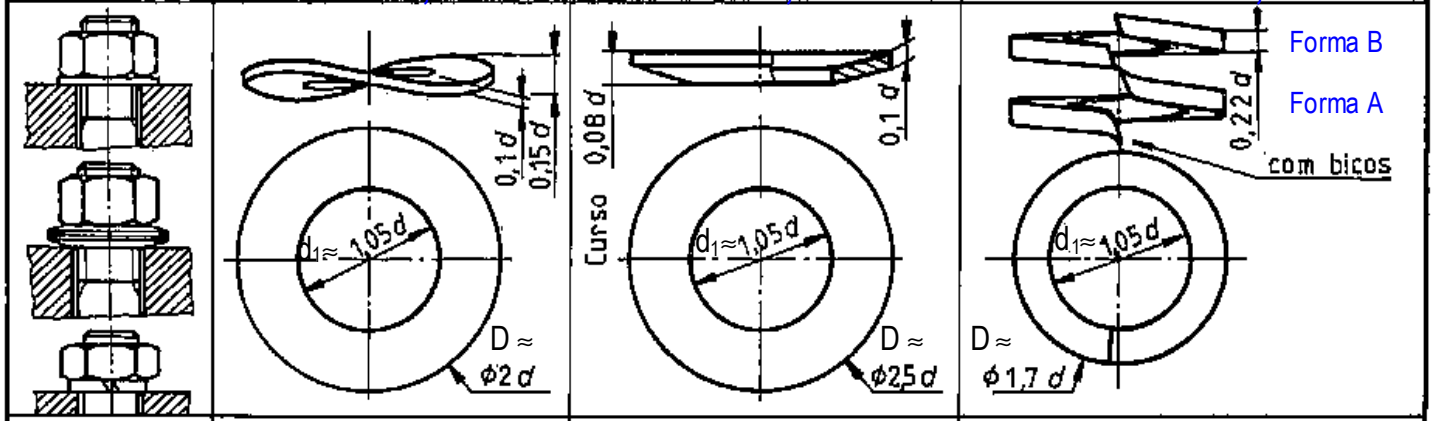
Anilha DD de dentado duplo (NF E 27-626)







Elementos de fixação: elementos roscados

Desenho:	ANILHAS ELÁSTICAS Grau A		
	ONDULADA	CÓNICA (mola cónica)	DE ESPIRA - W (Grower)
NP ISO	NF E 27-620; DIN 137	NF E 25-104; DIN 2093	NF E 25-515/6/7; DIN 127
			
ROSCA	M2 a M24	M3 a M36	M2 a M36
CLASSE	440 HV	440 HV	440 HV

Dispositivos de imobilização:

Mais eficientes do que as anilhas dentadas, mas mais espessas.

Para classes ≤ 5.8.

Actuação mais modesta do que a das anilhas cónicas. P/ cl. ≤ (5.8) 4.8

Boa imobilização s/ marcar demasiado as peças. P/ cargas dinâmicas.



Exemplo de designação: **Anilha W DIN 127 – B 12**



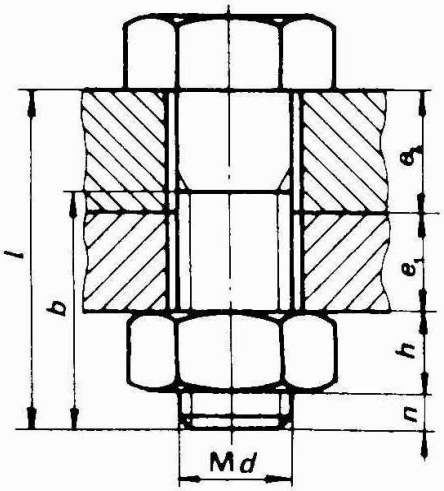




Elementos de fixação: elementos roscados

3.2.5

LIGAÇÕES COM PEÇAS ROSCADAS

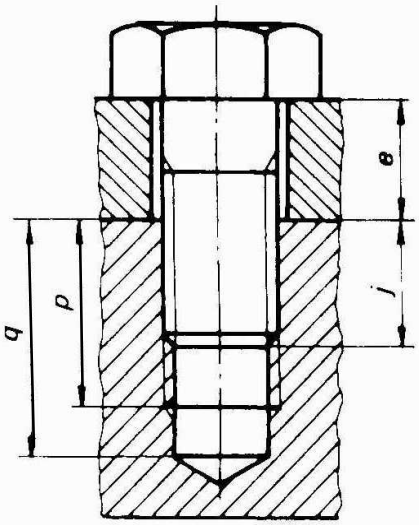


1-PARAFUSO E PORCA

$l \approx e_1 + e_2 + h + n$

usar saliente $n \approx 0{,}3d$

tomar para l o valor normal



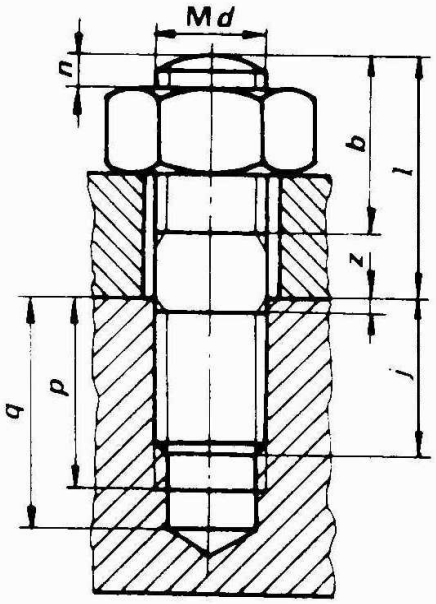
2-PARAFUSO E PEÇA ROSCADA

$l \geq e + d$ metais duros

$l \geq e + 1{,}5\,d$ macios

tomar l normal e fazer

$j = l - e$ o que vai dar p e q (ver tabela).



3-PERNO

corpo como em 1

para raiz usar:

$j = d$ metais duros

$j = 1{,}5d$ macios

$j = 2\,d$ muito macios

Parafusos

$j = d$

Aços

$j = 1{,}5\,d$

Ferros fundidos

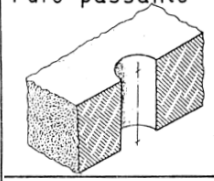
Bronze

Latão

$j = 2\,d$

Alumínio e suas ligas

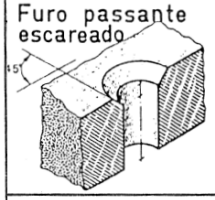
Furo passante



Furo passante com rebaixo (caixa)



Furo passante escareado



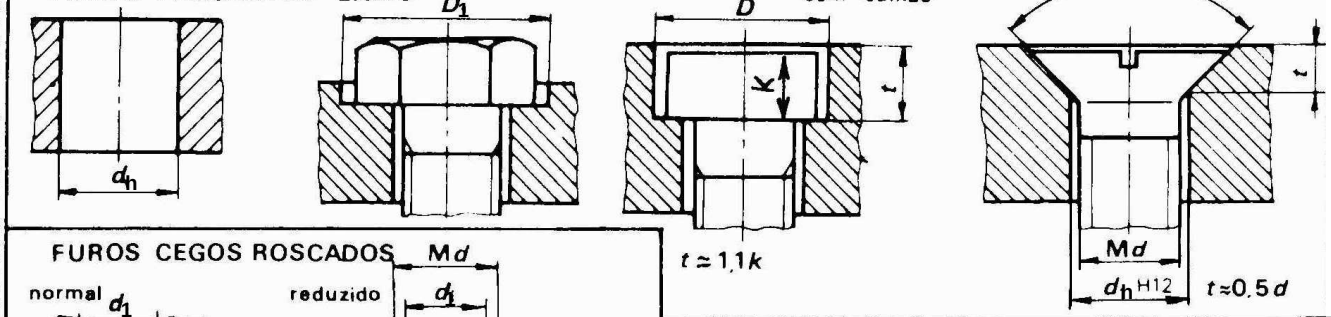
Furo passante roscado



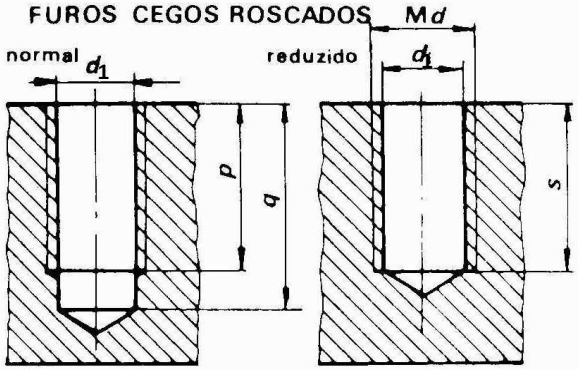
Furo cego roscado



FUROS PASSANTES LISOS



FUROS CEGOS ROSCADOS



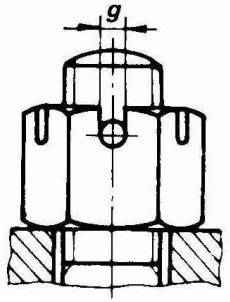
IMOBILIZAÇÃO

Pino bifurcado ISO 1234, $g \times l_t$

Pino V



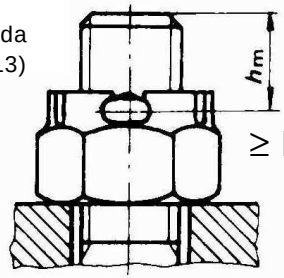
Porca de coroa ISO DIN 935 — Md: 6, 8, 10



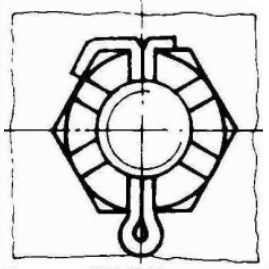
Porca de Coroa DIN 935

até M10

M d	Furo passante d_h fino H12	médio H13	largo H14	Furo cego normal p	q	reduzido s	Perno z	Caixas (H13) D	D_1	Pino V e furo (ISO 7378) g	h_m	l_t	Caixa reduzida D (H13)
M 3	3,2	3,4	3,6	j + 2	j + 5	j + 2	0,85	6,5	8,5	0,8	1,2	8	6
4	4,3	4,5	4,8	2,5	6	2,5	1	8	12	1	2,3	10	8
5	5,3	5,5	5,8	3	8	3	1,2	10	16	1,2	2,6	12	10
6	6,4	6,6	7	4	10	3,5	1,5	13	20	1,6	3,3	14	11
8	8,4	9	10	5	12	4	2	18	24	2	3,9	18	15
10	10,5	11	12	6	14	4,5	2,5	20	30	2,5	4,9	25	18
12	13	14	15	7	16	5	2,5	22	34	3,2	5,9	28	20
14	15	16	17	8	18	6	3	26	38	3,2	6,5	32	24
16	17	18	19	8	20	6	3	30	42	4	7	36	26
18	19	20	21	10	22	7	4	32	45	4	7,7	40	30
20	21	22	24	10	25	7,5	4	35	48	4	7,7	40	33
22	23	24	26	10	25	7,5	4	37	50	5	8,7	45	36
24	25	26	28	12	25	8,5	4,5	42	55	5	10	50	40
27	28	30	32	12	27	9	4,5	45	60	5	10	56	43
30	31	33	35	14	30	10	5	50	65	6,3	11,2	63	48
33	34	36	38	14	33	11	5	55	70	6,3	11,2	71	53
36	37	39	42	16	36	11	6	60	75	6,3	12,5	71	57
39	40	42	45	16	39	12	6	65	80	6,3	12,5	80	



≥ M12

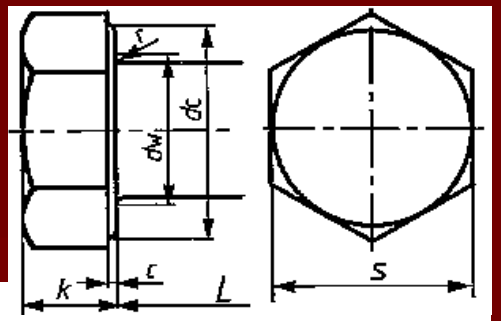


ISO 273

Admite anilhas Z ou W

DIN 74

diâmetro menor: $d_1 = d - P$ ou $d_1 \approx 0,8\,d$ (em desenho)



3.2.5.1 Desenho de peças roscadas - generalidades

Os **parafusos**, **pernos e porcas**, normalizados e seleccionados, são definidos através da sua **designação normalizada**.

Em **desenhos de conjunto** de concepção do produto, os parafusos devem ser desenhados de um modo mais ou menos simplificado.

Designação normalizada → **tipo de rosca**, diâmetro ***d*** e o comprimento ***l***.

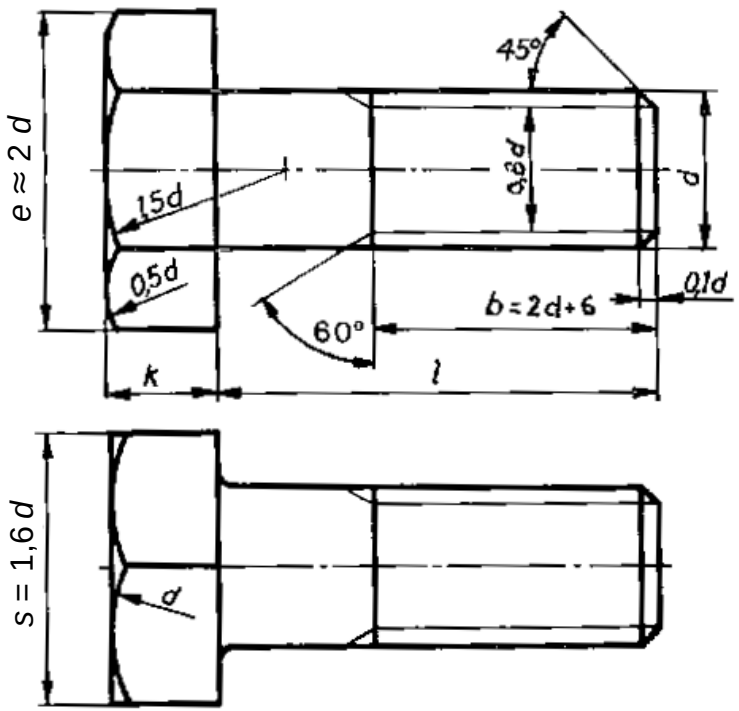
Consulta de tabelas → as restantes características necessárias ao desenho.

Ex.: parafusos e porcas **H** → ***e*** (entrequinas) **= 1,16 *s*** (entrefaces).

O **desenho dos parafusos, pernos e porcas** pode também ser feito usando escantilhões apropriados ou **a partir de relações simples**, facilmente memorizáveis.

Num **parafuso H**, deve traçar-se sucessivamente:

1) a **linha de eixo** que define a posição do parafuso no conjunto e as linhas exteriores da rosca (***d***);
2) as linhas da base da cabeça e da ponta do parafuso distantes de ***l***;
3) a linha de topo da cabeça com uma altura ***k*** (em desenho usar ***k* = 0,7 *d***);
4) as linhas correspondentes ao **entrequinas** da cabeça (***e* = 2 *d***), sendo a distância dividida em **3 partes**, de acordo com a figura;



Comprimento da rosca:

$b = 2\,d + 12$ $(125 < l \leq 200)$
$b = 2\,d + 25$ $(l > 200)$

diâm. menor: $d_1 = 0{,}8\,d$ ou $d_1 = d - P$

5) os arcos de raios **1,5 *d*** e **0,5 *d*** nas faces da cabeça;
6) a ponta, com a 2ª linha à distância **0,1 *d*** e um chanfro de **45º**.

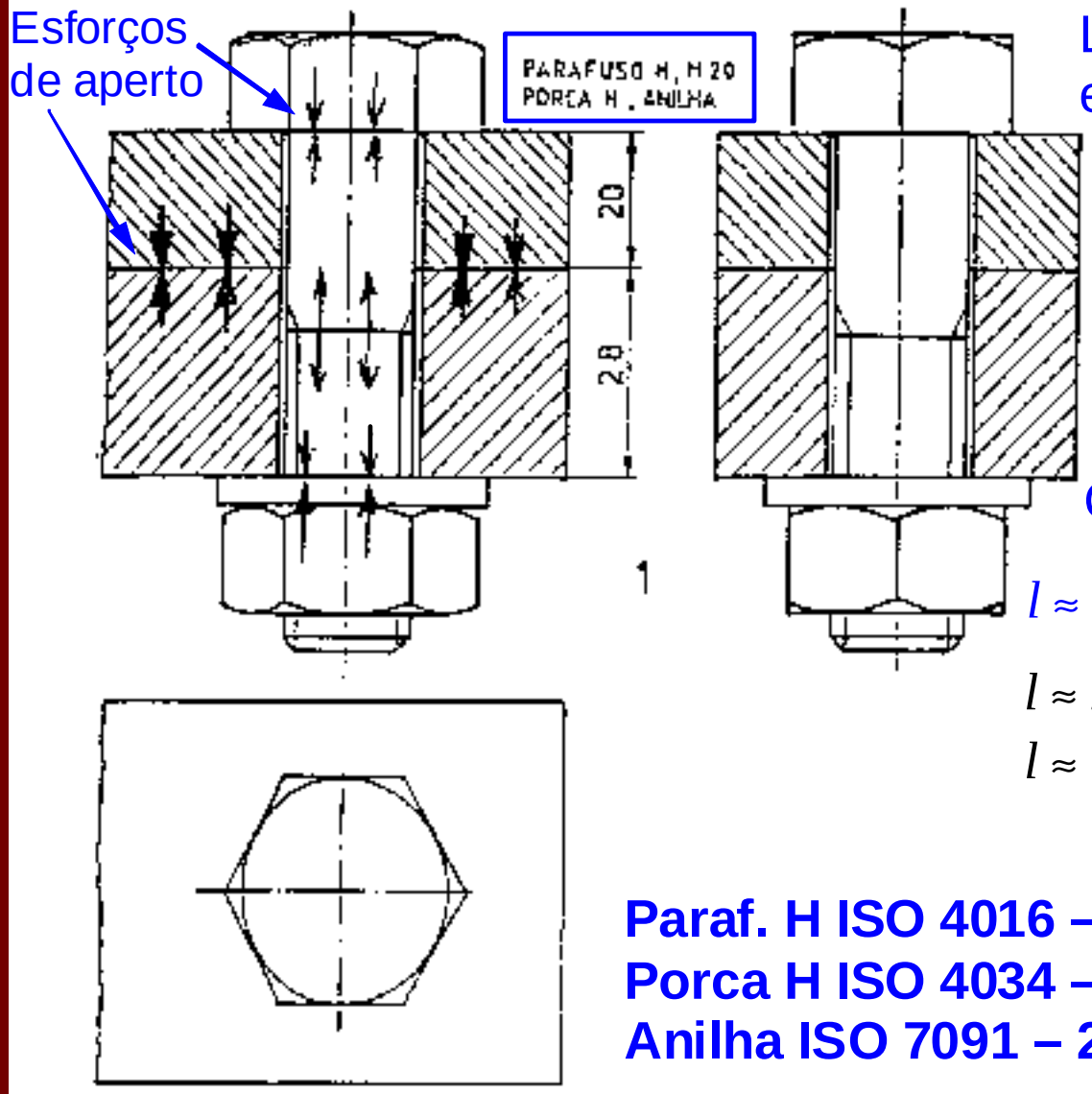
Na **vista principal**, os parafusos e porcas hexagonais devem ser representados com o máximo número de faces visíveis.

3.2.5.2 Exercícios sobre peças roscadas









Ligação s/ cuidados especiais

↓

Grau C

Comprim. parafuso:

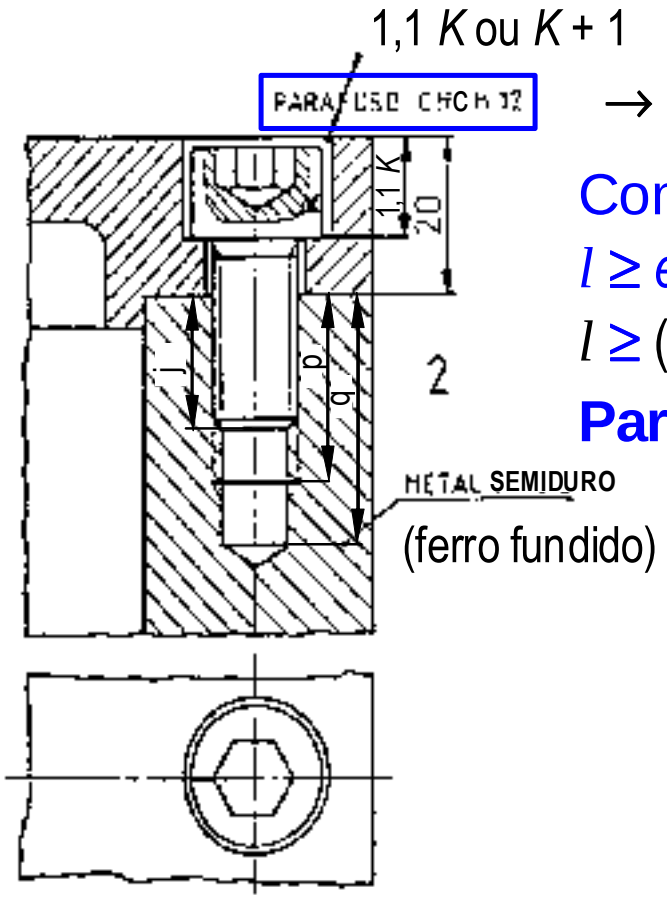
$l \approx e_1 + e_2 + 0{,}2\,d + m + n$

$l \approx 20 + 28 + 4 + 19 + 6$

$l \approx 77 \rightarrow l_{norm} = 80$

Paraf. H ISO 4016 – M20 × 80 – 4.6
Porca H ISO 4034 – M20 – 4
Anilha ISO 7091 – 20 – 100 HV

Ligação "parafuso – peça roscada"





$\rightarrow$ $K = d = 12$

Comprimento do parafuso:

$l \geq e + 1{,}5\,d$

$l \geq (20 - 13) + 1{,}5 \times 12 = 25 \rightarrow$ $\mathbf{l_{norm} = 25}$

Paraf. CHC ISO 4762 – M12 × 25 – 8.8

$\mathbf{l_{norm} = 25} \rightarrow j = l_{norm} - e = 18$

Furo roscado:

d = M12 – 6H

$p = j + 7 \quad = 18 + 7 = 25$

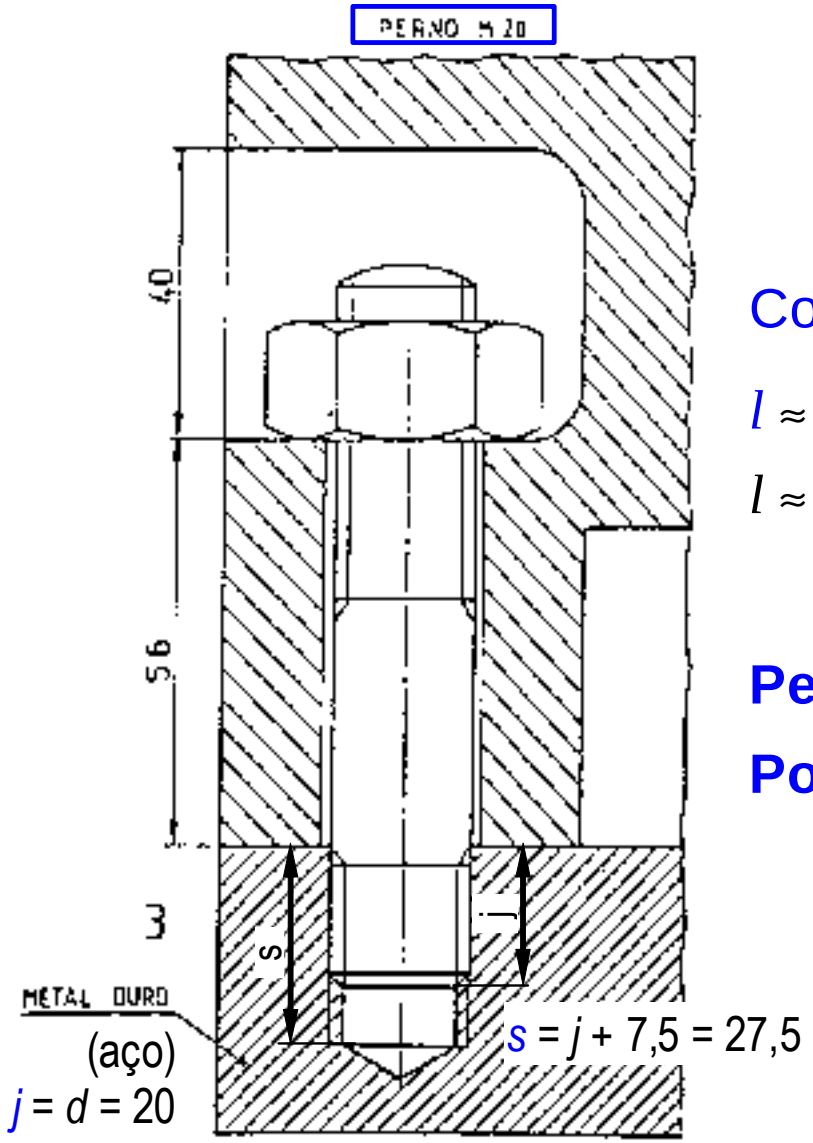
Furo liso:

$d_1 = d - P = 12 - 1{,}75 = 10{,}25$

$q = j + 16 = 18 + 16 = 34$

Ligação "perno e porca – peça roscada





Comprimento do perno:

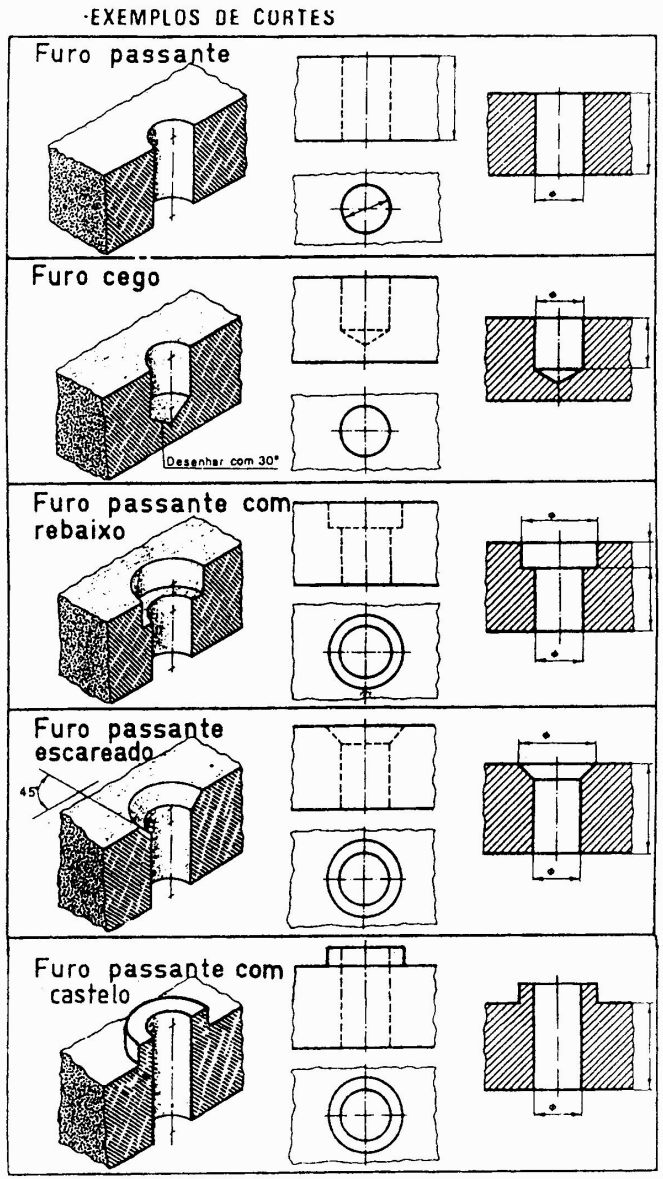
$l \approx e + m + n$

$l \approx 56 + 18 + 6 = 80 \rightarrow l_{norm} = 80$

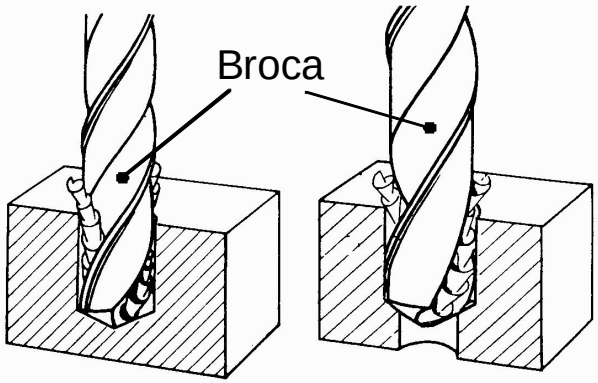
Perno DIN 938 – M20 × 80 – 8.8

Porca H ISO 4032 – M20 – 8

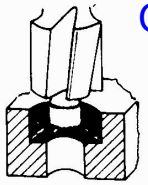
3.2.5.3 Produção de furos passantes, caixas e escareados

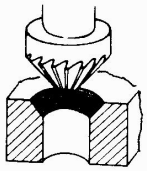


Operação de furar

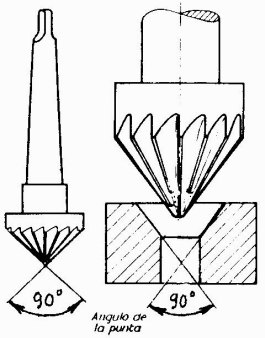


Operação de rebaixar





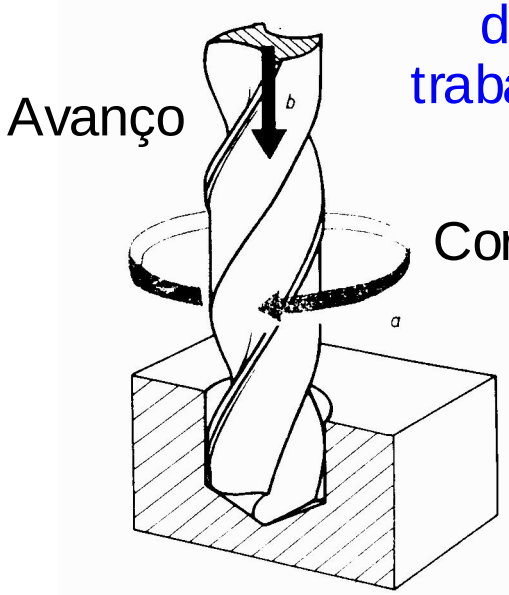
Operação de escarear



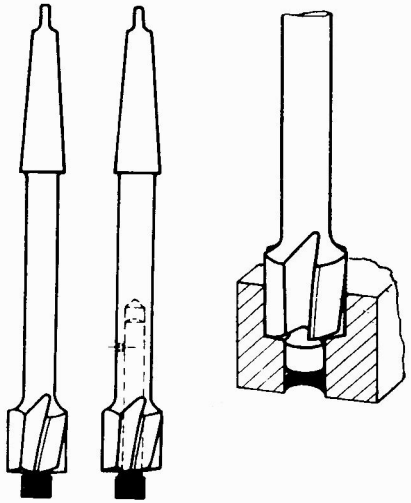
Escareador

Elementos de fixação: elementos roscados

Movimentos de trabalho

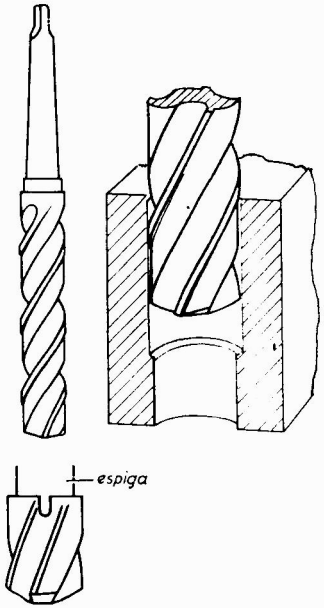


Operação de rebaixar



Mandris de rebaixar

Operação de alargamento de furos com mandril (para ajustamentos)



Mandril helicoidal

Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP



Ligações com pinos



José António Almacinha

Ligações com pinos

1 – GENERALIDADES

1.1 - Definição

Pino ("pin"), cavilha ou passador: pequena peça metálica, em geral, de secção circular.

As ligações por pinos são desmontáveis e muito simples. Os pinos não podem ser usados em ligações sujeitas a esforços elevados.

1.2 - Utilização

Um pino pode ser utilizado como elemento de:

- **Fixação** (resistente à torção e ao corte) de uma peça (figs. 1 e 2).
- **Posicionamento** de uma peça relativamente a outra (figura 3).
- **Limitação de forças aplicadas**, caso de pinos fracturáveis.

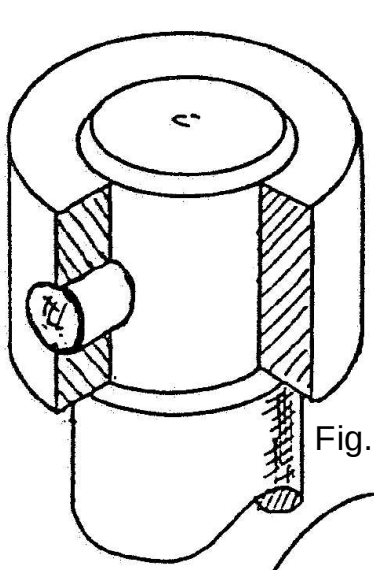


Fig. 1

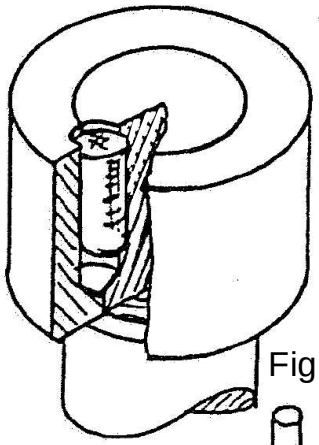


Fig. 2

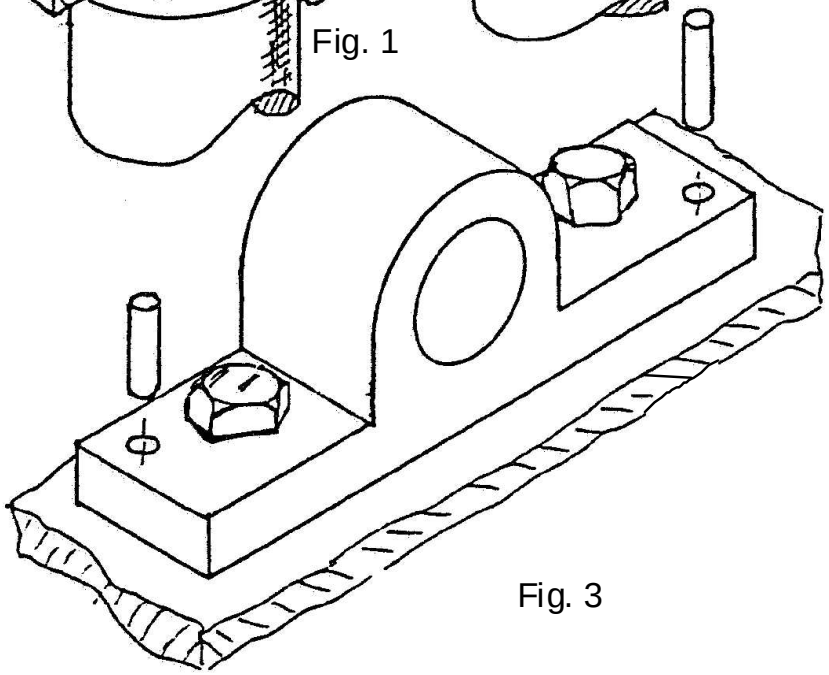


Fig. 3

- **Articulação** (figura 4), usando cavilhas de articulação, para pistões, etc.
- **Fixação de molas** (figura 5).
- **Limitação de cursos** (figura 6).
- **Centragem**, pela utilização de pinos cónicos (figura 7).
- **Suspensão** de barras, discos e rolos (figura 10).
- **Segurança**, para evitar o desaparafusamento espontâneo de parafusos e porcas (figuras 12 e 34).
- **Etc.**


Fig. 34

Observação:

Os **materiais dos pinos** são mais resistentes do que os das peças a ligar.

Em geral, as **superfícies laterais** dos pinos são cilíndricas ou cónicas.

Quando sujeitos a vibrações, os pinos deverão ser imobilizados.

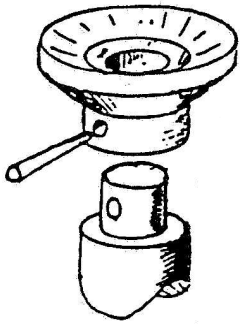


Fig. 10

Fig. 4

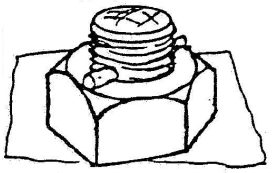


Fig. 12

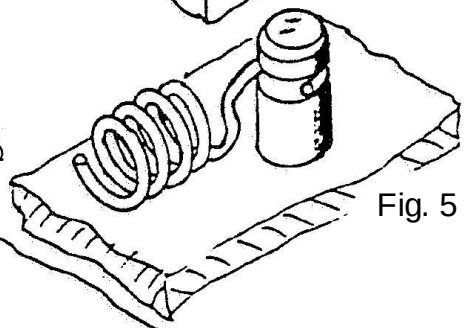


Fig. 5

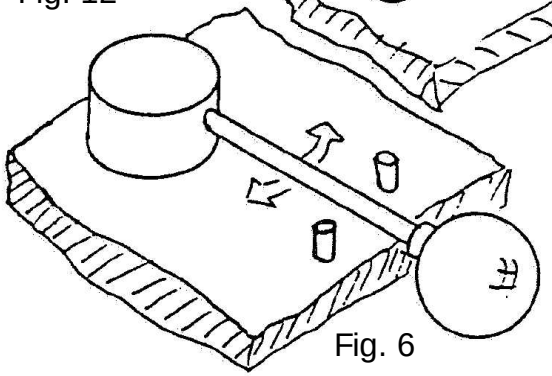


Fig. 6

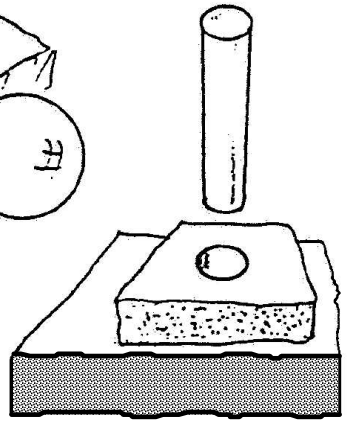


Fig. 7

Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP



2 - PINOS CÓNICOS

não temperados

2.1 – Normas

ISO 2339: 1986 – Taper pins, unhardened

2.2 – Forma e material

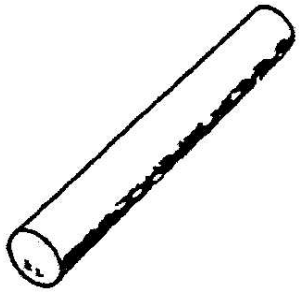
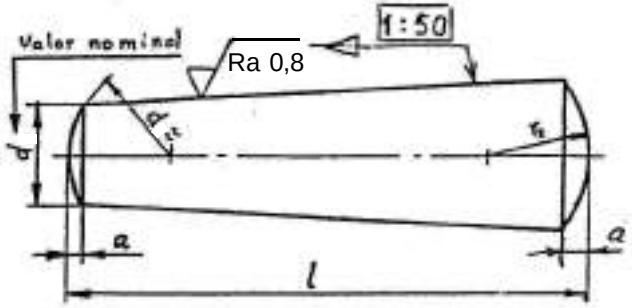


Fig. 8 – Pino cónico



$r_2 \approx (a/2) + d + (0{,}02\ l)^2 / (8\ a)$

Figura 9 – Pino cónico, de tipo A

Peça metálica com forma de um cone alongado, de **conicidade *C* = 1:50** e topos boleados.

O **valor nominal do pino** é o seu diâmetro menor ***d*** (c/ tolerância **h10** ou **a11**, c11 e f8 por encomenda).

Material: aço de corte fácil, com durezas entre 125 e 245 HV, indicado por **St**.

2.3 – Aplicações

2.3.1 – Fixação

A ligação, em rotação e em translação, de um cubo de roda (ou de um anel) com um veio (figura 10).

2.3.2 – Limitação de movimento

Elementos de segurança por limitação de movimento (figuras 11 e 12), com actuação idêntica à dos pinos bifurcados.

Tipos de acabamento de superfície:

Tipo A (rectificados): rugosid. **Ra = 0,8 µm**
Tipo B (torneados): rugosid. **Ra = 3,2 µm**

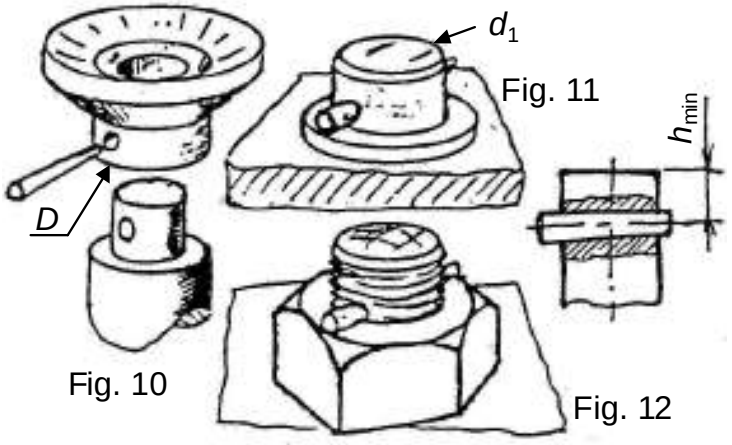


Fig. 11

Fig. 10

Fig. 12

Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP



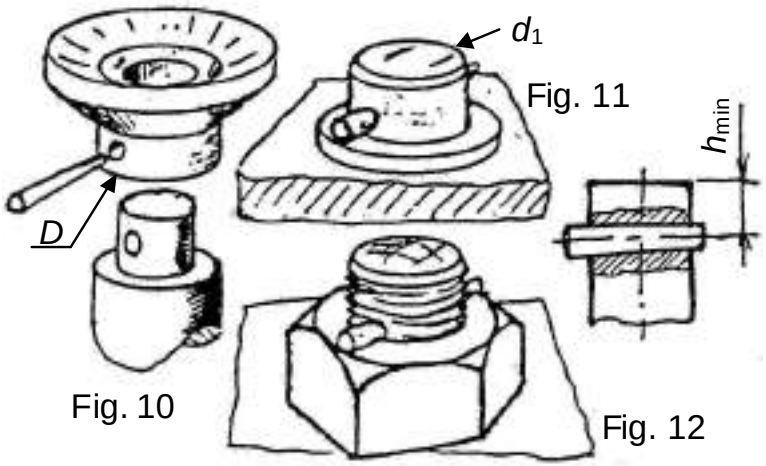


Fig. 10 Fig. 11 Fig. 12

O **furo** é aberto com as duas peças montadas, usando uma **broca *Ød* = *d* do pino** (c/ toler. H13, p/ $d \leq 1,2$ e H14, p/ $d > 1,2$).

O furo é acabado com um **mandril cónico** e com as duas peças montadas.

Sendo d_1 o diâmetro do veio (figura 11), devem usar-se **pinos com diâmetros**:

$$d = d_1 / 3,3 \quad \text{a} \quad d_1 / 5$$

O pino fica ligado por atrito. Trata-se de uma **ligação que pode ser desmontada, mas não c/ muita frequência**.

Diâmetro exterior ***D*** de um cubo ligado c/ um veio, sob torção (figura 10):

$D = 2\ d_1$, c/ cubo de aço (St) ou aço vaz.
$D = 2,5\ d_1$, c/ cubo de f. fundido cinzento

Quadro 1 - Pinos cónicos, não temperados

Nominal *d* (h10)	*a* ≈	*l* (≈ js15) de	a	Veio d_1 >	até	h_{min}
0,6	0,08	4	8		2	
0,8	0,1	5	12	2	3	1,6
1	0,12	6	16	3	4	2,2
1,2	0,16	6	20	4	5	2,9
1,5	0,2	8	24	5	6	3,2
2	0,25	10	35	6	8	3,5
2,5	0,3	10	35	8	9	4
3	0,4	12	45	9	12	4,5 a 5,5
4	0,5	14	55	12	17	6
5	0,63	18	60	17	23	7 a 8
6	0,8	22	90	23	29	9
8	1	22	120	29	44	10
10	1,2	26	160	44	69	12 a 14
12	1,6	32	180	69	110	16
16	2	40	200	110	160	18
20	2,5	45	200	160		
25	3	50	200			
30	4	55	200			
40	5	60	200			
50	6,3	65	200			

Adoptar os **comprimentos normais** ***l*** = 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 120, 140, 160, 180, 200.

2.4 – Designação

Pino cónico ISO 2339 – tipo – *d* × *l* - mat

Pino cónico ISO 2339 – A – 6 × 30 - St



3 - PINOS CÓNICOS COM FURO ROSCADO

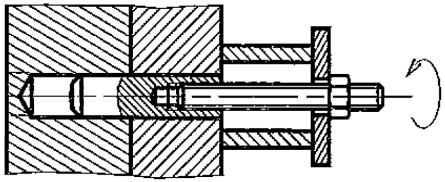
não temperados

3.1 – Normas

ISO 8736: 1986 – Taper pins with internal thread, unhardened

3.2 – Forma

Na extremidade de maior diâmetro, existe um furo alargado, no início, e depois roscado, (figura 13), para facilitar a extracção do pino.



3.3 – Material

Aço de corte fácil, com durezas entre 125 e 245 HV, indicado por **St**.

3.4 – Dimensões

O **valor nominal do pino** é o seu diâmetro menor ***d***.

Para evitar a deterioração do furo roscado

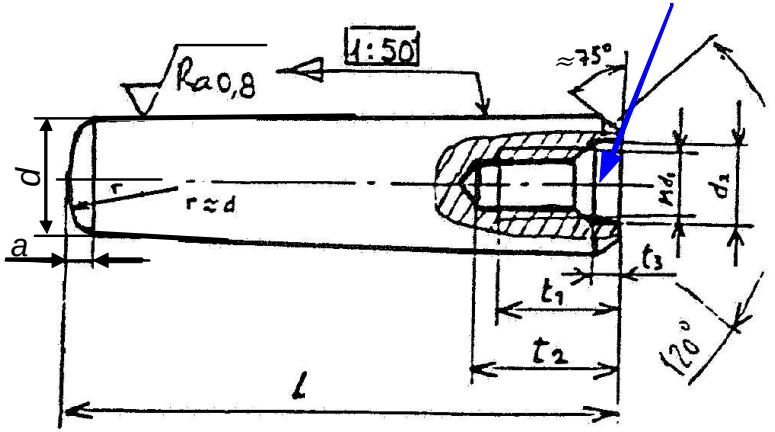
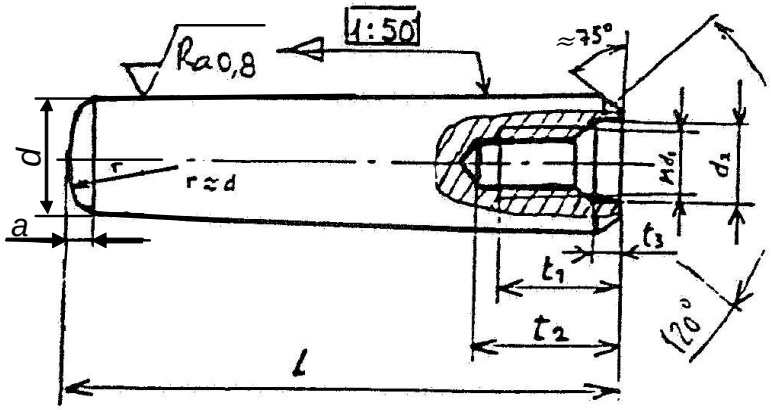


Fig. 13 – Pino cónico com furo roscado, de tipo A

Furo aberto com as duas peças montadas, usando uma **broca** com um diâmetro igual ao diâmetro nominal do pino, e acabado com um **mandril cónico**.



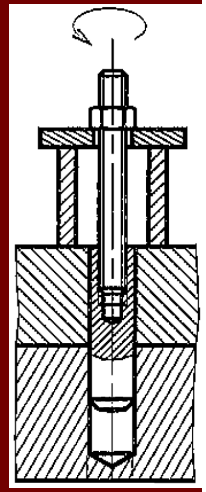
Os diâmetros ***d*** dos pinos podem também ser produzidos, por encomenda, com **tolerâncias** a11, c11 e f8.



Tipos de acabamento de superfície:

Tipo A (rectificados): rugosid. **Ra = 0,8 μm**

Tipo B (torneados): rugosid. **Ra = 3,2 μm**



3.5 – Aplicações

Idênticas às dos pinos cónicos simples, com **a vantagem de estes pinos poderem ser mais facilmente extraídos**.

O **comprimento de contacto** do pino cónico, em cada uma das duas peças, deve ser maior ou igual a ***d***.

Quadro 2 – Pinos cónicos, com furo roscado

Nominal *d* (h10)	a	Md_1	t_1	t_2 min.	d_2	t_3	*l* de ... a
6	0,8	M4	6	10	4,3	1	16 ... 60
8	1	M5	8	12	5,3	1,2	18 ... 80
10	1,2	M6	10	16	6,4	1,2	22 ... 100
12	1,6	M8	12	20	8,4	1,2	26 ... 120
16	2	M10	16	25	10,5	1,5	32 ... 160
20	2,5	M12	18	28	13	1,5	40 ... 200
25	3	M16	24	35	17	2	50 ... 200
30	4	M20	30	40	21	2	60 ... 200
40	5	M20	30	40	21	2,5	80 ... 200
50	6,3	M24	36	50	25	2,5	100 ... 200

Adoptar os **comprimentos normais:** ***l*** = 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 120, 140, 160, 180, 200 (≈ js15).

3.6 – Designação

Exemplo de designação de um pino cónico com furo roscado:

Pino cónico ISO 8736 – tipo – *d* × *l* – mat.

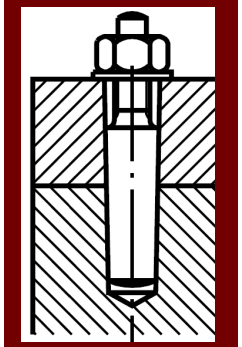
Pino cónico ISO 8736 – A – 6 × 30 - St

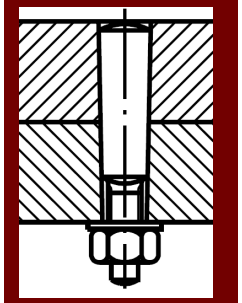
4 - PINOS CÓNICOS COM ROSCA EXTERIOR

não temperados









4.1 – Normas

ISO 8737: 1986 – Taper pins with external thread, unhardened

4.2 – Forma

Pinos de posição cónicos constituídos por um corpo tronco-cónico, com uma **conicidade de 1:50**, e uma ponta roscada com uma saliência na extremidade.

Podem ter duas formas distintas:

- **Forma A**, que tem a ponta roscada junto do maior diâmetro do corpo cónico (ISO 8737).
- **Forma B**, que tem a ponta roscada junto do menor diâmetro do corpo cónico (actualmente não normalizada).

4.3 – Material

Aço de corte fácil, com durezas entre 125 e 245 HV, indicado por **St**.

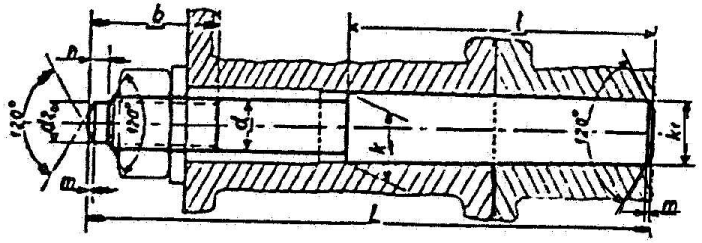


Figura 14 Pino de forma A

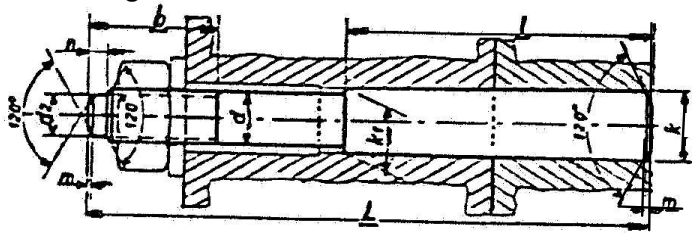


Figura 15 Pino de forma B

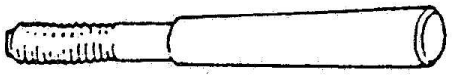


Figura 16 Pino de forma B

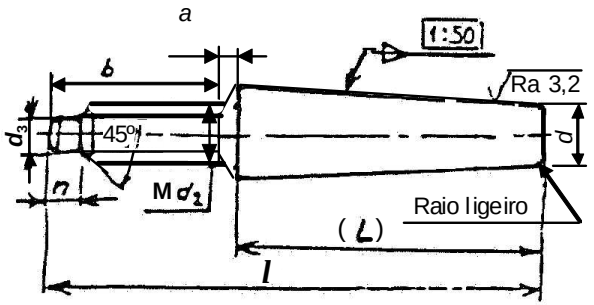


Figura 17 – Pino ISO 8737 (forma A)

Ligações com pinos



4.4 – Dimensões



O **valor nominal do pino** é o seu diâmetro menor ***d***.

As dimensões dos pinos cónicos, de fabricação corrente (ISO 8737), estão indicadas no quadro 3.

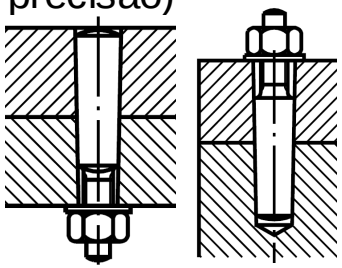
O **furo** deve ser acabado com um **mandril cónico** com as duas peças montadas.

Quadro 3 – Pinos cónicos, com rosca exterior

Nominal d (h10)	a	b +2P 0	Md_2	d_3 min.	n min.	l de ... a
5	2,4	14	M5	3,25	1,25	40 ... 50
6	3	18	M6	3,7	1,5	45 ... 60
8	4	22	M8	5,2	2	55 ... 75
10	4,5	24	M10	6,6	2,5	65 ... 100
12	5,3	27	M12	8,1	3	85 ... 120
16	6	35	M16	11,5	4	100 ... 160
20	6	35	M16	11,5	4	120 ... 190
25	7,5	40	M20	14,5	5	140 ... 250
30	9	46	M24	17,5	6	160 ... 280
40	10,5	58	M30	22,5	7	190 ... 320
50	12	70	M36	27,5	9	220 ... 400

4.5 – Aplicações (alta precisão)

Posicionamento, com centragem, de duas peças.



Adoptar os **comprimentos normais:** ***l*** = 40, 45, 50, 55, 60, 65, 75, 85, 100, 120, 140, 160, 190, 220, 250, 280, 320, 360, 400 (≈ js15).

Os pinos ISO 8737 (forma A) são os mais usados. A pequena conicidade assegura uma boa aderência por atrito.

Os pinos de forma B, usados quando há vibrações.

4.6 – Designação

Pino cónico ISO 8737 – $d \times l$ - material

Pino cónico ISO 8737 – 6×50 - St



5 - PINOS CILÍNDRICOS

5.1 – Normas

ISO 2338: 1997 – Parallel pins, of unhardened steel and austenitic stainless steel

ISO 8734: 1986 – Parallel pins, of hardened steel and martensitic stainless steel

5.2 – Forma e materiais

Os topos chanfrados (figura 18), podem ser ligeiramente encovados.

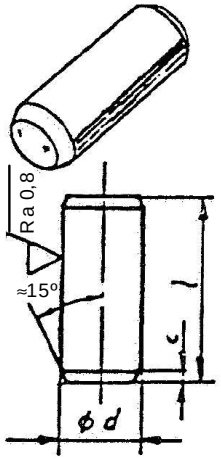
Pinos (ISO 2338): aço não temperado (**St**) (durezas:125 a 245 HV30), e aço inox (**A1**), c/ durezas entre 210 e 280 HV30.

Os pinos (ISO 8734): aço temperado (**St**) [durezas: 550 a 650 HV30 - têmpera total (**tipo A**) ou 600 e 700 HV1 – têmpera superficial (**tipo B**)] e aço inox (**C1**), com durezas entre 460 e 560 HV30.

5.3 – Dimensões

Em furos transversais de veios com diâmetro ***D***, usar pinos com diâmetros:

***d* = *D* / 3,3 a *D* / 5**



Tolerâncias de ***d***:

m6, h8 (ISO 2338)
m6 (ISO 8734)

Tolerâncias de ***l***:

≈ js15

Rugosidades:

Ra ≤ 0,8 (c/ m6)
Ra ≤ 1,6 (c/ h8)

Fig. 18 – Pino cilíndrico

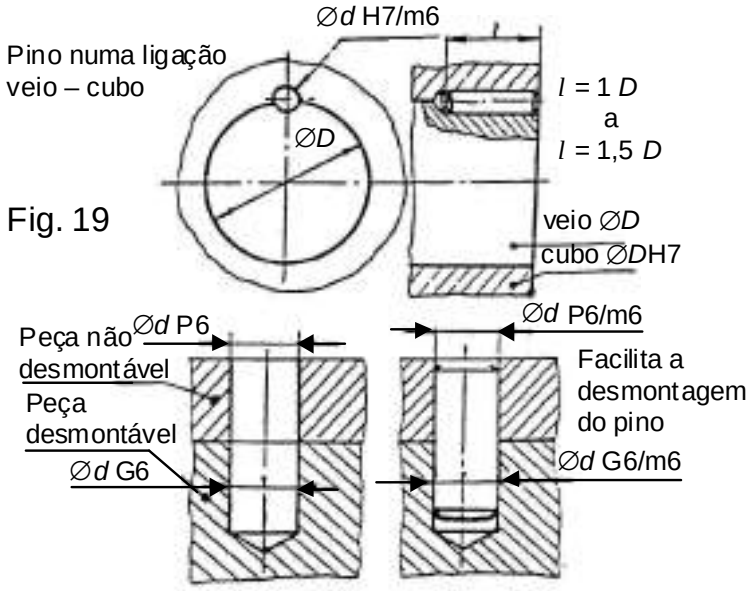


Fig. 19

Fig. 20 –Pino de posicionamento - tolerâncias dos furos de peças de produção em série

Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP



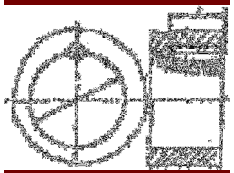
5.4 – Aplicações

Em ligações que **transmitem potências** relativamente pequenas.

Quando é solicitado por **forças de corte** deverá ser montado com um ajustamento **G7/m6** (o que é relativamente caro).

As suas principais aplicações são:

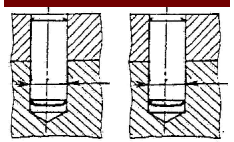
5.4.1 – No acoplamento veio – cubo



Designado por **chaveta redonda** (figura 19). Usar uma **broca de $\varnothing d_0 < \varnothing d$, e mandrilar** para uma tolerância **$\varnothing d$ H7**. Utilizar como valores práticos:

$$d = 0{,}13\,D \text{ a } 0{,}16\,D \;;\; l = 1\,D \text{ a } l = 1{,}5\,D$$

5.4.2 – Como pino de posicionamento



Dois furos bem distantes, para neles alojar pinos cilíndricos (figura 20). Se os furos forem acabados, em simultâneo, com um só mandril, a peça não desmontável é aquela em que o furo é cego.

Quadro 4 – Pinos cilíndricos

Nominal d	c	l (ISO 2338) de … a	l (ISO 8734) de … a
0,6	0,12	2 … 6	
0,8	0,16	2 … 8	
1	0,2	4 … 10	3 … 10
1,2	0,25	4 … 12	
1,5	0,3	4 … 16	4 … 16
2	0,35	6 … 20	5 … 20
2,5	0,4	6 … 24	6 … 24
3	0,5	8 … 30	8 … 30
4	0,63	8 … 40	10 … 40
5	0,8	10 … 50	12 … 50
6	1,2	12 … 60	14 … 60
8	1,6	14 … 80	18 … 80
10	2	18 … 95	22 … 200
12	2,5	22 … 140	26 … 200
16	3	26 … 180	40 … 200
20	3,5	35 … 200	50 … 200
25	4	50 … 200	
30	5	60 … 200	
40	6,3	80 … 200	
50	8	95 … 200	

Adoptar os **comprimentos normais l** = 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 120, 140, 160, 180, 200.

5.5 – Designação

Pino cilíndrico ISO 2338 – $d \times l$ – mat.

Pino cilíndrico ISO 2338 – 6 m6 × 30 – St

Pino cilíndrico ISO 8734 - $d \times l$ - tipo - mat.

Pino cilíndrico ISO 8734 – 6 × 30 – A - St

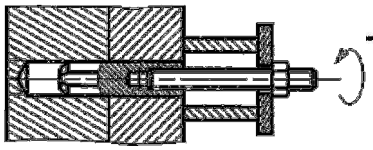
6 - PINOS CILÍNDRICOS COM FURO ROSCADO



6.1 – Normas

ISO 8733: 1997 – Parallel pins with internal thread of unhardened steel and austenitic stainless steel

ISO 8735: 1997 – Parallel pins with internal thread of hardened steel and martensitic stainless steel



6.2 – Forma

Uma das extremidades Pode ser **boleada** (ISO 8735 – tipo A) ou **com chanfro** (ISO 8733 e ISO 8735 – tipo B) de 15º e alturas ***c*** (quadro 5).

A outra extremidade tem um chanfro e um furo alargado, no início, e depois roscado.

Na superfície cilíndrica, nos pinos ISO 8733 e ISO 8735 – tipo A, pode haver uma **pequena faceta plana ou ranhura** para facilitar a evacuação do ar, quando se introduz o pino num furo cego.

Para evitar a deterioração do furo roscado

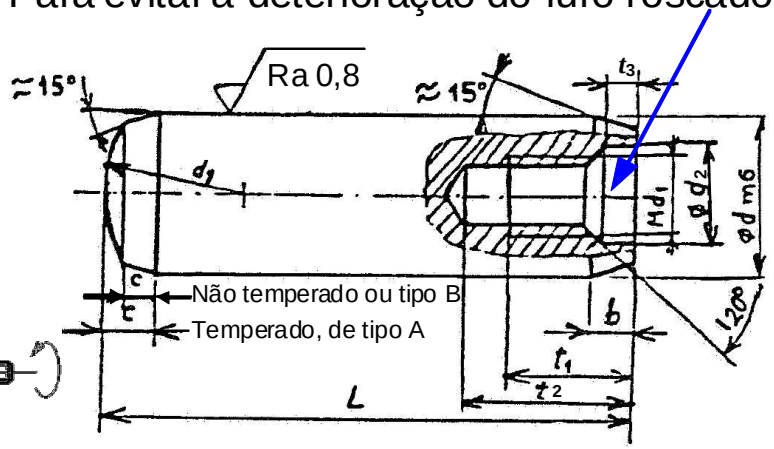


Fig. 21 – Pino cilíndrico com furo roscado

Pino ISO 8733 - aço não temperado (**St**) ou aço inox austenítico (**A1**), e topos chanfrados.

Pino ISO 8735 - de aço temperado:

Tipo A - aço c/ têmpera total (**St**) ou aço inoxidável martensítico (**C1**), e topo boleado.

Tipo B - aço c/ têmpera superficial (**St**) e topo plano c/ chanfro.

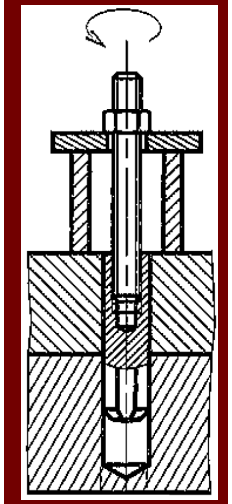
Ligações com pinos



6.3 – Material

Pinos (ISO 8733): aço não temperado (**St**), durezas entre 125 e 245 HV30 e aço inox (**A1**), durezas entre 210 e 280 HV30.

Pinos (ISO 8735): aço temperado (**St**), durezas entre 550 e 650 HV30 [têmpera total (**tipo A**)] ou 600 e 700 HV1 [têmpera superficial (**tipo B**)], e aço inoxidável (**C1**), com durezas entre 460 e 560 HV30.



6.4 – Dimensões (ver quadro 5)

6.5 – Aplicações

Idênticas às dos pinos cilíndricos simples (*d* m6), mas mais fáceis de extrair.

6.6 – Designação

Pino cilíndrico ISO 8733 – *d* × *l* – mat.

Pino cilíndrico ISO 8733 – 6 × 30 – St

Pino cilíndrico ISO 8733 – 6 × 30 – A1

Quadro 5 – Pinos cilíndricos, com furo roscado

Nominal *d* (m6)	*b* ≈	*c* ISO 8733	*c* ISO 8735	M*d*$_1$	*t*$_1$	*t*$_2$ min.	*d*$_2$	*t*$_3$	*l* de … a
6	0,8	1,2	2,1	M4	6	10	4,3	1	16 … 60
8	1	1,6	2,6	M5	8	12	5,3	1,2	18 … 80
10	1,2	2	3	M6	10	16	6,4	1,2	22 … 100
12	1,6	2,5	3,8	M6	12	20	6,4	1,2	26 … 120
16	2	3	4,6	M8	16	25	8,4	1,5	32 … 160
20	2,5	3,5	6	M10	18	28	10,5	1,5	40 … 200
25	3	4	6	M16	24	35	17	2	50 … 200
30	4	5	7	M20	30	40	21	2	..60 … 200
40	5	6,3	8	M20	30	40	21	2,5	80 … 200
50	6,3	8	10	M24	36	50	25	2,5	100 … 200

Adoptar os **comprimentos normais:**

l = 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 120, 140, 160, 180, 200 (≈ js15).

Pino cilíndr. ISO 8735 - *d* × *l* - tipo - mat.

Pino cilíndrico ISO 8735 – 6 × 30 – A – St

Pino cilíndrico ISO 8735 – 6 × 30 – C1



7 - PINOS ELÁSTICOS

7.1 – Normas

ISO 8752: 1997 – Spring-type straight pins – Slotted, heavy duty

ISO 13337: 1997 – Spring-type straight pins – Slotted, light duty

7.2 – Forma e materiais

Peça cilíndrica oca com fenda longitudinal. As suas extremidades são chanfradas.

Pinos são produzidos em duas séries

- **Série pesada** ou **espessa** (ISO 8752), de utilização mais frequente.
- **Série leve** ou **fina** (ISO 13337), para utilização em peças delicadas.

Material: chapa de **aço de mola** (**St** e inoxidáveis **A** e **C**), c/ tratamento térmico, apresentando grande resistência mecânica e alta resiliência.



Figura 22 – Pino elástico

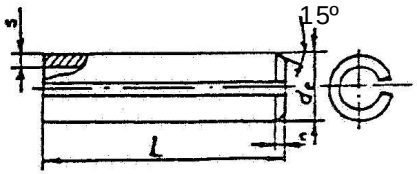


Fig. 23 – Pino elástico

Figura 24

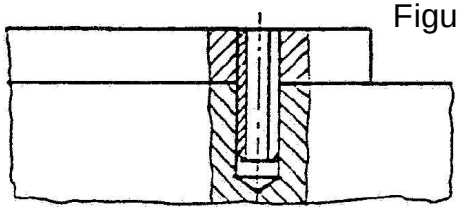
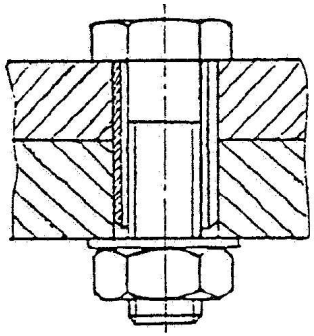


Figura 25



Exemplos:

Parafuso	Pinos elásticos Pesados *d x s*	Pinos elásticos Leves *d x s*
M10	18 x 3,5	14 x 1,5
M12	21 x 4	16 x 1,5
M16	28 x 5,5	21 x 2

Fig. 26 –Pino de posicionamento combinado com parafuso-porca de fixação

Ligações com pinos





7.3 – Dimensões (ver quadro 6)

7.4 – Aplicações

Usar furos de diâmetros com tolerâncias largas (**H12**). O **pino elástico espesso** apresenta uma **resistência ao corte** maior do que a do pino cilíndrico, com o mesmo diâmetro nominal (112%).

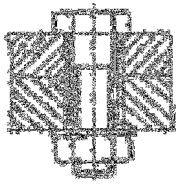
Principais aplicações:

7.4.1 – Pino de posicionamento

Ver figura 25.

7.4.2 – Pino de posicionamento combinado com parafuso e porca para fixação

O pino resiste ao esforço de corte e o parafuso ao esforço de tracção.



7.5 – Designação

Pino elástico ISO 8752 – $d \times l$ – mat.

Pino elástico ISO 8752 – 6 × 30 – St

Quadro 6 – Pinos elásticos

Diâm. nom. Diâmetro do furo d_1 H12	Comprimento $l$min.	Comprimento $l$max.	Pino pesado Chanfro c min.	Pino pesado Espes. s	Pino pesado Paraf. Md	Pino leve Chanfro c min.	Pino leve Espes. s	Pino leve Paraf. Md
1	4	20	0,15	0,2				
1,5	4	20	0,25	0,3				
2	4	30	0,35	0,4		0,2	0,2	
2,5	4	30	0,4	0,5		0,25	0,25	
3	4	40	0,5	0,6		0,25	0,3	
3,5	4	40	0,6	0,75		0,3	0,35	
4	4	50	0,65	0,8		0,5	0,5	
4,5	5	50	0,8	1		0,5	0,5	M3
5	5	80	0,9	1		0,5	0,5	
6	10	100	1,2	1,2	M3	0,7	0,75	M4
8	10	120	1,6	1,5	M4	1,5	0,75	M6
10	10	160	2,0	2	M5	2,0	1	
12	10	180	2,0	2,5	M6	2,0	1	M8
13	10	180	2,0	2,5		2,0	1,2	
14	10	200	2,0	3		2,0	1,5	M10
16	10	200	2,0	3	M8	2,0	1,5	M12
18	10	200	2,0	3,5	M10	2,0	1,7	M14
20	10	200	3,0	4		2,0	2	
21	14	200	3,0	4	M12	2,0	2	M16
...	...	...	...	...		...	...	
50	20	200	4,0	9,5		4,0	5	

Adoptar os **comprimentos normais l** = 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 120, 140, 160, 180, 200.

Pino elástico ISO 13337 – $d \times l$ – mat.

Pino elástico ISO 13337 – 6 × 30 – St



8 - PINOS COM ESTRIAS

8.1 – Normas

ISO 8739: 1997 – Grooved pins – Full-length parallel grooved, with pilot

ISO 8740 /1 /2 /3 /4 /5 /6 /7: 1997 – Grooved pins – ...

8.2 – Forma e materiais

Peças cilíndricas ou cónicas com **3 entalhes em V** dispostos longitudinalmente na sua superfície exterior (figura 27).

Alguns pinos cilíndricos estriados podem apresentar uma cabeça esférica ou de embeber (**cravos**).

Materiais: aço (**St**), com durezas entre 125 e 245 HV30 e aço inox austenítico (**A1**), com durezas entre 210 e 280 HV30.

8.3 – Aplicações (pinos económicos)

Num **furo cilíndrico**, são fixados firmemente devido às deformações produzidas pelas estrias. Deste modo, o **furo** pode ser produzido com uma tolerância mais larga (até **H12**).

Principais aplicações:

8.3.1 – Pino de posicionamento (fig. 28)

8.3.2 – Pino de de articulação (fig. 29)

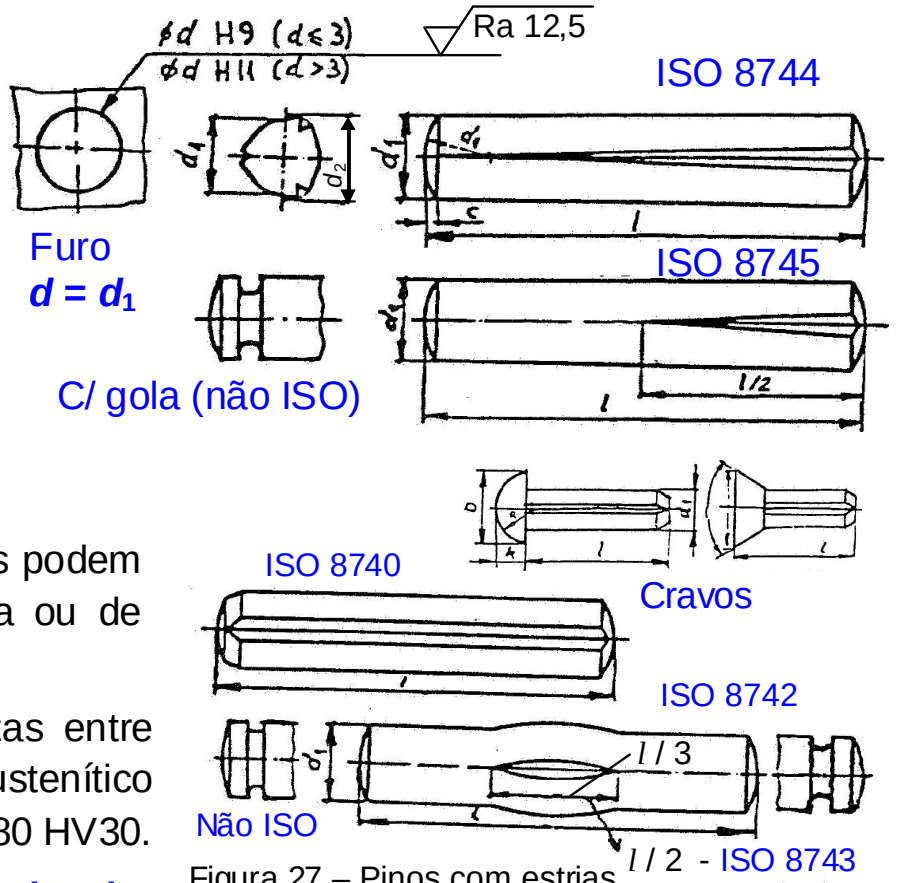


Figura 27 – Pinos com estrias

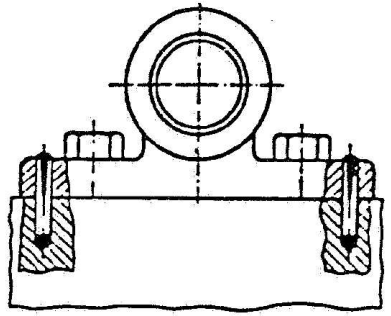


Fig. 28 – Aplicação como pino de posicionamento

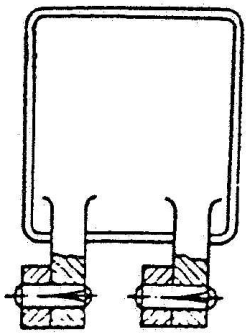


Fig. 29 – Aplicação como pino de articulação

Ligações com pinos







8.3.3 – Pino de fixação (figura 30)

8.3.4 – Pinos limitador de curso (fig. 31)

8.3.5 – Pinos com cabeça para fixação

Aplicação de **cravos** na fixação de peças diversas (chapas, dobradiças, etc.) em peças metálicas (figura 32).

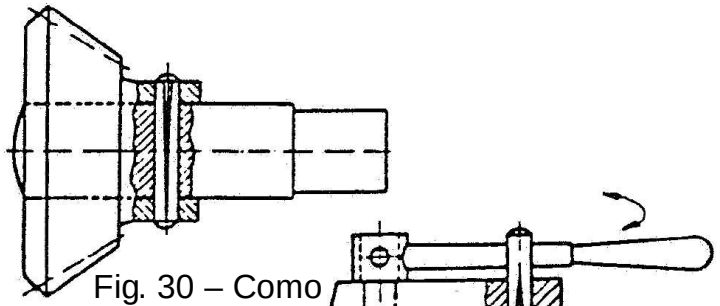


Fig. 30 – Como pino de fixação

Fig. 31 – Como limitador de curso

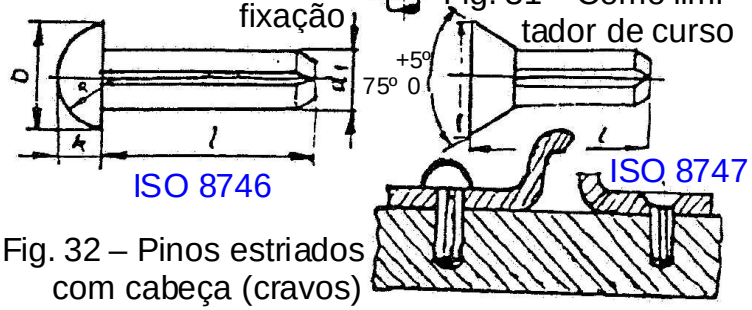


Fig. 32 – Pinos estriados com cabeça (cravos)

8.4 – Designação

Pino com estrias norma – $d_1 \times l$ – mat.

Pino com estrias ISO 8740 – 6 × 30 – St

Adoptar os **comprimentos normais** l = 3, 4, 5, 6 (só cravos), 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 120, 140, 160, 180, 200 (≈ js15).

Quadro 7 – Pinos com estrias

Diâmetro Nominal d_1	Chanfro ISO 8746 ISO 8747	Boleado c	Comprimentos ISO 8746 ISO 8747 l de	a	ISO 8739 ISO 8740 l de	a	ISO 8744 l de	a	ISO 8742 ISO 8743 l de	a	ISO 8741 l de	a	Cabeças D min.	k min.
1,4	0,42		3	6									2,2	0,7
1,5		0,2			8	20	8	20	8	20	8	20		
1,6	0,48		3	8									2,6	0,9
2	0,6	0,25	3	10	8	30	8	30	12	30	8	30	3,3	1,1
2,5	0,75	0,3	3	12	10	30	8	30	12	30	8	30	4,2	1,4
3	0,9	0,4	4	16	10	40	8	40	12	40	8	40	4,95	1,65
4	1,2	0,5	5	10	10	60	8	60	18	60	10	60	6,75	2,25
5	1,5	0,63	6	25	14	60	8	60	18	60	10	60	8,5	2,85
6	1,8	0,8	8	30	14	80	10	80	22	80	12	80	10,2	3,45
8	2,4	1	10	40	14	100	12	100	26	100	14	100	13,6	4,6
10	3,0	1,2	12	40	14	100	14	120	32	160	18	160	14,9	6,5
12	3,6	1,6	16	40	18	100	14	120	40	200	26	200	17,7	7,5
16	4,8	2	20	40	22	100	24	120	45	200	26	200	23,7	10
20	6	2,5	25	40	26	100	26	120	45	200	26	200	30,7	13
25		3			26	100	26	120	45	200	26	200		

9 - PINOS FENDIDOS



9.1 – Normas

ISO 1234: 1997 – Split pins

9.2 – Forma e materiais

O **pino fendido** (**bifurcado** ou **troço**) é formado por uma barra de secção semicircular maciça, dobrada de modo a formar um olhal e com ramos de comprimentos diferentes (figura 33).

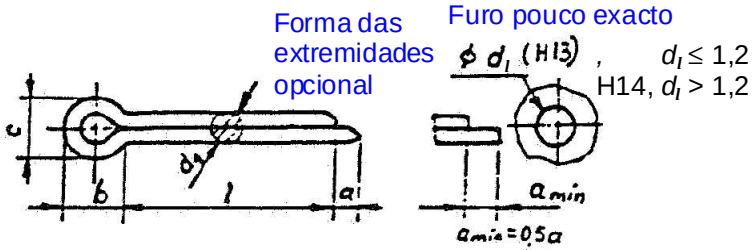
O **diâmetro nominal *d*** do pino fendido é o **diâmetro do furo passante** onde ele deverá ser alojado.

9.3 – Aplicações

Para **ligações de segurança**. Depois de montado, os seus dois ramos são afastados e dobrados, para que o pino não possa soltar-se espontaneamente.

9.3.1 – Pino de segurança

Usados para **imobilização de porcas** em locais de forte trepidação (caso dos veículos automóveis). Também podem ser utilizados para a **imobilização de pinos de articulação**.

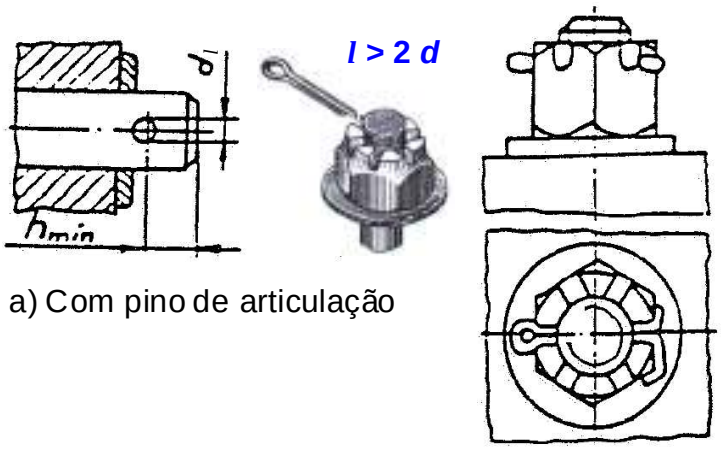


$\varnothing d_1 \approx 0,95\ \varnothing d_1$ (c/ d_1 - tamanho nominal)

Fig. 33 –Pino fendido

Materiais:

St – aço
Cu Zn – Liga de cobre-zinco (latão)
Cu – Cobre
Al – Alumínio
A – Aço inoxidável austenítico



a) Com pino de articulação

b) Com parafuso – porca de castelo

Fig. 34 – Pino fendido usado como pino de segurança

Ligações com pinos





9.4 – Designação

Pino fendido ISO 1234 – $d_l \times l$ – material

Pino fendido ISO 1234 – 5 × 50 – St

Adoptar os **comprimentos normais**
l = 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 71, 80, 90, 100, 112, 125, 140, 160, 180, 200, 224, 250, 280

Exemplo:

Um pino fendido de tamanho nominal ∅3,2 usa-se com parafusos M12 ou M14 (ver a norma ISO 7378) ou com pinos de articulação ∅10 ou ∅12 (ver a norma ISO 2340).

Quadro 8 – Pinos fendidos

Tamanho nominal d_l (furo)	d_1 min.	d_1 max.	a max	c min.	c max.	Comprimento l min.	Comprimento l max.	Usar em paraf. Md de até	h_{min}	Usar em pino ∅d > até	h_{min}
0,6	0,4	0,5	1,6	0,9	1,0	4	12	M2,5	1	-- – 2	
0,8	0,6	0,7	1,6	1,2	1,4	5	16	M3	1,2	2 – 3	1,6
1	0,8	0,9	1,6	1,6	1,8	6	20	M4	2,3	3 – 4	2,2
1,2	0,9	1	2,5	1,7	2,0	8	25	M5	2,6	4 – 5	2,9
1,6	1,3	1,4	2,5	2,4	2,8	8	32	M7	3,3	5 – 6	3,2
2	1,7	1,8	2,5	3,2	3,6	10	40	M8	3,9	6 – 8	3,5
2,5	2,1	2,3	2,5	4,0	4,6	12	50	M10	4,9	8 – 9	4
3,2	2,7	2,9	3,2	5,1	5,8	14	63	M12…M14	5,9	9 – 12	4,5 a 5,5
4	3,5	3,7	4	6,5	7,4	18	80	M16…M20	7	12 – 17	6
5	4,4	4,6	4	8,0	9,2	22	100	M22…M27	8,7	17 – 23	7 a 8
6,3	5,7	5,9	4	10,3	11,8	32	125	M30…M39	11,2	23 – 29	9
8	7,3	7,5	4	13,1	15,0	40	160	M42…M52	14,7	29 – 44	10
10	9,3	9,5	6,3	16,6	19,0	45	200	M56…M80	16	44 – 69	12 a 14
13	12,1	12,4	6,3	21,7	24,8	71	250	M82…M120	20	69 – 110	16
16	15,1	15,4	6,3	27,0	30,8	112	280	M125…M170		110 – 160	18
20	19	19,3	6,3	33,8	38,5	160	280	M175…–		160 – ---	

10 - PINOS (CAVILHAS) DE ARTICULAÇÃO









10.1 – Normas

ISO 2340: 1986 – Clevis pins without head
ISO 2341: 1986 – Clevis pins with head

10.2 – Forma e materiais

Pequenos veios fixos que podem ter diferentes formas (figura 35).

Os pinos ISO 2340 e ISO 2341 apenas têm normalizadas as **pontas planas c/ chanfro (tipo A) e com furo p/ pino fendido (tipo B)**.

Materiais: aço de corte fácil (**St**), com durezas entre 125 e 245 HV.

10.3 – Dimensões

Quadro 9 – Pinos de articulação

Tamanho nominal	Cabeça			Chanfro	Furo p/ pino		Ponta roscada		Comprimento *l*	
d (h11)	*D*	*b*	*e*	*c*	*g*	h_{min}	Md_1	l_1	de	a
3	5	1	0,5	1	0,8	1,6			6	30
4	6	1	0,5	1	1	2,2			8	40
5	8	1,6	1	2	1,2	2,9			10	50
6	10	2	1	2	1,6	3,2	M5	8	12	60
8	14	3	1	2	2	3,5	M6	10	16	80
10	18	4	1	2	3,2	4,5	M8	13	20	100
12	20	4	1,6	3	3,2	5,5	M10	16	24	120
14	22	4	1,6	3	4	6	M12	19	28	140
16	25	4,5	1,6	3	4	6	M12	19	32	160
18	28	5	1,6	3	5	7	M14	22	35	180
20	30	5	2	4	5	8	M16	25	40	200
22	33	5,5	2	4	5	8	M16	25	45	200
24	36	6	2	4	6,3	9	M18	29	50	200
27	40	6	2	4	6,3	9	M20	31	55	200
30	44	8	2	4	8	10	M22	33	60	200
33	47	8	2	4	8	10	M22	33	65	200
36	50	8	2	4	8	10	M24	37	70	200
40	55	8	2	4	8	10	M27	40	80	200
45	60	9	2	4	10	12	M30	45	90	200
50	66	9	2	4	10	12	M33	48	100	200
55	72	11	3	6	10	14	M39	56	120	200
60	78	12	3	6	10	14	M42	62	120	200
70	90	13	3	6	13	16			140	200
80	100	13	3	6	13	16			160	200
90	110	13	3	6	13	16			180	200
100	120	13	3	6	13	16			200	

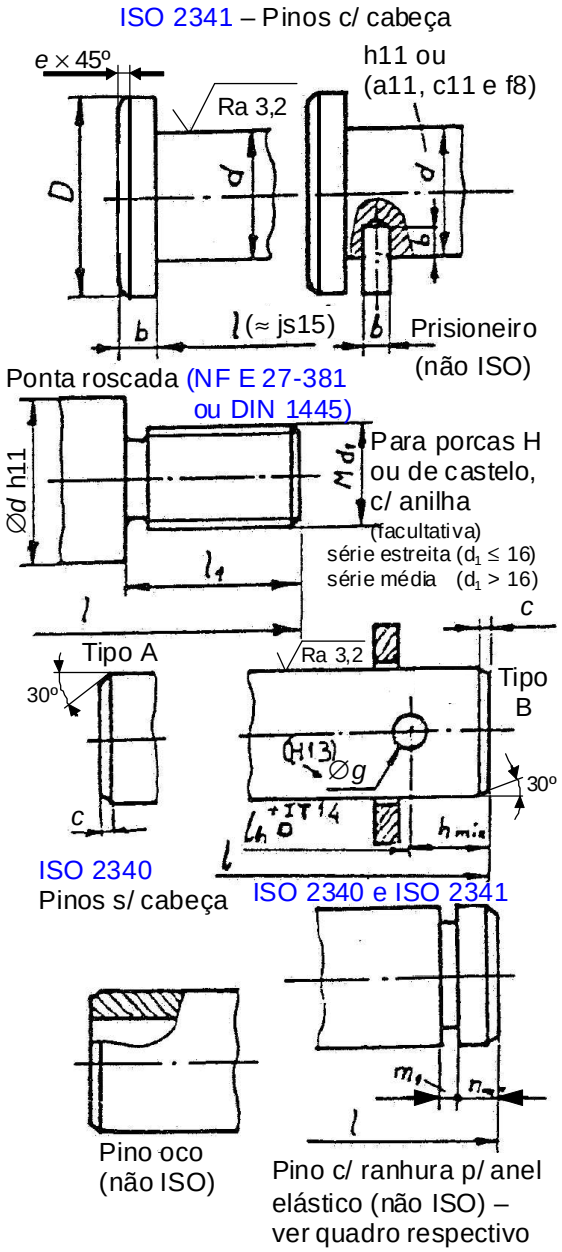


Fig. 35 – Pinos de articulação













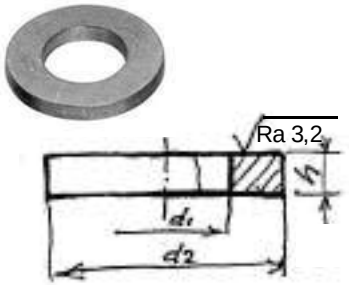

10.3 – Dimensões

Quadro 9 – Pinos de articulação

Tamanho nominal	Cabeça			Chanfro	Furo p/ pino		Ponta roscada		Comprimento *l*
d (h11)	*D*	*b*	*e*	*c*	*g*	h_{min}	Md_1	l_1	de a
3	5	1	0,5	1	0,8	1,6			6 – 30
4	6	1	0,5	1	1	2,2			8 – 40
5	8	1,6	1	2	1,2	2,9			10 – 50
6	10	2	1	2	1,6	3,2	M5	8	12 – 60
8	14	3	1	2	2	3,5	M6	10	16 – 80
10	18	4	1	2	3,2	4,5	M8	13	20 – 100
12	20	4	1,6	3	3,2	5,5	M10	16	24 – 120
14	22	4	1,6	3	4	6	M12	19	28 – 140
16	25	4,5	1,6	3	4	6	M12	19	32 – 160
18	28	5	1,6	3	5	7	M14	22	35 – 180
20	30	5	2	4	5	8	M16	25	40 – 200
22	33	5,5	2	4	5	8	M16	25	45 – 200
24	36	6	2	4	6,3	9	M18	29	50 – 200
27	40	6	2	4	6,3	9	M20	31	55 – 200
30	44	8	2	4	8	10	M22	33	60 – 200
33	47	8	2	4	8	10	M22	33	65 – 200
36	50	8	2	4	8	10	M24	37	70 – 200
40	55	8	2	4	8	10	M27	40	80 – 200
45	60	9	2	4	10	12	M30	45	90 – 200
50	66	9	2	4	10	12	M33	48	100 – 200
55	72	11	3	6	10	14	M39	56	120 – 200
60	78	12	3	6	10	14	M42	62	120 – 200
70	90	13	3	6	13	16			140 – 200
80	100	13	3	6	13	16			160 – 200
90	110	13	3	6	13	16			180 – 200
100	120	13	3	6	13	16			200

Adoptar os **comprimentos normais** ***l*** = 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 120, 140, 160, 180, 200.

10.5 – Anilhas planas p/ pinos de articulação



d = 3, …, 100
d_1 = 3, , 100 (H14)
($d_1 = d_{1min} = d$)
d_2 = 6, , 120 (h15)
($d_2 = d_{2max}$)
h = 0,8, …, 12

Exemplo: **Anilha ISO 8738 – 8 – 160 HV**




10.4 – Exemplos de designações

Pino de articulação ISO 2340 – tipo – *d* × *l* – material (Pino s/ cabeça)

Pino de articulação ISO 2340 – B – 20 × 100 – St , c/ outro furo p/ pino, ***d* × *l* x *g* × l_h – mat.**

Pino de articulação ISO 2341 – tipo – *d* × *l* – material (Pino c/ cabeça)

Pino de articulação ISO 2341 – B – 20 × 100 – St , c/ outro furo p/ pino, ***d* × *l* x *g* × l_h – mat.**

Pino de articulação ISO 2341 – A – 18 × 80 – c/ ranhura p/ anel elástico – St

Pino de articulação c/ ponta roscada NF E 27-381 – 10 × 30 – St

Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP







Anéis elásticos

José António Almacinha

Anéis elásticos

1 – Generalidades

Os **anéis elásticos** (anéis de segurança ou freios) permitem fazer a **fixação axial** (ligação em translação), **por obstáculo**, de um veio com um cubo.

Os anéis elásticos são encaixados em:

- **ranhuras cavadas em veios**;
- **ranhuras cavadas em furos**,





(“circlips”)

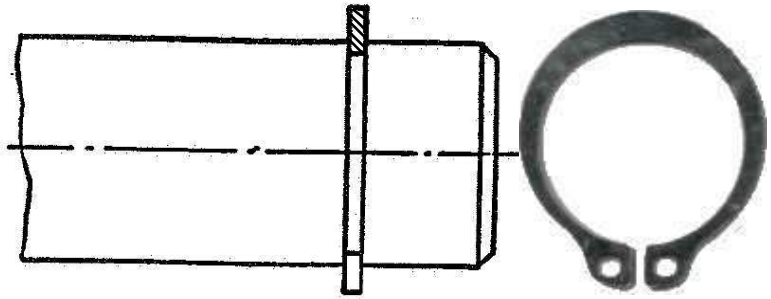


Figura 1 – Anel elástico para veio (representação em desenho)

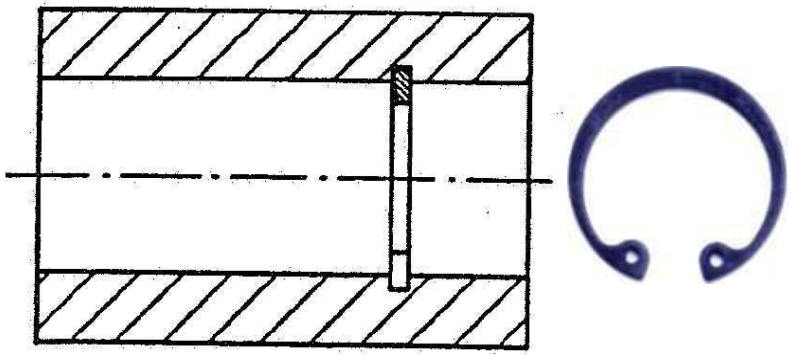


Figura 2 – Anel elástico para furo (representação em desenho)

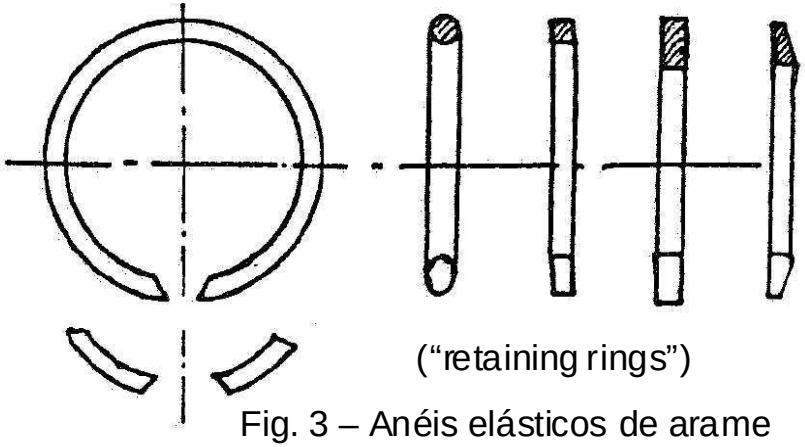
Anéis elásticos



2 – Tipos, material e acabamento

- **anéis elásticos de arame** ("retaining rings"), de secção uniforme cilíndrica (o caso mais habitual), quadrada, rectangular, etc.;
- **anéis elásticos estampados** ("circlips"), de secção rectangular em que há um adelgaçamento da espessura radial, desde a secção central até às orelhas.

Materiais: arame ou de chapa de **aço de mola**, por exemplo, DIN **C 67**, **C 75** e **Ck 75** ou AFNOR **XC75** (à escolha do fabricante).



("retaining rings")

Fig. 3 – Anéis elásticos de arame



("circlips")

Anéis elásticos estampados

Anéis elásticos

0s **anéis elásticos estampados** são isentos de rebarbas, tratados térmicamente (têmpera e revenido) e endireitados.

A **protecção superficial** é, em geral, a fosfatagem ou o polido, à escolha do cliente. Qualquer outro tipo de protecção superficial (niquelado, cadmiado, etc.) deve ser indicado na ordem de encomenda.

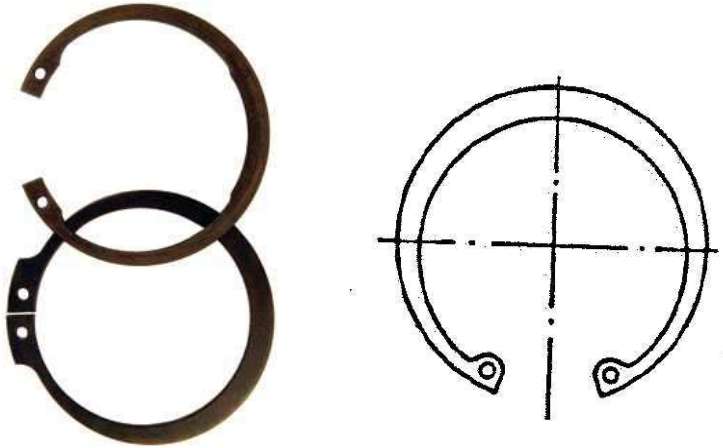
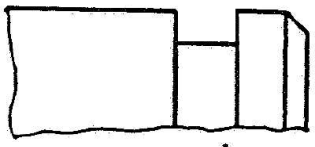


Figura 4 – Anel elástico estampado ("circlip")

3 – Ranhuras

As **ranhuras** (canais) deverão ter uma secção apropriada à forma do anel elástico, e ter arestas vivas na zona exterior.

No caso dos **anéis elásticos de arame redondo** (anéis elásticos de retenção), as ranhuras têm uma forma aproximadamente semicircular (ver fig. 5).



Ranhura para anéis elásticos estampados

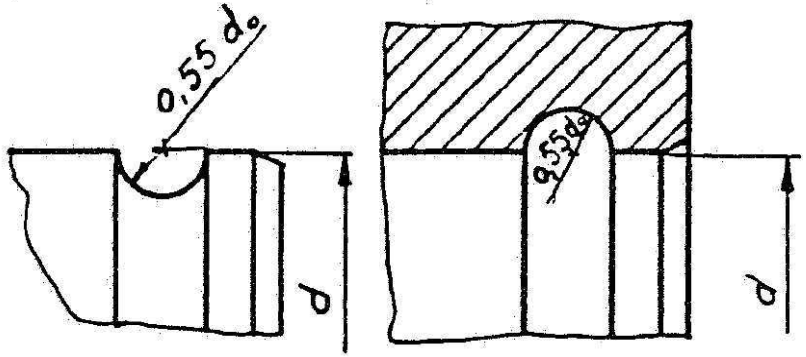


Figura 5 – Ranhuras para anéis elásticos de arame

Anéis elásticos

4 – Normas

Actualmente, não existem ainda normas ISO sobre este assunto.

Quadro 1 – Normalização

Anéis elásticos	DIN	NF
Para veios – série normal	471	E 22-163
Para veios – série forte	471	E 22-163
Para furos – série normal	472	E 22-165
Para furos – série forte	472	E 22-165
Para veios – c/ apoio aumentado	983	
Para furos – c/ apoio aumentado	984	
De montagem radial	6799	L 23-203
De arame redondo	7993	

5 – Dimensões

As dimensões geométricas dos anéis e dos seus alojamentos (ranhuras) são necessárias ao desenho e à construção.

6 – Designação

Anel elástico p/ (veio ou furo) norma d_1 x s

Anel elástico para veio DIN 471 35 x 1,5

Anel elástico para furo DIN 472 35 x 1,5

são anéis das séries normais;

Anel elástico para furo DIN 472 35 x 1,75

é um anel da série forte.

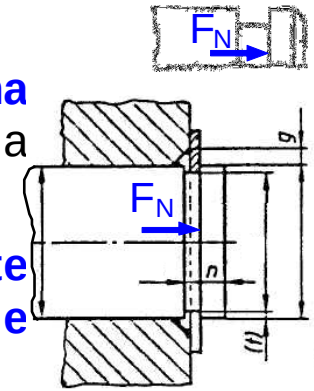
7 – Capacidade de carga axial

Calcular a **capacidade de carga da ranhura** (do veio ou do furo do cubo) **e do anel**, considerando, em cada caso, a parte mais fraca.

As capacidades de carga da ranhura (F_N) e do anel elástico (F_R e F_{Rg}), indicadas nos quadros, consideram apenas a existência de um **factor de segurança ≥ 2**, em relação à rotura sob tensão estática.

7.1 – Capacidade de carga das ranhuras

As cargas F_N indicadas implicam:



- uma **distância mínima** n_{min} entre a ranhura e a extremidade da peça;
- material com um **limite mínimo de elasticidade de Re ≥ 200 MPa**;
- ranhuras com arestas vivas e uma **profundidade *t*** igual às indicadas nos quadros.

Se a profundidade $t' \neq t$ (quadros) e limite mínimo de elasticidade **R'e ≠ Re** (200 MPa):

$$F'_N = F_N \, (t' / t) \, (R'e / 200) \quad kN$$

7.2 – Capacidade de carga dos anéis elásticos

Os anéis elásticos trabalham ao corte. As cargas F_R actuantes no anel são válidas para aços com um **módulo de elasticidade E = 210 000 N/mm²**.

Se o módulo de elasticidade $E' \neq E$:

$$F'_R = F_R \, (E' / 210\,000) \ \text{kN}$$

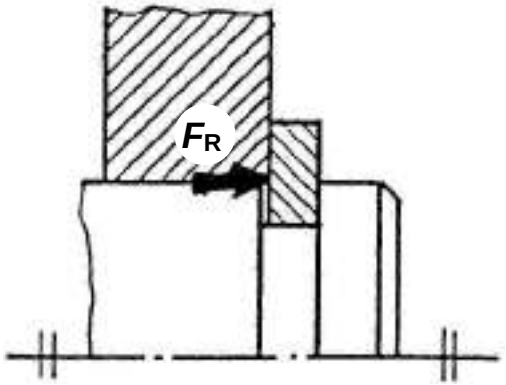


Figura 6 – Peça s/ chanfro actuando sobre o anel

Se a peça bloqueada tem um chanfro ou um canto arredondado, a carga axial provoca a flexão do anel.

As cargas admissíveis F_{Rg} serão inferiores a F_R e são válidas para uma **altura de chanfro *g*** e aços com **E = 210 000 N/mm²**.

Se o módulo de elasticidade $E' \neq E$ e a altura de chanfro $g' \neq g$ (quadro):

$$F'_{Rg} = F_{Rg} \, (g / g') \, (E' / 210\,000) \ \text{kN}$$

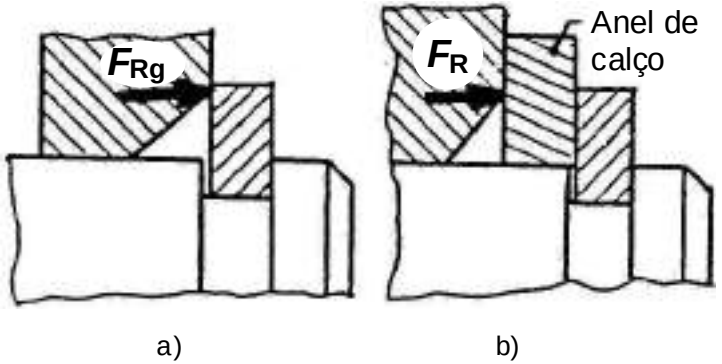


Figura 7 – Peça c/ chanfro actuando sobre o anel

Para evitar o efeito da flexão, deve colocar-se um **anel de calço**, com arestas vivas, entre a peça e o anel elástico.

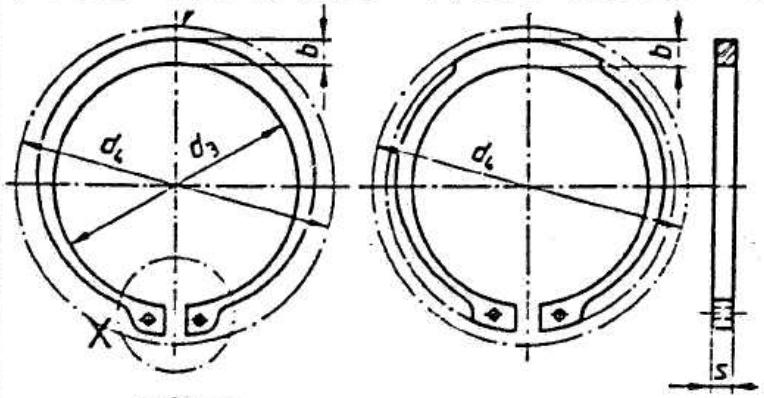
Anéis elásticos

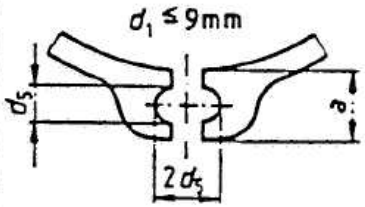


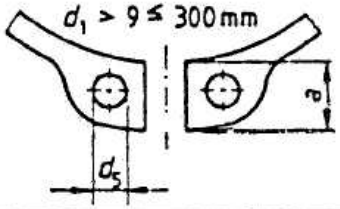


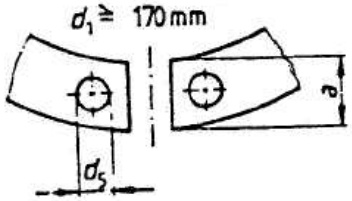


ANEL ELÁSTICO PARA VEIOS DIN 471



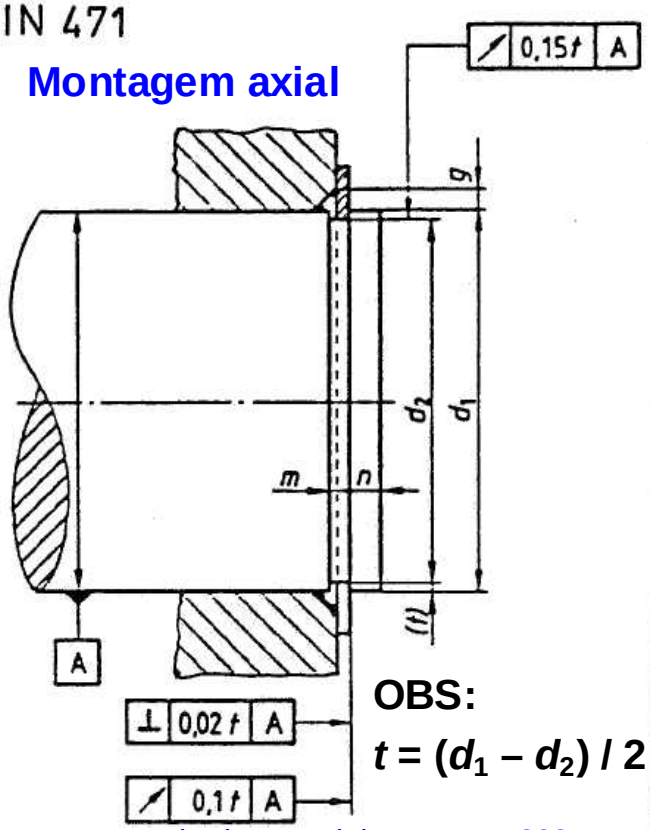






Série normal

Montagem axial



OBS:

$t = (d_1 - d_2) / 2$

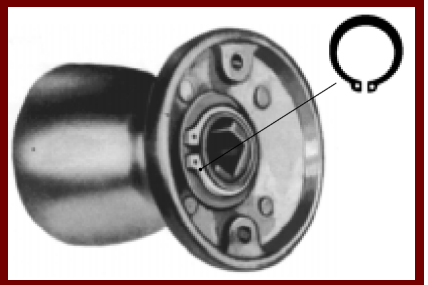
Veio de material com Re ≥ 200 MPa

Com factor de segurança ≥ 2

d_4	ANEL s	d_3	a máx	b ≈	d_5 min	Massa / 1000 un	RANHURA d_2	m H13	t	n min	d_4	F_N kN	F_R kN	g	F_{R_B} kN	n min^{-1}	
3	0,4	2,7	1,9	0,8	1	0,017	2,8	0,5	0,1	0,3	7	0,15	0,47	0,5	0,27	360000	3
4	0,4	3,7	2,2	0,9	1	0,022	3,8	0,5	0,1	0,3	8,6	0,20	0,50	0,5	0,30	211000	
5	0,6	4,7	2,5	1,1	1	0,066	4,8	0,7	0,1	0,3	10,3	0,26	1,00	0,5	0,80	154000	
6	0,7	5,6	2,7	1,3	1,2	0,084	5,7	0,8	0,15	0,5	11,7	0,46	1,45	0,5	0,90	114000	

Anéis e





Série normal

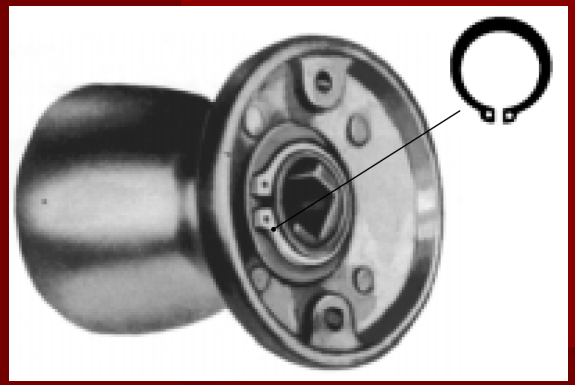
Veio de material com Re ≥ 200 MPa

→ Com factor de segurança ≥ 2

	ANEL								RANHURA						Com factor de segurança ≥ 2						
d_1	s		d_3		a máx	b ≈	d_5 min	Massa / 1000 un	d_2		m H13	t	n min	d_4	F_N kN	F_R kN	g	F_{Rd} kN	n min^{-1}	
3	0,4		2,7		1,9	0,8	1	0,017	2,8	0 -0,04 (h10)	0,5	0,1	0,3	7	0,15	0,47	0,5	0,27	360000	3
4	0,4		3,7	+0,04 -0,15	2,2	0,9	1	0,022	3,8		0,5	0,1	0,3	8,6	0,20	0,50	0,5	0,30	211000	
5	0,6	0 -0,05	4,7		2,5	1,1	1	0,066	4,8	0 -0,048 (h10)	0,7	0,1	0,3	10,3	0,26	1,00	0,5	0,80	154000	
6	0,7		5,6		2,7	1,3	1,2	0,084	5,7		0,8	0,15	0,5	11,7	0,46	1,45	0,5	0,90	114000	
7	0,8		6,5		3,1	1,4	1,2	0,121	6,7		0,9	0,15	0,5	13,5	0,54	2,60	0,5	1,40	121000	
8	0,8		7,4	+0,06 -0,18	3,2	1,5	1,2	0,158	7,6	0 -0,06 (h10)	0,9	0,2	0,6	14,7	0,81	3,00	0,5	2,00	96000	
9	1		8,4		3,3	1,7	1,2	0,300	8,6		1,1	0,2	0,6	16	0,92	3,50	0,5	2,40	85000	
10	1		9,3		3,3	1,8	1,5	0,340	9,6		1,1	0,2	0,6	17	1,01	4,00	1	2,40	84000	10
11	1		10,2		3,3	1,8	1,5	0,410	10,5		1,1	0,25	0,8	18	1,40	4,50	1	2,40	70000	
12	1		11		3,3	1,8	1,7	0,500	11,5		1,1	0,25	0,8	19	1,53	5,00	1	2,40	75000	
13	1		11,9		3,4	2	1,7	0,530	12,4		1,1	0,3	0,9	20,2	2,00	5,80	1	2,40	66000	
14	1		12,9	+0,10 -0,36	3,5	2,1	1,7	0,640	13,4		1,1	0,3	0,9	21,4	2,15	6,35	1	2,40	58000	
15	1		13,8		3,6	2,2	1,7	0,670	14,3	0 -0,11 (h11)	1,1	0,35	1,1	22,6	2,66	6,90	1	2,40	50000	
16	1		14,7		3,7	2,2	1,7	0,700	15,2		1,1	0,4	1,2	23,8	3,26	7,40	1	2,40	45000	
17	1		15,7		3,8	2,3	1,7	0,820	16,2		1,1	0,4	1,2	25	3,46	8,00	1	2,40	41000	
18	1,2		16,5		3,9	2,4	2	1,11	17		1,3	0,5	1,5	26,2	4,58	17,0	1,5	3,75	39000	
19	1,2		17,5		3,9	2,5	2	1,22	18		1,3	0,5	1,5	27,2	4,84	17,0	1,5	3,80	35000	19
20	1,2		18,5		4	2,6	2	1,30	19		1,3	0,5	1,5	28,4	5,06	17,1	1,5	3,85	32000	
21	1,2		19,5	+0,13 -0,42	4,1	2,7	2	1,42	20	0 -0,13 (h11)	1,3	0,5	1,5	29,6	5,36	16,8	1,5	3,75	29000	
22	1,2		20,5		4,2	2,8	2	1,50	21		1,3	0,5	1,5	30,8	5,65	16,9	1,5	3,80	27000	
24	1,2	0 -0,06	22,2		4,4	3	2	1,77	22,9		1,3	0,55	1,7	33,2	6,75	16,1	1,5	3,65	27000	
25	1,2		23,2		4,4	3	2	1,90	23,9		1,3	0,55	1,7	34,2	7,05	16,2	1,5	3,70	25000	
26	1,2		24,2		4,5	3,1	2	1,96	24,9	0 -0,21 (h12)	1,3	0,55	1,7	35,5	7,34	16,1	1,5	3,70	24000	
28	1,5		25,9	+0,21 -0,42	4,7	3,2	2	2,92	26,6		1,6	0,7	2,1	37,9	10,00	32,1	1,5	7,50	21200	
29	1,5		26,9		4,8	3,4	2	3,20	27,6		1,6	0,7	2,1	39,1	10,37	31,8	1,5	7,45	20000	
30	1,5		27,9		5	3,5	2	3,31	28,6		1,6	0,7	2,1	40,5	10,73	32,1	1,5	7,65	18900	
32	1,5		29,6		5,2	3,6	2,5	3,54	30,3		1,6	0,85	2,6	43	13,85	31,2	2	5,55	16900	
34	1,5		31,5		5,4	3,8	2,5	3,80	32,3		1,6	0,85	2,6	45,4	14,72	31,3	2	5,60	16100	
35	1,5		32,2	+0,25 -0,5	5,6	3,9	2,5	4,00	33		1,6	1	3	46,8	17,80	30,8	2	5,55	15500	
36	1,75		33,2		5,6	4	2,5	5,00	34		1,85	1	3	47,8	18,33	49,4	2	9,00	14500	
38	1,75		35,2		5,8	4,2	2,5	5,62	36		1,85	1	3	50,2	19,30	49,5	2	9,10	13600	
40	1,75		36,5		6	4,4	2,5	6,03	37,5	0 -0,25 (h12)	1,85	1,25	3,8	52,6	25,30	51,0	2	9,50	14300	40
42	1,75		38,5		6,5	4,5	2,5	6,50	39,5		1,85	1,25	3,8	55,7	26,70	50,0	2	9,45	13000	
45	1,75		41,5	+0,39 -0,9	6,7	4,7	2,5	7,50	42,5		1,85	1,25	3,8	59,1	28,60	49,0	2	9,35	11400	
48	1,75		44,5		6,9	5	2,5	7,90	45,5		1,85	1,25	3,8	62,5	30,70	49,4	2	9,55	10300	
50	2		45,8		6,9	5,1	2,5	10,2	47		2,15	1,5	4,5	64,5	38,00	73,3	2	14,4	10500	
52	2		47,8		7	5,2	2,5	11,1	49		2,15	1,5	4,5	66,7	39,70	73,1	2,5	11,5	9850	
55	2		50,8		7,2	5,4	2,5	11,4	52		2,15	1,5	4,5	70,2	42,00	71,4	2,5	11,4	8960	

Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP

Anéis elásticos





Série normal

Exemplo de designação:

Anel elástico DIN 471 – 30 x 1,5

Série normal

Veio de material com Re ≥ 200 MPa
Com factor de segurança ≥ 2

	ANEL ELÁSTICO							RANHURA										
d_1	s	d_3	a máx.	b ≈	d_5 mín.	Massa /1000 Kg		d_2		m H13	t	n mín	d_4	F_N kN	F_R kN	g	F_{Rg} kN	n min^{-1}	
56	2	51,8	7,3	5,5	2,5	11,8		53		2,15	1,5	4,5	71,6	42,80	70,8	2,5	11,35	8670	
58	2	53,8	7,3	5,6	2,5	12,6		55		2,15	1,5	4,5	73,6	44,30	71,1	2,5	11,5	8200	
60	2	55,8	7,4	5,8	2,5	12,9		57		2,15	1,5	4,5	75,6	46,00	69,2	2,5	11,3	7620	
62	2	57,8	7,5	6	2,5	14,3		59		2,15	1,5	4,5	77,8	47,50	69,3	2,5	11,45	7240	
63	2	58,8	7,6	6,2	2,5	15,9		60		2,15	1,5	4,5	79	48,30	70,2	2,5	11,6	7050	
65	2,5	60,8	7,8	6,3	3	18,2		62		2,65	1,5	4,5	81,4	49,80	135,6	2,5	22,7	6640	
68	2,5	63,5	8	6,5	3	21,8		65		2,65	1,5	4,5	84,8	52,20	135,9	2,5	23,1	6910	
70	2,5	65,5	8,1	6,6	3	22,0		67		2,65	1,5	4,5	87	53,80	134,2	2,5	23,0	6530	
72	2,5	67,5	8,2	6,8	3	22,5		69		2,65	1,5	4,5	89,2	55,30	131,8	2,5	22,8	6190	
75	2,5	70,5	8,4	7	3	24,6		72		2,65	1,5	4,5	92,7	57,60	130,0	2,5	22,8	5740	
78	2,5	73,5	8,6	7,3	3	26,2		75		2,65	1,5	4,5	96,1	60,00	131,3	3	19,75	5450	40
80	2,5	74,5	8,6	7,4	3	27,3		76,5		2,65	1,75	5,3	98,1	71,60	128,4	3	19,5	6100	
82	2,5	76,5	8,7	7,6	3	31,2		78,5		2,65	1,75	5,3	100,3	73,50	128,0	3	19,6	5860	
85	3	79,5	8,7	7,8	3,5	36,4		81,5		3,15	1,75	5,3	103,3	76,20	215,4	3	33,4	5710	
88	3	82,5	8,8	8	3,5	41,2		84,5		3,15	1,75	5,3	106,5	79,00	221,8	3	34,85	5200	
90	3	84,5	8,8	8,2	3,5	44,5		86,5		3,15	1,75	5,3	108,5	80,80	217,2	3	34,4	4980	
95	3	89,5	9,4	8,6	3,5	49,0		91,5		3,15	1,75	5,3	114,8	85,50	212,2	3,5	29,25	4550	
100	3	94,5	9,6	9	3,5	53,7		96,5		3,15	1,75	5,3	120,2	90,00	206,4	3,5	29,0	4180	85
105	4	98	9,9	9,3	3,5	80,0		101		4,15	2	6	125,8	107,6	471,8	3,5	67,7	4740	
110	4	103	10,1	9,6	3,5	82,0		106		4,15	2	6	131,2	113,0	457,0	3,5	66,9	4340	
115	4	108	10,6	9,8	3,5	84,0		111		4,15	2	6	137,3	118,2	438,6	3,5	65,5	3970	
120	4	113	11	10,2	3,5	86,0		116		4,15	2	6	143,1	123,5	424,6	3,5	64,5	3685	
125	4	118	11,4	10,4	4	90,0		121		4,15	2	6	149	128,7	411,5	4	56,5	3420	
130	4	123	11,6	10,7	4	100		126		4,15	2	6	154,4	134,0	395,5	4	55,2	3180	
135	4	128	11,8	11	4	104		131		4,15	2	6	159,8	139,2	389,5	4	55,4	2950	
140	4	133	12	11,2	4	110		136		4,15	2	6	165,2	144,5	376,5	4	54,4	2760	
145	4	138	12,2	11,5	4	115		141		4,15	2	6	170,6	149,6	367,0	4	53,8	2600	
150	4	142	13	11,8	4	120		145		4,15	2,5	7,5	177,3	193,0	357,5	4	53,4	2480	
155	4	146	13	12	4	135		150		4,15	2,5	7,5	182,3	199,6	352,9	4	52,6	2710	
160	4	151	13,3	12,2	4	150		155		4,15	2,5	7,5	188	206,1	349,2	4	52,2	2540	
165	4	155,5	13,5	12,5	4	160		160		4,15	2,5	7,5	193,4	212,5	345,3	5	41,4	2520	
170	4	160,5	13,5	12,9	4	170		165		4,15	2,5	7,5	198,4	219,1	349,2	5	41,9	2440	
175	4	165,5	13,5	12,9	4	180		170		4,15	2,5	7,5	203,4	225,5	340,1	5	40,7	2300	
180	4	170,5	14,2	13,5	4	190		175		4,15	2,5	7,5	210	232,2	345,3	5	41,4	2180	
185	4	175,5	14,2	13,5	4	200		180		4,15	2,5	7,5	215	238,6	336,7	5	40,4	2070	125
190	4	180,5	14,2	14	4	210		185		4,15	2,5	7,5	220	245,1	333,8	5	40,0	1970	
195	4	185,5	14,2	14	4	220		190		4,15	2,5	7,5	225	251,8	325,4	5	39,0	1835	
200	4	190,5	14,2	14	4	230		195		4,15	2,5	7,5	230	258,3	319,2	5	38,3	1770	
210	5	198	14,2	14	4	248		204		5,15	3	9	240	325,1	598,2	6	59,9	1835	
220	5	208	14,2	14	4	265		214		5,15	3	9	250	340,8	572,4	6	57,3	1620	
230	5	218	14,2	14	4	290		224		5,15	3	9	260	356,6	548,9	6	55,0	1445	
240	5	228	14,2	14	4	310		234		5,15	3	9	270	372,6	530,3	6	53,0	1305	
250	5	238	14,2	14	4	335		244		5,15	3	9	280	388,3	504,3	6	50,5	1180	
260	5	245	16,2	16	5	355		252		5,15	4	12	294	535,8	540,6	6	54,6	1320	
270	5	255	16,2	16	5	375		262		5,15	4	12	304	556,6	525,3	6	52,5	1215	
280	5	265	16,2	16	5	398		272		5,15	4	12	314	576,6	508,2	6	50,9	1100	
290	5	275	16,2	16	5	418		282		5,15	4	12	324	599,1	490,8	6	49,2	1005	
300	5	285	16,2	16	5	440		292		5,15	4	12	334	619,1	475,0	6	47,5	930	

Anéis elá



Anel elástico para veios – série forte

Veio de material com Re ≥ 200 MPa

DIN 471 3

d_1	ANEL ELÁSTICO-SÉRIE FORTE							RANHURA					Com factor de segurança ≥ 2						
	s		d_3		a máx.	b ≈	d_5 min.	Massa/1000 ≈ kg	d_2		m H13	t	n min.	d_4	F_N kN	F_R kN	g	F_{Rg} kN	n min^{-1}	
15	1,5	$^{0}_{-0,06}$	13,8	$^{+0,10}_{-0,36}$	4,8	2,4	2	1,10	14,3	$^{0}_{-0,11}$ (h11)	1,6	0,35	1,1	25,1	2,66	15,5	1	6,40	57000	10
16	1,5		14,7		5	2,5	2	1,19	15,2		1,6	0,4	1,2	26,5	3,26	16,6	1	6,35	44000	
17	1,5		15,7		5	2,6	2	1,39	16,2		1,6	0,4	1,2	27,5	3,46	18,0	1	6,70	46000	
18	1,5		16,5		5,1	2,7	2	1,56	17		1,6	0,5	1,5	28,7	4,58	26,6	1,5	5,85	42750	
20	1,75		18,5	$^{+0,13}_{-0,42}$	5,5	3	2	2,19	19	$^{0}_{-0,13}$ (h11)	1,85	0,5	1,5	31,6	5,06	36,3	1,5	8,20	36000	19
22	1,75		20,5		6	3,1	2	2,42	21		1,85	0,5	1,5	34,6	5,65	36,0	1,5	8,10	29000	
24	1,75		22,2		6,3	3,2	2	2,76	22,9		1,85	0,55	1,7	37,3	6,75	34,2	1,5	7,60	29200	
25	2		23,2		6,4	3,4	2	3,59	23,9	$^{0}_{-0,21}$ (h12)	2,15	0,55	1,7	38,5	7,05	45,0	1,5	10,3	25000	
28	2		25,9	$^{+0,21}_{-0,42}$	6,5	3,5	2	4,25	26,6		2,15	0,7	2,1	41,7	10,0	57,0	1,5	13,4	22200	
30	2		27,9		6,5	4,1	2	5,35	28,6		2,15	0,7	2,1	43,7	10,7	57,0	1,5	13,6	21100	
32	2		29,6		6,5	4,1	2,5	5,85	30,3		2,15	0,85	2,6	45,7	13,8	55,5	2	10,0	18400	
34	2,5	$^{0}_{-0,07}$	31,5		6,6	4,2	2,5	7,05	32,3		2,65	0,85	2,6	47,9	14,7	87,0	2	15,6	17800	
35	2,5		32,2	$^{+0,25}_{-0,5}$	6,7	4,2	2,5	7,20	33		2,65	1	3	49,1	17,8	86,0	2	15,4	16500	
38	2,5		35,2		6,8	4,3	2,5	8,30	36		2,65	1	3	52,3	19,3	101	2	18,6	14500	
40	2,5		36,5		7	4,4	2,5	8,60	37,5	$^{0}_{-0,25}$ (h12)	2,65	1,25	3,8	54,7	25,3	104	2	19,3	14300	40
42	2,5		38,5		7,2	4,5	2,5	9,30	39,5		2,65	1,25	3,8	57,2	26,7	102	2	19,2	13000	
45	2,5		41,5	$^{+0,39}_{-0,9}$	7,5	4,7	2,5	10,7	42,5		2,65	1,25	3,8	60,8	28,6	100	2	19,1	11400	
48	2,5		44,5		7,8	5	2,5	11,3	45,5		2,65	1,25	3,8	64,4	30,7	101	2	19,5	10300	
50	3		45,8		8	5,1	2,5	15,3	47		3,15	1,5	4,5	66,8	38,0	165	2	32,4	10500	
52	3	$^{0}_{-0,08}$	47,8		8,2	5,2	2,5	16,6	49		3,15	1,5	4,5	69,3	39,7	165	2,5	26,0	9850	
55	3		50,8		8,5	5,4	2,5	17,1	52	$^{0}_{-0,30}$ (h12)	3,15	1,5	4,5	72,9	42,0	161	2,5	25,6	8960	
58	3		53,8		8,8	5,6	2,5	18,9	55		3,15	1,5	4,5	76,5	44,3	160	2,5	26,0	8200	
60	3		55,8		9	5,8	2,5	19,4	57		3,15	1,5	4,5	78,9	46,0	156	2,5	25,4	7620	
65	4		60,8	$^{+0,46}_{-1,1}$	9,3	6,3	3	29,1	62		4,15	1,5	4,5	84,6	49,8	346	2,5	58,0	6640	
70	4		65,5		9,5	6,6	3	35,3	67		4,15	1,5	4,5	90	53,8	343	2,5	59,0	6530	
75	4		70,5		9,7	7	3	39,3	72		4,15	1,5	4,5	95,4	57,6	333	2,5	58,0	5740	
80	4	$^{0}_{-0,1}$	74,5		9,8	7,4	3	43,7	76,5		4,15	1,75	5,3	100,6	71,6	328	3	50,0	6100	
85	4		79,5		10	7,8	3,5	48,5	81,5	$^{0}_{-0,35}$ (h12)	4,15	1,75	5,3	106	76,2	383	3	59,4	5710	85
90	4		84,5	$^{+0,54}_{-1,3}$	10,2	8,2	3,5	59,4	86,5		4,15	1,75	5,3	111,5	80,8	386	3	61,0	4980	
100	4		94,5		10,5	9	3,5	71,6	96,5		4,15	1,75	5,3	122,1	90,0	368	3,5	51,6	4180	

Série forte

Exemplo de designação:

Anel elástico DIN 471 – 30 x 2

Anéis elásticos

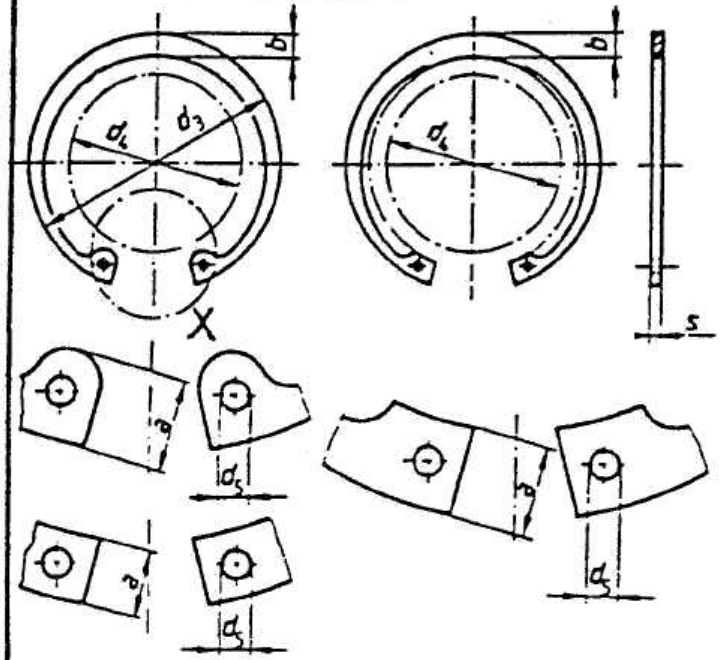


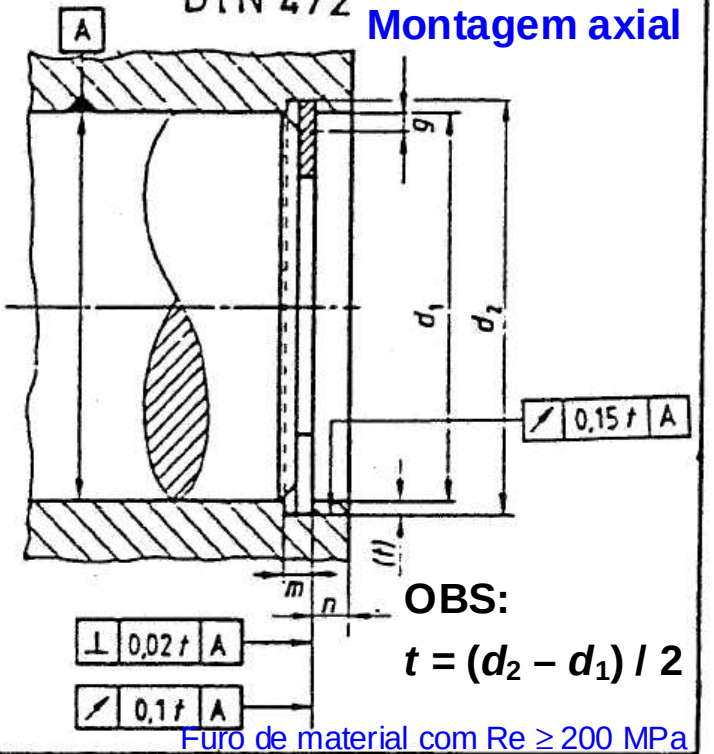




DIN 472 1

ANEL ELÁSTICO PARA FURO DIN 472





Montagem axial

OBS:

$t = (d_2 - d_1) / 2$

Série normal

Furo de material com Re ≥ 200 MPa

diâmetro nominal d_1	ANEL ELÁSTICO: espessura s		d_3		a máx.	b	d_5 min.	massa de 1000 anéis kg ≈	RANHURA: d_2		m H13	t	n min.	d_4	F_N kN	F_R kN	g	F_{Rg} kN	
8	0,8	0 −0,05	8,7		2,4	1,1	1	0,14	8,4	+0,09 0 (H11)	0,9	0,2	0,6	3	0,86	2,00	0,5	1,50	B
9	0,8		9,8		2,5	1,3	1	0,15	9,4		0,9	0,2	0,6	3,7	0,96	2,00	0,5	1,50	
10	1		10,8		3,2	1,4	1,2	0,18	10,4		1,1	0,2	0,6	3,3	1,08	4,00	0,5	2,20	
11	1		11,8		3,3	1,5	1,2	0,31	11,4		1,1	0,2	0,6	4,1	1,17	4,00	0,5	2,30	
12	1		13	+0,36 −0,10	3,4	1,7	1,5	0,37	12,5		1,1	0,25	0,8	4,9	1,60	4,00	0,5	2,30	

Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP

Anéis el



Série normal

Furo de material com Re ≥ 200 MPa

Diâmetro nominal d_1	ANEL ELÁSTICO espessura s		d_3		a máx.	b	d_5 mín.	Massa de 1000 anéis kg ≈	RANHURA d_2		m H13	t	n mín.	d_4	F_N kN	F_R kN	g	F_{Rg} kN	
8	0,8	0 −0,05	8,7		2,4	1,1	1	0,14	8,4	+0,09 0 (H11)	0,9	0,2	0,6	3	0,86	2,00	0,5	1,50	8
9	0,8		9,8		2,5	1,3	1	0,15	9,4		0,9	0,2	0,6	3,7	0,96	2,00	0,5	1,50	
10	1		10,8		3,2	1,4	1,2	0,18	10,4		1,1	0,2	0,6	3,3	1,08	4,00	0,5	2,20	
11	1		11,8		3,3	1,5	1,2	0,31	11,4		1,1	0,2	0,6	4,1	1,17	4,00	0,5	2,30	
12	1		13	+0,36 −0,10	3,4	1,7	1,5	0,37	12,5		1,1	0,25	0,8	4,9	1,60	4,00	0,5	2,30	
13	1		14,1		3,6	1,8	1,5	0,42	13,6	+0,11 0 (H11)	1,1	0,3	0,9	5,4	2,10	4,20	0,5	2,30	8
14	1		15,1		3,7	1,9	1,7	0,52	14,6		1,1	0,3	0,9	6,2	2,25	4,50	0,5	2,30	
15	1		16,2		3,7	2	1,7	0,56	15,7		1,1	0,35	1,1	7,2	2,80	5,00	0,5	2,30	
16	1		17,3		3,8	2	1,7	0,60	16,8		1,1	0,4	1,2	8	3,40	5,50	1	2,60	
17	1		18,3		3,9	2,1	1,7	0,65	17,8		1,1	0,4	1,2	8,8	3,60	6,00	1	2,50	
18	1		19,5		4,1	2,2	2	0,74	19		1,1	0,5	1,5	9,4	4,80	6,50	1	2,60	
19	1		20,5	+0,42 −0,13	4,1	2,2	2	0,83	20	+0,13 0 (H11)	1,1	0,5	1,5	10,4	5,10	6,80	1	2,50	19
20	1		21,5		4,2	2,3	2	0,90	21		1,1	0,5	1,5	11,2	5,40	7,20	1	2,50	
21	1		22,5		4,2	2,4	2	1,00	22		1,1	0,5	1,5	12,2	5,70	7,60	1	2,60	
22	1		23,5		4,2	2,5	2	1,10	23		1,1	0,5	1,5	13,2	5,90	8,00	1	2,70	
24	1,2		25,9		4,4	2,6	2	1,42	25,2		1,3	0,6	1,8	14,8	7,70	13,9	1	4,60	
25	1,2		26,9	+0,42 −0,21	4,5	2,7	2	1,50	26,2	+0,21 0 (H12)	1,3	0,6	1,8	15,5	8,00	14,6	1	4,70	
26	1,2	0 −0,06	27,9		4,7	2,8	2	1,60	27,2		1,3	0,6	1,8	16,1	8,40	13,85	1	4,60	
28	1,2		30,1		4,8	2,9	2	1,80	29,4		1,3	0,7	2,1	17,9	10,5	13,3	1	4,50	19
30	1,2		32,1		4,8	3	2	2,06	31,4		1,3	0,7	2,1	19,9	11,3	13,7	1	4,60	
31	1,2		33,4		5,2	3,2	2,5	2,10	32,7		1,3	0,85	2,6	20	14,1	13,8	1	4,70	
32	1,2		34,4		5,4	3,2	2,5	2,21	33,7		1,3	0,85	2,6	20,6	14,6	13,8	1	4,70	
34	1,5		36,5	+0,5 −0,25	5,4	3,3	2,5	3,20	35,7		1,6	0,85	2,6	22,6	15,4	26,2	1,5	6,30	
35	1,5		37,8		5,4	3,4	2,5	3,54	37		1,6	1	3	23,6	18,8	26,9	1,5	6,40	
36	1,5		38,8		5,4	3,5	2,5	3,70	38	+0,25 0 (H12)	1,6	1	3	24,6	19,4	26,4	1,5	6,40	
37	1,5		39,8		5,5	3,6	2,5	3,74	39		1,6	1	3	25,4	19,8	27,1	1,5	6,50	
38	1,5		40,8		5,5	3,7	2,5	3,90	40		1,6	1	3	26,4	22,5	28,2	1,5	6,70	
40	1,75		43,5		5,8	3,9	2,5	4,70	42,5		1,85	1,25	3,8	27,8	27,0	44,6	2	8,30	40
42	1,75		45,5	+0,9 −0,39	5,9	4,1	2,5	5,40	44,5		1,85	1,25	3,8	29,6	28,4	44,7	2	8,40	
45	1,75		48,5		6,2	4,3	2,5	6,00	47,5		1,85	1,25	3,8	32	30,2	43,1	2	8,20	
47	1,75		50,5		6,4	4,4	2,5	6,10	49,5		1,85	1,25	3,8	33,5	31,4	43,5	2	8,30	
48	1,75		51,5		6,4	4,5	2,5	6,70	50,5		1,85	1,25	3,8	34,5	32,0	43,2	2	8,40	
50	2		54,2		6,5	4,6	2,5	7,30	53		2,15	1,5	4,5	36,3	40,5	60,8	2	12,1	
52	2		56,2		6,7	4,7	2,5	8,20	55		2,15	1,5	4,5	37,9	42,0	60,25	2	12,0	
55	2		59,2		6,8	5	2,5	8,30	58		2,15	1,5	4,5	40,7	44,4	60,3	2	12,5	
56	2		60,2		6,8	5,1	2,5	8,70	59		2,15	1,5	4,5	41,7	45,2	60,3	2	12,6	
58	2		62,2		6,9	5,2	2,5	10,5	61		2,15	1,5	4,5	43,5	46,7	60,8	2	12,7	40
60	2		64,2	+1,1 −0,46	7,3	5,4	2,5	11,1	63	+0,30 0 (H12)	2,15	1,5	4,5	44,7	48,3	61,0	2	13,0	
62	2	0 −0,07	66,2		7,3	5,5	2,5	11,2	65		2,15	1,5	4,5	46,7	49,8	60,9	2	13,0	
63	2		67,2		7,3	5,6	2,5	12,4	66		2,15	1,5	4,5	47,7	50,6	60,8	2	13,0	

Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP

Anéis elásticos



Série normal

Exemplo de designação:

Anel elástico DIN 472 – 30 x 1,2

Furo de material com Re ≥ 200 MPa

Com factor de segurança ≥ 2

d_1	ANEL ELÁSTICO C						RANHURA				Com factor de segurança ≥ 2					
	s	d_3	a max	b ≈	d_5 min	massa/1000 em kg	d_2	m H13	t	n min	d	F kN	F kN	g	F kN	
65	2,5	69,2	7,6	5,8	3	14,3	68	2,65	1,5	4,5	49	51,8	121	2,5	20,8	46
68	2,5	72,5	7,8	6,1	3	15,0	71	2,65	1,5	4,5	51,6	54,5	121,5	2,5	21,2	
70	2,5	74,5	7,8	6,2	3	15,5	73	2,65	1,5	4,5	53,6	56,2	119	2,5	21,0	
72	2,5	76,5	7,8	6,4	3	16,1	75	2,65	1,5	4,5	55,6	58,0	119,2	2,5	21,0	
75	2,5	79,5	7,8	6,6	3	16,8	78	2,65	1,5	4,5	58,6	60,0	118	2,5	21,0	
78	2,5	82,5	8,5	6,8	3	20,4	81	2,65	1,5	4,5	60,1	62,3	122,5	2,5	21,8	
80	2,5	86,5	8,5	7	3	22,0	83,5	2,65	1,75	5,3	62,1	74,6	120,9	2,5	21,8	40
82	2,5	87,5	8,5	7	3	24,0	85,5	2,65	1,75	5,3	64,1	76,6	119	2,5	21,4	
85	3	90,5	8,6	7,2	3,5	25,3	88,5	3,15	1,75	5,3	66,9	79,5	201,4	3	31,7	
88	3	93,5	8,6	7,4	3,5	28,0	91,5	3,15	1,75	5,3	69,9	82,1	209,4	3	32,7	
90	3	95,5	8,6	7,6	3,5	31,0	93,5	3,15	1,75	5,3	71,9	84,0	199	3	31,4	
92	3	97,5	8,7	7,8	3,5	32,0	95,5	3,15	1,75	5,3	73,7	85,8	201	3	32,0	
95	3	100,5	8,8	8,1	3,5	35,0	98,5	3,15	1,75	5,3	76,5	88,6	195	3	31,4	
98	3	103,5	9	8,3	3,5	37,0	101,5	3,15	1,75	5,3	79	91,3	191	3	31,0	
100	3	105,5	9,2	8,4	3,5	38,0	103,5	3,15	1,75	5,3	80,6	93,1	189	3	30,8	80
102	4	108	9,5	8,5	3,5	55,0	106	4,15	2	6	82	106,8	439	3	72,6	
105	4	112	9,5	8,7	3,5	56,0	109	4,15	2	6	85	112	436	3	73,9	
108	4	115	9,5	8,9	3,5	60,0	112	4,15	2	6	88	116	419	3	71,0	
110	4	117	10,4	9	3,5	64,5	114	4,15	2	6	88,2	117	415	3	71,0	
112	4	119	10,5	9,1	3,5	72,0	116	4,15	2	6	90	119	418	3	72,0	
115	4	122	10,5	9,3	3,5	74,5	119	4,15	2	6	93	122	409	3	71,2	
120	4	127	11	9,7	3,5	77,0	124	4,15	2	6	96,9	127	396	3	70,0	
125	4	132	11	10	4	79,0	129	4,15	2	6	101,9	132	385	3	70,0	
130	4	137	11	10,2	4	82,0	134	4,15	2	6	106,9	138	374	3	69,0	
135	4	142	11,2	10,5	4	84,0	139	4,15	2	6	111,5	143	358	3	67,0	
140	4	147	11,2	10,7	4	87,5	144	4,15	2	6	116,5	148	350	3	66,5	
145	4	152	11,4	10,9	4	93,0	149	4,15	2	6	121	153	336	3	65,0	
150	4	158	12	11,2	4	105	155	4,15	2,5	7,5	124,8	181	335	3	64,0	
155	4	164	12	11,4	4	107	160	4,15	2,5	7,5	129,8	206	324	3,5	55,0	
160	4	169	13	11,6	4	110	165	4,15	2,5	7,5	132,7	212	321	3,5	54,5	
165	4	174,5	13	11,8	4	125	170	4,15	2,5	7,5	137,7	219	319	3,5	54,0	
170	4	179,5	13,5	12,2	4	140	175	4,15	2,5	7,5	141,6	225	349	3,5	59,0	
175	4	184,5	13,5	12,7	4	150	180	4,15	2,5	7,5	146,6	232	351	3,5	59,0	
180	4	189,5	14,2	13,2	4	165	185	4,15	2,5	7,5	150,7	238	347	3,5	58,5	
185	4	194,5	14,2	13,7	4	170	190	4,15	2,5	7,5	155,2	245	349	3,5	59,0	125
190	4	199,5	14,2	13,8	4	175	195	4,15	2,5	7,5	160,2	251	340	3,5	57,5	
195	4	204,5	14,2	13,8	4	183	200	4,15	2,5	7,5	165,2	258	330	3,5	55,5	
200	4	209,5	14,2	14	4	195	205	4,15	2,5	7,5	170,2	265	325	3,5	55,0	
210	5	222	14,2	14	4	270	216	5,15	3	9	180,2	333	601	4	89,5	
220	5	232	14,2	14	4	315	226	5,15	3	9	190,2	349	574	4	85,0	
230	5	242	14,2	14	4	330	236	5,15	3	9	200,2	365	549	4	81,0	
240	5	252	14,2	14	4	345	246	5,15	3	9	210,2	380	525	4	77,5	
250	5	262	14,2	14	4	360	256	5,15	3	9	220,2	396	504	4	75,0	
260	5	275	16,2	16	5	375	268	5,15	4	12	226	553	538	4	80,0	
270	5	285	16,2	16	5	388	278	5,15	4	12	236	573	518	4	77,0	
280	5	295	16,2	16	5	400	288	5,15	4	12	246	593	499	4	74,0	
290	5	305	16,2	16	5	415	298	5,15	4	12	256	615	482	4	71,5	
300	5	315	16,2	16	5	435	308	5,15	4	12	266	636	468	4	69,0	

Anéis elásti



Série forte

Exemplo de designação:

Anel elástico DIN 472 – 30 x 1,5

Anel elástico para furos – série forte

DIN 472 3

Furo de material com Re ≥ 200 MPa

Com factor de segurança ≥ 2

d_1	ANEL ELÁSTICO-SÉRIE FORTE							RANHURA										
	s		d_3		a max	b ≈	d min	M	d_2		m H13	t	n min	d_4	F_N kN	F_R kN	g	F_{K_3} kN	
20	1,5	0 -0,06	21,5	+0,42 -0,21	4,5	2,4	2	1,41	21	+0,13 -0 (H11)	1,6	0,5	1,5	10,5	5,40	16,0	1	5,60	19
22	1,5		23,5		4,7	2,8	2	1,85	23		1,6	0,5	1,5	12,1	5,90	18,0	1	6,10	
24	1,5		25,9		4,9	3	2	1,98	25,2		1,6	0,6	1,8	13,7	7,70	21,7	1	7,20	
25	1,5		26,9		5	3,1	2	2,16	26,2	+0,21 0 (H12)	1,6	0,6	1,8	14,5	8,00	22,8	1	7,30	
26	1,5		27,9		5,1	3,1	2	2,25	27,2		1,6	0,6	1,8	15,3	8,40	21,6	1	7,20	
28	1,5		30,1	+0,50 -0,25	5,3	3,2	2	2,48	29,4		1,6	0,7	2,1	16,9	10,5	20,8	1	7,00	
30	1,5		32,1		5,5	3,3	2	2,84	31,4		1,6	0,7	2,1	18,4	11,3	21,4	1	7,20	
32	1,5		34,4		5,7	3,4	2	2,94	33,7		1,6	0,85	2,6	20	14,6	21,4	1	7,30	
34	1,75		36,5		5,9	3,7	2,5	4,20	35,7		1,85	0,85	2,6	21,6	15,4	35,6	1,5	8,60	
35	1,75		37,8		6	3,8	2,5	4,62	37		1,85	1	3	22,4	18,8	36,6	1,5	8,70	
37	1,75		39,8		6,2	3,9	2,5	4,73	39	+0,25 0 (H12)	1,85	1	3	24	19,8	36,8	1,5	8,80	
38	1,75		40,8		6,3	3,9	2,5	4,80	40		1,85	1	3	24,7	22,5	38,3	1,5	9,10	
40	2	0 -0,07	43,5	+0,90 -0,39	6,5	3,9	2,5	5,38	42,5		2,15	1,25	3,8	26,3	27,0	58,4	2	10,9	40
42	2		45,5		6,7	4,1	2,5	6,18	44,5		2,15	1,25	3,8	27,9	28,4	58,5	2	11,0	
45	2		48,5		7	4,3	2,5	6,86	47,5		2,15	1,25	3,8	30,3	30,2	56,5	2	10,7	
47	2		50,5	+1,10 -0,46	7,2	4,4	2,5	7,00	49,5		2,15	1,25	3,8	31,9	31,4	57,0	2	10,8	
50	2,5		54,2		7,5	4,6	2,5	9,15	53		2,65	1,5	4,5	34,2	40,5	95,5	2	19,0	
52	2,5		56,2		7,7	4,7	2,5	10,2	55		2,65	1,5	4,5	35,8	42,0	94,6	2	18,8	
55	2,5		59,2		8	5	2,5	10,4	58		2,65	1,5	4,5	38,2	44,4	94,7	2	19,6	
60	3	0 -0,08	64,2		9,5	5,4	2,5	16,6	63		3,15	1,5	4,5	42,1	48,3	137	2	29,2	
62	3		66,2		8,6	5,5	2,5	16,8	65	+0,30 0 (H12)	3,15	1,5	4,5	43,9	49,8	137	2	29,2	
65	3		69,2		8,7	5,8	3	17,2	68		3,15	1,5	4,5	46,7	51,8	174	2,5	30,0	
68	3		72,5		8,8	6,1	3	19,2	71		3,15	1,5	4,5	49,5	54,5	174,5	2,5	30,6	
70	3		74,5		9	6,2	3	19,8	73		3,15	1,5	4,5	51,1	56,2	171	2,5	30,3	
72	3		76,5		9,2	6,4	3	21,7	75		3,15	1,5	4,5	52,7	58,0	172	2,5	30,3	
75	3		79,5		9,3	6,6	3	22,6	78		3,15	1,5	4,5	55,5	60,0	170	2,5	30,3	
80	4	0 -0,1	85,5	+1,30 -0,54	9,5	7	3	35,2	83,5	+0,35 0 (H12)	4,15	1,75	5,3	60	74,8	308	2,5	56,0	85
85	4		90,5		9,7	7,2	3,5	38,8	88,5		4,15	1,75	5,3	64,6	79,5	358	3	55,0	
90	4		95,5		10	7,6	3,5	41,5	93,5		4,15	1,75	5,3	69	84,0	354	3	56,0	
95	4		100,5		10,3	8,1	3,5	46,7	98,5		4,15	1,75	5,3	73,4	88,6	347	3	56,0	
100	4		105,5		10,5	8,4	3,5	50,7	103,5		4,15	1,75	5,3	78	93,1	335	3	55,0	

Anéis elásticos

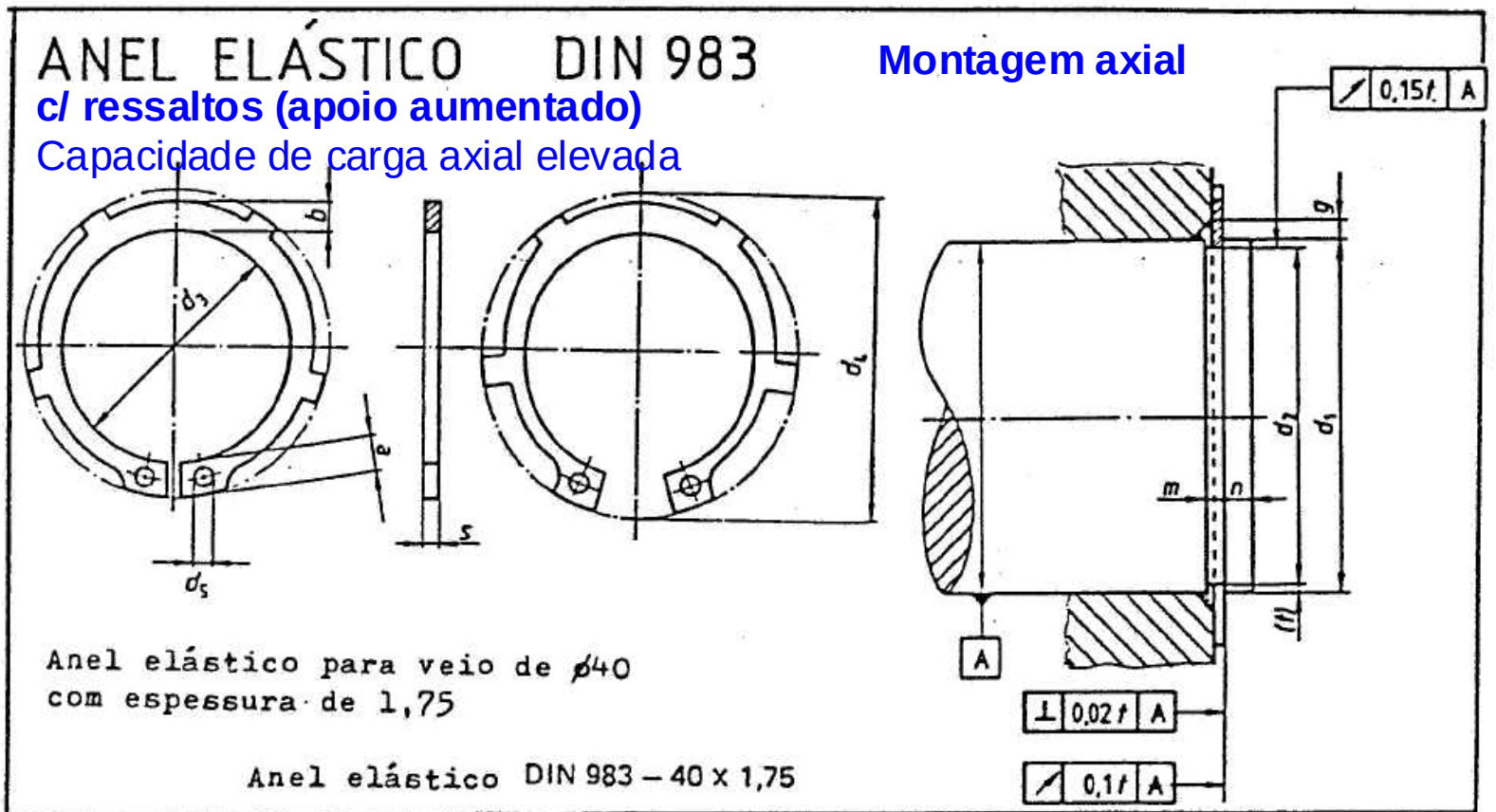


ANEL ELÁSTICO DIN 983

c/ ressaltos (apoio aumentado)

Capacidade de carga axial elevada

Montagem axial



Anel elástico para veio de ⌀40
com espessura de 1,75

Anel elástico DIN 983 – 40 x 1,75

anel								ranhura											
d_1	s	d_3	a max.	b ≈	d_5 min.	1000 peças kg ≈	d_2 1)		m 2) H13	t	n min.	d_4	F_N kN	F_R kN	g	F_{Rs} kN	n_{abl} $min.^{-1}$	DIN 5254
16	1	14,7	3,5	2,3	1,7	0,82	15,2		1,1	0,4	1,2	23,4	3,26	7,00	1	2,30	45 400	
17	1	15,7	3,6	2,3	1,7	0,93	16,2		1,1	0,4	1,2	24,6	3,46	8,00	1	2,40	40 900	10
18	1,2	16,5 ± 0,10 / 0,36	3,7	2,4	2	1,24	17	0 −0,11 (h11)	1,3	0,5	1,5	25,8	4,58	17,0	1,5	3,75	37 800	
19	1,2	17,5	3,7	2,5	2	1,35	18		1,3	0,5	1,5	26,8	4,84	17,0	1,5	3,80	33 400	

Anéis e



Anel elástico com ressaltos

(apoio aumentado)

Capacidade de carga axial elevada

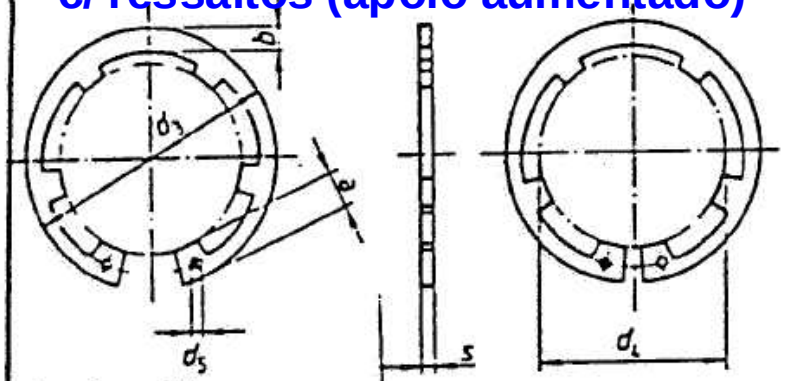
Anel elástico DIN 983 – 40 x 1,75

anel									ranhura												
d_1	s	d_3		a max.	b ≈	d_5 min.	1000 peças kg ≈	d_2 1)		m 2) H13	t	n min.	d_4	F_N kN	F_R kN	g	F_{Rg} kN	n_{abl} min^{-1}	DIN 5254
16	1	14,7		3,5	2,3	1,7	0,82	15,2		1,1	0,4	1,2	23,4	3,26	7,00	1	2,30	45 400	
17	1	15,7	+0,10 −0,36	3,6	2,3	1,7	0,93	16,2		1,1	0,4	1,2	24,6	3,46	8,00	1	2,40	40 900	10
18	1,2	16,5		3,7	2,4	2	1,24	17	0 −0,11 (h11)	1,3	0,5	1,5	25,8	4,58	17,0	1,5	3,75	37 800	
19	1,2	17,5		3,7	2,5	2	1,35	18		1,3	0,5	1,5	26,8	4,84	17,0	1,5	3,80	33 400	
20	1,2	18,5	+0,13 −0,42	3,8	2,6	2	1,45	19	0 −0,13 (h11)	1,3	0,5	1,5	28	5,06	17,1	1,5	3,85	30 400	
22	1,2	20,5		4	2,8	2	1,77	21		1,3	0,5	1,5	30,4	5,65	16,9	1,5	3,80	25 700	
23	1,2	21,5		4,1	2,9	2	1,84	22		1,3	0,5	1,5	31,6	5,90	16,6	1,5	3,80	23 800	
24	1,2	22,2		4,2	3	2	1,98	22,9		1,3	0,55	1,7	32,8	6,75	16,1	1,5	3,65	25 100	
25	1,2	23,2		4,3	3	2	2,12	23,9	0 −0,21 (h12)	1,3	0,55	1,7	34	7,05	16,2	1,5	3,70	24 200	19
26	1,2	24,2	+0,21 −0,42	4,4	3,1	2	2,18	24,9		1,3	0,55	1,7	35,2	7,34	16,1	1,5	3,70	22 400	
28	1,5	25,9		4,5	3,2	2	3,15	26,6		1,6	0,7	2,1	37,5	10,00	32,1	1,5	7,50	20 200	
30	1,5	27,9		4,7	3,5	2	3,65	28,6		1,6	0,7	2,1	39,9	10,73	32,1	1,5	7,65	17 900	
32	1,5	29,6		5	3,6	2,5	4,00	30,3		1,6	0,85	2,6	42,5	13,85	31,2	2	5,55	15 500	
35	1,5	32,2	+0,25 −0,5	5,2	3,9	2,5	4,38	33		1,6	1	3	45,9	17,80	30,8	2	5,55	14 800	
38	1,75	35,2		5,5	4,2	2,5	6,50	36		1,85	1	3	49,6	19,30	49,5	2	9,10	12 900	
40	1,75	36,5		7,2	4,4	2,5	7,00	37,5		1,85	1,25	3,8	55,1	25,30	51,0	2	9,50	13 500	
42	1,75	38,5		7,2	4,5	2,5	7,50	39,5	0 −0,25 (h12)	1,85	1,25	3,8	57,1	26,70	50,0	2	9,45	12 600	
45	1,75	41,5	+0,39 −0,9	7,2	4,7	2,5	8,50	42,5		1,85	1,25	3,8	60,1	28,60	49,0	2	9,35	11 000	
47	1,75	43,5		7,2	4,9	2,5	8,70	44,5		1,85	1,25	3,8	62,1	30,00	49,5	2	9,55	10 000	
48	1,75	44,5		7,2	5	2,5	8,90	45,5		1,85	1,25	3,8	63,1	30,70	49,4	2	9,55	9 050	
50	2	45,8		8,2	5,1	2,5	11,5	47		2,15	1,5	4,5	67,2	38,00	73,3	2	14,4	10 000	
55	2	50,8		8,2	5,4	2,5	13,0	52		2,15	1,5	4,5	72,2	42,00	71,4	2,5	11,4	8 460	
57	2	52,8		8,2	5,5	2,5	14,0	54		2,15	1,5	4,5	74,2	43,70	70,9	2,5	11,4	8 000	
58	2	53,8		8,2	5,6	2,5	14,3	55		2,15	1,5	4,5	75,2	44,30	71,1	2,5	11,5	7 750	
60	2	55,8		8,2	5,8	2,5	14,8	57		2,15	1,5	4,5	77,2	46,00	69,2	2,5	11,3	7 200	
62	2	57,8		8,2	6	2,5	15,9	59		2,15	1,5	4,5	79,2	47,50	69,3	2,5	11,45	6 800	
65	2,5	60,8	+0,46 −1,1	10,2	6,3	3	21,7	62	0 −0,30 (h12)	2,65	1,5	4,5	86,4	49,80	135,6	2,5	22,7	6 300	
67	2,5	62,5		10,2	6,4	3	22,6	64		2,65	1,5	4,5	88,4	51,30	136,1	2,5	23,0	6 800	
68	2,5	63,5		10,2	6,5	3	23,5	65		2,65	1,5	4,5	89,4	52,20	135,9	2,5	23,1	6 600	
70	2,5	65,5		10,2	6,6	3	25,1	67		2,65	1,5	4,5	91,4	53,80	134,2	2,5	23,0	6 200	
75	2,5	70,5		10,2	7	3	28,2	72		2,65	1,5	4,5	96,4	57,60	130,0	2,5	22,8	5 500	
80	2,5	74,5		10,2	7,4	3	30,8	76,5		2,65	1,75	5,3	101,4	71,60	128,4	3	19,5	5 800	
85	3	79,5		10,2	7,8	3,5	39,5	81,5		3,15	1,75	5,3	106,4	76,20	215,4	3	33,4	5 200	
90	3	84,5	+0,54 −1,3	10,2	8,2	3,5	47,7	86,5	0 −0,35 (h12)	3,15	1,75	5,3	111,4	80,80	217,2	3	34,4	4 750	
95	3	89,5		10,2	8,6	3,5	53,0	91,5		3,15	1,75	5,3	116,4	85,50	212,2	3,5	29,25	4 250	
100	3	94,5		10,2	9	3,5	56,6	96,5		3,15	1,75	5,3	121,4	90,00	206,4	3,5	29,0	4 000	85
110	4	103		12,2	9,6	3,5	84,0	106	0 −0,54 (h13)	4,15	2	6	135,6	113,0	457,0	3,5	66,9	4 150	
120	4	113		14,2	10,2	3,5	89,7	116		4,15	2	6	149,8	123,5	424,6	3,5	64,5	3 500	
130	4	123	+0,63 −1,5	14,2	10,7	4	105	126	0 −0,63 (h13)	4,15	2	6	159,8	134,0	395,5	4	55,2	3 050	125
140	4	133		14,2	11,2	4	115	136		4,15	2	6	169,8	144,5	376,5	4	54,4	2 640	

Anéis elásticos

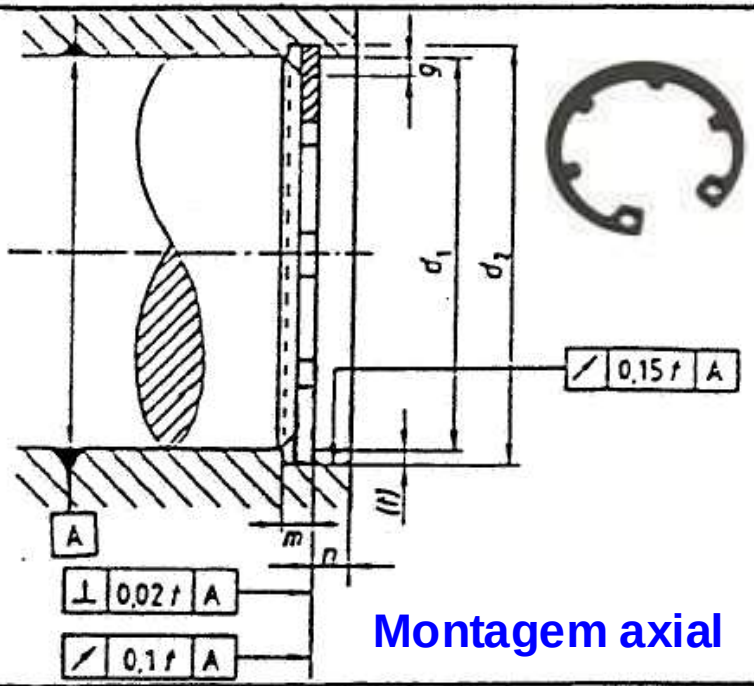
ANEL ELÁSTICO DIN 984

c/ ressaltos (apoio aumentado)



Anel elástico para furo de ϕ40 com espessura de 1,75

Anel elástico DIN 984 – 40 X 1,75



Montagem axial

Capacidade de carga axial elevada

d_1	s	d_3	a max.	b ≈	d_5 min.	1000 peças kg ≈	d_2 1)	sul. Abw.	m^2) H13	t	n min.	d_4	F_N kN	F_R kN	ℓ	F_{Rz} kN	DIN 5256
16	1	17,3 +0,36 −0,10	3,4	2	1,7	0,72	16,8	+0,110 0 (H11)	1,1	0,4	1,2	8,8	3,40	5,50	1	2,60	8
17	1	18,3	3,7	2,1	1,7	0,80	17,8		1,1	0,4	1,2	9,2	3,60	6,00	1	2,50	
18	1	19,5	3,8	2,2	1,7	0,90	19		1,1	0,5	1,5	10	4,80	6,50	1	2,60	
19	1	20,5 +0,42 −0,13	3,8	2,2	2	0,99	20	+0,130 0 (H11)	1,1	0,5	1,5	11	5,10	6,80	1	2,50	
20	1	21,5	3,9	2,3	2	1,06	21		1,1	0,5	1,5	11,8	5,40	7,20	1	2,50	

Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP

Anéis elásticos



Anel elástico com ressaltos

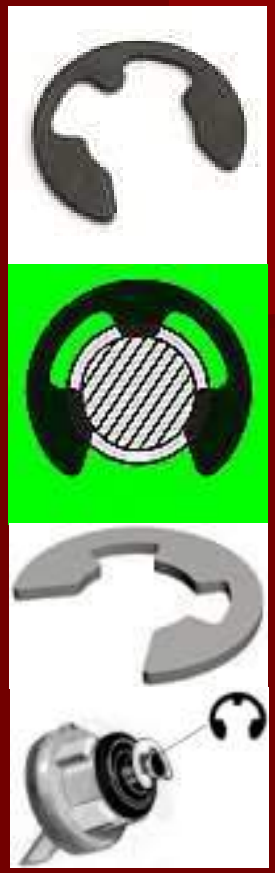
(apoio aumentado)

Capacidade de carga axial elevada

Anel elástico DIN 984 – 40 X 1,75

d_1	s	d_3	a max.	b ≈	d_5 min.	1000 peças kg ≈	d_2 1)	zul. Abw.	m^2) H13	t	n min.	d_4	F_N kN	F_R kN	g	F_{Rs} kN	DIN 5256
16	1	17,3 +0,36 −0,10	3,4	2	1,7	0,72	16,8	+0,11 0 (H11)	1,1	0,4	1,2	8,8	3,40	5,50	1	2,60	8
17	1	18,3	3,7	2,1	1,7	0,80	17,8		1,1	0,4	1,2	9,2	3,60	6,00	1	2,50	
18	1	19,5	3,8	2,2	1,7	0,90	19	+0,13 0 (H11)	1,1	0,5	1,5	10	4,80	6,50	1	2,60	
19	1	20,5 +0,42 −0,13	3,8	2,2	2	0,99	20		1,1	0,5	1,5	11	5,10	6,80	1	2,50	19
20	1	21,5	3,9	2,3	2	1,06	21		1,1	0,5	1,5	11,8	5,40	7,20	1	2,50	
22	1	23,5	4	2,5	2	1,28	23		1,1	0,5	1,5	13,6	6,90	8,00	1	2,70	
23	1,2	24,6	4,1	2,6	2	1,48	24,1		1,3	0,55	1,7	14,4	6,80	13,8	1	4,50	
24	1,2	25,9 +0,42 −0,21	4,2	2,6	2	1,60	25,2	+0,21 0 (H12)	1,3	0,6	1,8	15,2	7,70	13,9	1	4,60	
25	1,2	26,9	4,4	2,7	2	1,72	26,2		1,3	0,6	1,8	15,7	8,00	14,6	1	4,70	
26	1,2	28,5	4,4	2,8	2	2,00	27,2		1,3	0,6	1,8	16,7	8,40	13,85	1	4,60	
27	1,2	29,1	4,5	2,9	2	2,00	28,4		1,3	0,7	2,1	17,5	10,1	13,3	1	4,50	
28	1,2	30,1	4,9	2,9	2	2,10	29,4		1,3	0,7	2,1	17,7	10,5	13,3	1	4,50	
30	1,2	32,1	4,9	3	2	2,35	31,4		1,3	0,7	2,1	19,7	11,3	13,7	1	4,60	
32	1,2	34,4 +0,6 −0,25	5,1	3,2	2,5	2,50	33,7		1,3	0,85	2,6	21,3	14,6	13,8	1	4,70	
35	1,5	37,8	5,5	3,4	2,5	4,00	37		1,6	1	3	23,4	18,8	26,9	1,5	6,40	
36	1,5	38,8	5,6	3,5	2,5	4,15	38		1,6	1	3	24,2	19,4	26,4	1,5	6,40	
38	1,5	40,8	6,1	3,7	2,5	4,40	40	+0,25 0 (H12)	1,6	1	3	25,2	22,5	28,2	1,5	6,70	
40	1,75	43,5	7,2	3,9	2,5	5,30	42,5		1,85	1,25	3,8	24,9	27,0	44,6	2	8,30	40
42	1,75	45,5 +0,9 −0,39	7,2	4,1	2,5	6,00	44,5		1,85	1,25	3,8	26,9	28,4	44,7	2	8,40	
44	1,75	47,5	7,2	4,2	2,5	6,45	46,5		1,85	1,25	3,8	28,9	29,5	43,3	2	8,30	
45	1,75	48,5	7,2	4,3	2,5	6,60	47,5		1,85	1,25	3,8	29,9	30,2	43,1	2	8,20	
47	1,75	50,5	7,2	4,4	2,5	6,90	49,5		1,85	1,25	3,8	31,9	31,4	43,5	2	8,30	
48	1,75	51,5	7,2	4,5	2,5	7,50	50,5		1,85	1,25	3,8	32,9	32,0	43,2	2	8,40	
50	2	54,2	8,2	4,6	2,5	8,50	53		2,15	1,5	4,5	32,8	40,5	60,8	2	12,1	
52	2	56,2	8,2	4,7	2,5	9,40	55		2,15	1,5	4,5	34,8	42,0	60,25	2	12,0	
55	2	59,2	8,2	5	2,5	9,75	58		2,15	1,5	4,5	37,8	44,4	60,3	2	12,5	
57	2	61,2	8,2	5,1	2,5	11,6	60		2,15	1,5	4,5	39,8	46,0	60,8	2	12,7	
58	2	62,2	8,2	5,2	2,5	12,0	61		2,15	1,5	4,5	40,8	46,7	60,8	2	12,7	
60	2	64,2 +1,1 −0,46	8,2	5,4	2,5	12,7	63	+0,30 0 (H12)	2,15	1,5	4,5	42,8	48,3	61,0	2	13,0	
62	2	66,2	8,2	5,5	2,5	12,8	65		2,15	1,5	4,5	44,8	49,8	60,9	2	13,0	
65	2,5	69,2	9,5	5,8	3	16,7	68		2,65	1,5	4,5	43,6	51,8	121	2,5	20,8	
67	2,5	71,5	10,2	6	3	18,6	70		2,65	1,5	4,5	45,5	53,8	121	2,5	21,1	
68	2,5	72,5	10,2	6,1	3	19,3	71		2,65	1,5	4,5	46,5	54,5	121,5	2,5	21,2	
70	2,5	74,5	10,2	6,2	3	20,2	73		2,65	1,5	4,5	48,5	56,2	119	2,5	21,0	
72	2,5	76,5	10,2	6,4	3	21,2	75		2,65	1,5	4,5	50,5	58,0	119,2	2,5	21,0	
75	2,5	79,5	10,2	6,6	3	22,6	78		2,65	1,5	4,5	53,5	60,0	118	2,5	21,0	
80	2,5	85,5	10,2	7	3	25,0	83,5		2,65	1,75	5,3	58,5	74,6	120,9	2,5	21,8	
85	3	90,5	12,2	7,2	3,5	30,1	88,5	+0,35 0 (H12)	3,15	1,75	5,3	59,4	79,5	201,4	3	31,2	85
90	3	95,5 +1,3 −0,54	12,2	7,6	3,5	35,5	93,5		3,15	1,75	5,3	64,4	84,0	199	3	31,4	
95	3	100,5	12,2	8,1	3,5	40,0	98,5		3,15	1,75	5,3	69,4	88,6	195	3	31,4	
100	3	105,5	12,2	8,4	3,5	43,5	103,5		3,15	1,75	5,3	74,4	93,1	188	3	30,8	
110	4	117	12,2	9	3,5	73,0	114	+0,54 0 (H13)	4,15	2	6	84,4	117	415	3	71,0	
115	4	122	12,2	9,3	3,5	82,0	119		4,15	2	6	89,9	122	409	3	71,2	
120	4	127	12,2	9,7	3,5	87,0	124		4,15	2	6	94,4	127	396	3	70,0	
125	4	132	12,2	10	4	92,0	129		4,15	2	6	99,4	132	385	3	70,0	125
130	4	137 +1,5 −0,63	12,2	10,2	4	102	134	+0,63 0 (H13)	4,15	2	6	104,4	138	374	3	69,0	
140	4	147	14,2	10,7	4	112	144		4,15	2	6	110	148	350	3	66,5	
150	4	158	14,2	11,2	4	123	155		4,15	2,5	7,5	120	191	326	3	64,0	
160	4	169	14,2	11,6	4	133	165		4,15	2,5	7,5	130	212	321	3,5	54,5	
170	4	179,5	14,2	12,2	4	145	175		4,15	2,5	7,5	140	225	349	3,5	59,0	

Anéis elásticos

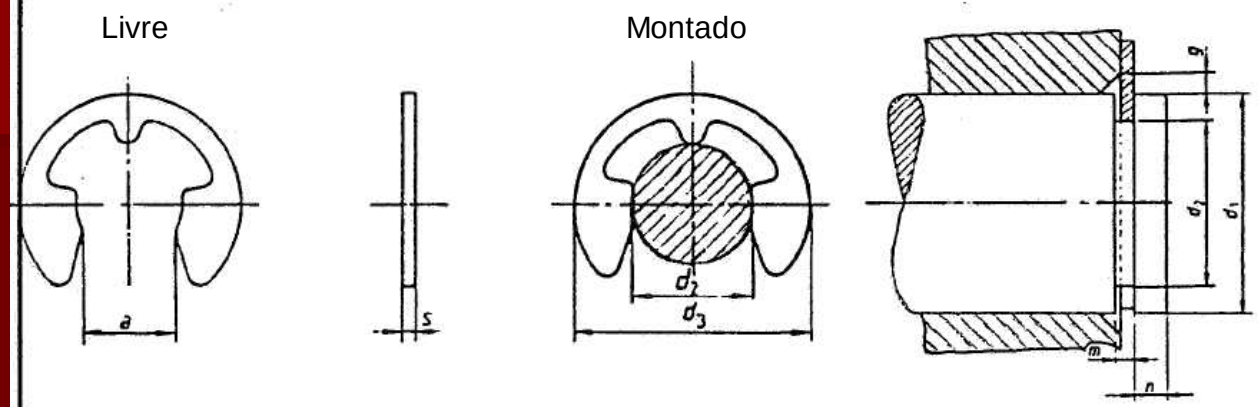


ANEL ELÁSTICO (de montagem radial)

Normas:

DIN 6799: 1981 - Lock washers (retaining washers) for shafts

NF L 23-203: 1975 - Segments d'arrêt à montage radial



Material:

Aço AFNOR XC 75 (c/ durezas HRC 47 a 52) – símbolo AM
Bronze de berílio (c/ durezas HRC 38 a 42) – símbolo UJ

(com fosfatação normal de 5 a 15 µm)

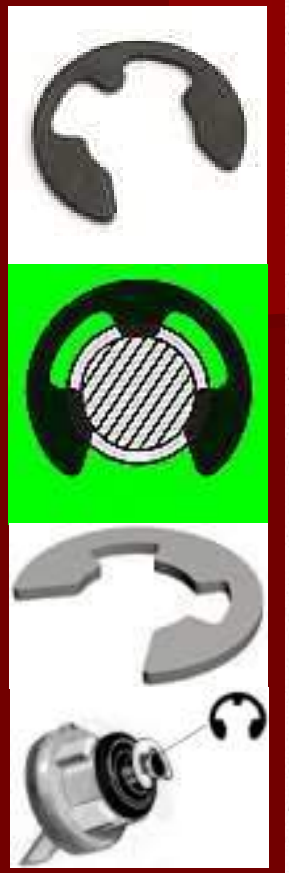
- Montagem e desmontagem fáceis, com chave-de-fenda.
- Não devem ser montados em veios rodando a grande velocidade (risco de saltarem por acção da força centrífuga).
- Permitem materializar apoios com alturas razoavelmente importantes.

Exemplo de designação:

Anel elástico DIN 6799 d_2 x s

Anel elástico DIN 6799 6 x 0,7

Anéis elásticos



ANEL ELÁSTICO (de montagem radial)

Normas:

DIN 6799: 1981

NF L 23-203: 1975

Ranhura | Veio | Cargas axiais na ranhura | no anel | no anel, com flexão

d_2 nominal	d_1 d_e	d_1 a	s	s tol. Abw.	a	a tol. Abw. ±IT 10	Massa (kg) de 1000 unid. ≈	VEIO – Ranhura d_2	(h11)	m		n min.	d_3 max.	F_N kN	F_N d_1'	F_S kN	g	F kN	n_{abs} min.$^{-1}$
0,8	1	1,4	0,2		0,58		0,003	0,8	0 -0,04	0,24		0,4	2,25	0,03	1,2	0,08	0,3	0,04	50 000
1,2	>1,4	2	0,3		1,01		0,009	1,2		0,34	+0,04 0	0,6	3,25	0,04	1,5	0,12	0,4	0,06	47 000
1,5	>2	2,5	0,4		1,28	±0,04	0,021	1,5	0 -0,06	0,44		0,8	4,25	0,07	2	0,22	0,6	0,11	43 000
1,9	>2,5	3	0,5		1,61		0,040	1,9		0,54		1	4,8	0,10	2,5	0,35	0,7	0,17	40 000
2,3	>3	4	0,6	±0,02	1,94		0,069	2,3		0,64		1	6,3	0,15	3	0,50	0,9	0,24	38 000
3,2	>4	5	0,6		2,70		0,088	3,2		0,64		1	7,3	0,22	4	0,65	0,9	0,32	35 000
4	>5	7	0,7		3,34		0,158	4	0 -0,075	0,74	+0,05 0	1,2	9,3	0,25	5	0,95	1	0,47	32 000
5	>6	8	0,7		4,11	±0,048	0,236	5		0,74		1,2	11,3	0,90	7	1,15	1	0,60	28 000
6	>7	9	0,7		5,26		0,255	6		0,74		1,2	12,3	1,10	8	1,35	1,1	0,70	25 000
7	>8	11	0,9		5,84		0,474	7		0,94		1,5	14,3	1,25	9	1,80	1,3	1,00	22 000
8	>9	12	1		6,52		0,660	8	0 -0,09	1,05		1,8	16,3	1,42	10	2,50	1,5	1,25	20 000
9	>10	14	1,1		7,63	±0,058	1,09	9		1,15		2	18,8	1,60	11	3,00	1,6	1,50	17 000
10	>11	15	1,2		8,32		1,25	10		1,25		2	20,4	1,70	12	3,50	1,8	1,75	15 000
12	>13	18	1,3	±0,03	10,45		1,63	12	0 -0,11	1,35	+0,08 0	2,5	23,4	3,10	15	4,70	1,9	2,30	13 000
15	>16	24	1,5		12,61	±0,07	3,37	15		1,55		3	29,4	7,00	20	7,80	2,2	3,30	11 000
19	>20	31	1,75		15,92		6,42	19		1,80		3,5	37,6	10,00	25	11,00	2,5	3,60	7 600
24	>25	38	2		21,88	±0,084	8,55	24	0 -0,13	2,05		4	44,6	13,00	30	15,00	3	4,00	5 500
30	>32	42	2,5		25,80		13,5	30		2,55		4,5	52,6	16,50	36	23,00	3,5	5,30	4 200

Exemplo de designação: **Anel elástico DIN 6799 d_2 x s**

Anéis elá





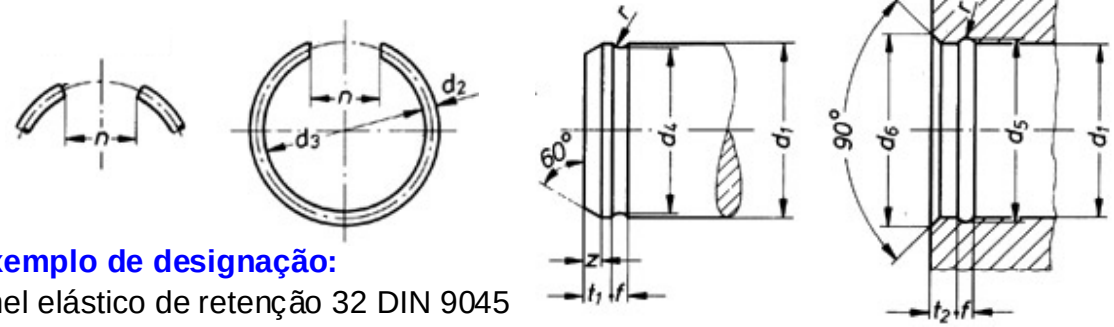


ANEL ELÁSTICO DE ARAME REDONDO

Normas:
DIN 9045
DIN 7993: 1970 - Round Wire Snap Rings and Snap Ring Grooves for Shafts and Bores

Designação:
Anel elástico de retenção d_1 DIN 9045

(Montagem axial)

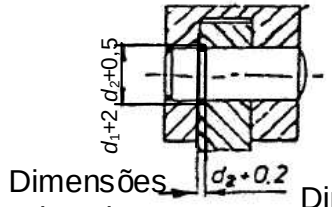


Exemplo de designação:
Anel elástico de retenção 32 DIN 9045
Anel elástico de retenção A 32 DIN 7933 (p/ veios)
Anel elástico de retenção B 32 DIN 7933 (p/ furos)

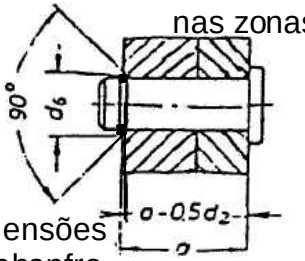
ANEL (DIN 9045)						**Para veio**					**Para furo**		
Diâm. nom. d_1	d_2	d_3	n ≈	Compri-mento do arame	MASSA (7,85 kg/dm³) kg/ 1000 peças	d_4	r	t_1 min.	z ≈	f	d_5	d_6	t_2 min.
4	0,8	3,4	2,5	10,7	0,042	3,6	0,4	1,6	1	0,8	–	–	–	–
5		4,1		13,8	0,054	4,6								
6		5,4		16,9	0,067	5,6								
7		6,2		18	0,071	6,6					7,4	8,2		

Estes anéis evitam a execução de ranhuras c/ arestas vivas, que enfraquecem os veios nas zonas de maior solicitação.

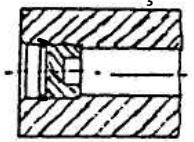
Exemplos de aplicações:



Dimensões da caixa



Dimensões do chanfro

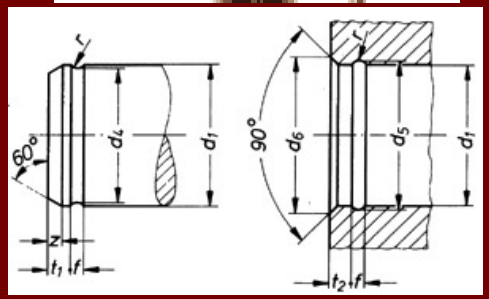


Limitador de curso

Sistema de fixação simples e barato.

Anéis elásticos





ANEL (DIN 9045)							Para veio						Para furo			
Diâm. nom. d_1	d_2	d_3		n ≈	Compri-mento do arame	MASSA (7,85 kg/dm³) kg/ 1000 peças	d_4		r	t_1 min.	z ≈	f	d_5		d_6	t_2 min.
4	0,8	3,4	±0,1	2,5	10,7	0,042	3,6	0 −0,1	0,4	1,6	1	0,8	—	—	—	—
5		4,4			13,8	0,054	4,6									
6		5,4			16,9	0,067	5,6									
7		6,2		4	18	0,071	6,6		0,4	1,6	1	0,8	7,4	+0,1 0	8,2	1,6
8		7,2			21,1	0,083	7,6						8,4		9,2	
10		9,2			27,4	0,108	9,6						10,4		11,2	
12	1	11		6	31,7	0,196	11,4		0,6	2,5	1,6	1	12,6		13,5	2,5
14		13			38	0,234	13,4						14,6		15,5	
16	1,6	14,5			44,6	0,705	15		1	3	2	1,8	17		18	3
18		16,5			50,9	0,804	17						19		20	
20	2	18,2	±0,15	10	53,5	1,32	18,8	0 −0,2	1,2	4	2,5	2,2	21,2	+0,2 0	22,5	4
22		20,2			59,7	1,47	20,8						23,2		24,5	
24		22,2			66	1,63	22,8						25,2		26,5	
25		23,2			69	1,70	23,8		1,2	4	2,5	2,2	26,2		27,5	4
26		24,2			72,3	1,79	24,8						27,2		28,5	
28		26,2			78,6	1,94	26,8						29,2		30,5	
30		28,2			84,9	2,10	28,8						31,2		32,5	
32	2,5	30	±0,2	12	90	3,47	30,5		1,6	5	3	2,8	33,5		35,5	5
35		33			100	3,85	33,5						36,5		38,5	
38		36			109	4,20	36,5						39,5		41,5	
40		38			115	4,43	38,5						41,5		43,5	
42		40		16	118	4,54	40,5		1,6	5	3	2,8	43,5		45,5	5
45		43			127	4,89	43,5						46,5		48,5	
48		46			136	5,24	46,5						49,5		51,5	
50		48			143	5,51	48,5						51,5		53,5	
55	3,2	52	±0,3	20	153	9,65	53	0 −0,3	2	6	4	3,5	57,5	+0,3 0	60	6
60		57			169	10,7	58						62,5		65	
65		62			185	11,7	63						67,5		70	
70		67		25	196	12,4	68		2	6	4	3,5	72,5		75	6
75		72			211	13,3	73						77,5		80	
80		77			227	14,3	78						82,5		85	
85		82		25	242	15,3	83		2	6	4	3,5	87,5		90	6
90		87			258	16,3	88						92,5		95	
95		92			274	17,3	93						97,5		100	
100		97		32	282	17,8	98		2	6	4	3,5	102,5		105	6
105		102			298	18,8	103						107,5		110	
110		107			314	19,8	108						112,5		115	
115		112		32	329	20,8	113		2	6	4	3,5	117,5		120	6
120		117			345	21,8	118						122,5		125	
125		122			361	22,8	123						127,5		130	

8 – Tolerâncias de montagem de anéis elásticos

As **cotas indicadas com um asterisco *** são as cotas que devem ser tolerenciadas individualmente nos desenhos das peças "veio" e "furo".

1) **Algumas das peças com cotas parciais z_i são não normalizadas**.

Arbitrar $T_{aj} = \sum T_i$, c/ $T_i \approx$ 0,1 a 0,2, para cada uma das peças não normalizadas.

Arbitrar uma folga mínima que permita a montagem do anel (ex.: $F_{min} = 0$). Neste caso, $F_{max} = T_{aj}$.

As tolerâncias T_i dos vários elementos não normalizados devem ser proporcionais aos seus valores nominais.

Finalmente, conhecidos e arbitrados os **tamanhos limites** das cotas parciais, podem calcular-se as cotas limites:

$X_{max} = F_{max} + \sum z_{i\ min}$ e

$X_{min} = X_{max} - T_X$.

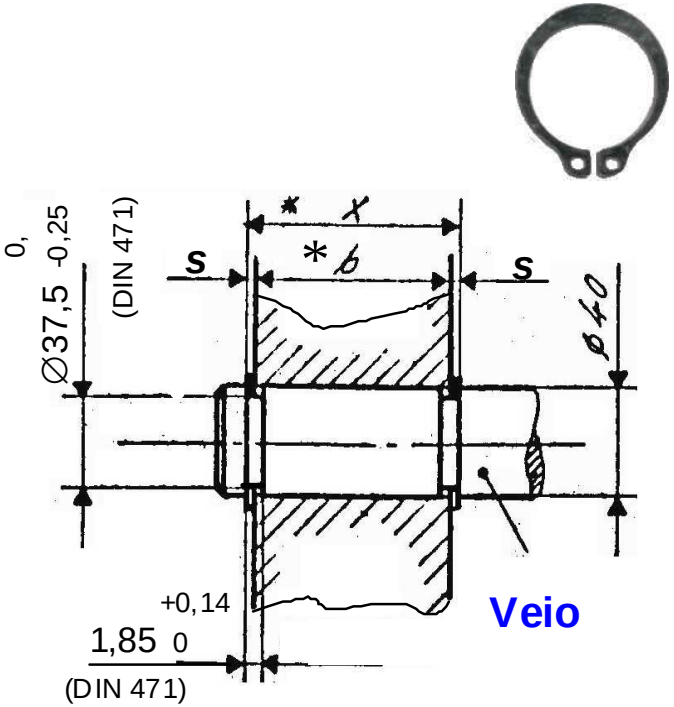


Figura 8 – Exemplo 1: anéis para veios

A

2) **Todas as peças com cotas parciais z_i são normalizadas**.

Conhecidas as tolerâncias T_i e os desvios das larguras z_i dos elementos normalizados, arbitrar uma tolerância T_X para a cota total X (≈ 0,1 a 0,2).

Calcular $T_{aj} = T_X + \sum T_i = F_{max} - F_{min}$

Arbitrar uma folga mínima que permita a montagem do anel (ex.: $F_{min} = 0$). Neste caso, $F_{max} = T_{aj}$.

Finalmente, podem calcular-se as cotas limites:

$$X_{max} = F_{max} + \sum z_{i\,min}$$

$$X_{min} = X_{max} - T_X$$

Se F_{max} for elevada, poderá recorrer-se à utilização de uma **anilha de regulação** (ver figura 10) ou de **anilhas de afinação** (t ≈ 0,05).

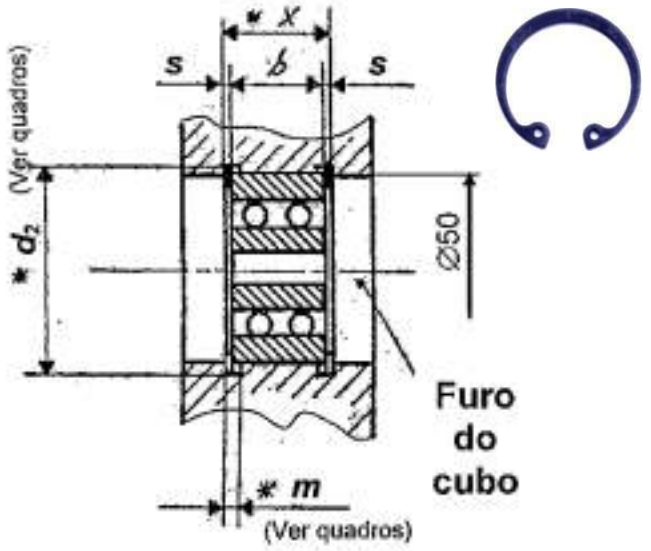


Figura 9 – Exemplo 2: anéis para furos

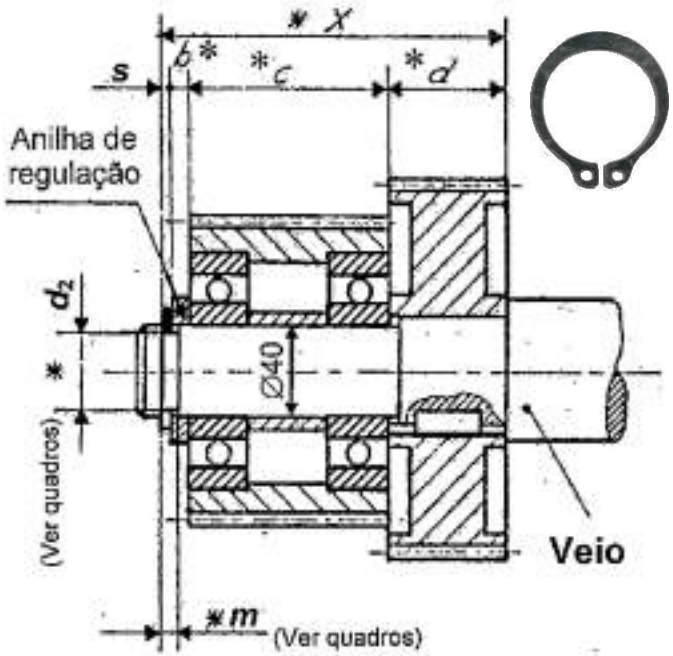


Figura 10 – Exemplo 3: anel para veio

Anéis elásticos

3) **Determinação das espessuras limites das anilhas de regulação**.

Arbitrar uma Folga máxima $F_{max} \approx 0{,}2$, na montagem do anel elástico na ranhura do veio, e tolerâncias das cotas das várias peças não normalizadas, componentes da montagem, com valores $T_i \approx 0{,}1$ a $0{,}2$.

Se a tolerância admissível do ajustamento for inferior à soma das tolerâncias das cotas das peças componentes da montagem [$T_{aj} = (F_{max} - F_{min}) < \sum T_i$] torna-se necessário aumentar o comprimento X da ponta de veio e interpor uma anilha de regulação adequada, entre o anel elástico e a peça adjacente, para conseguir assegurar a folga máxima pretendida.

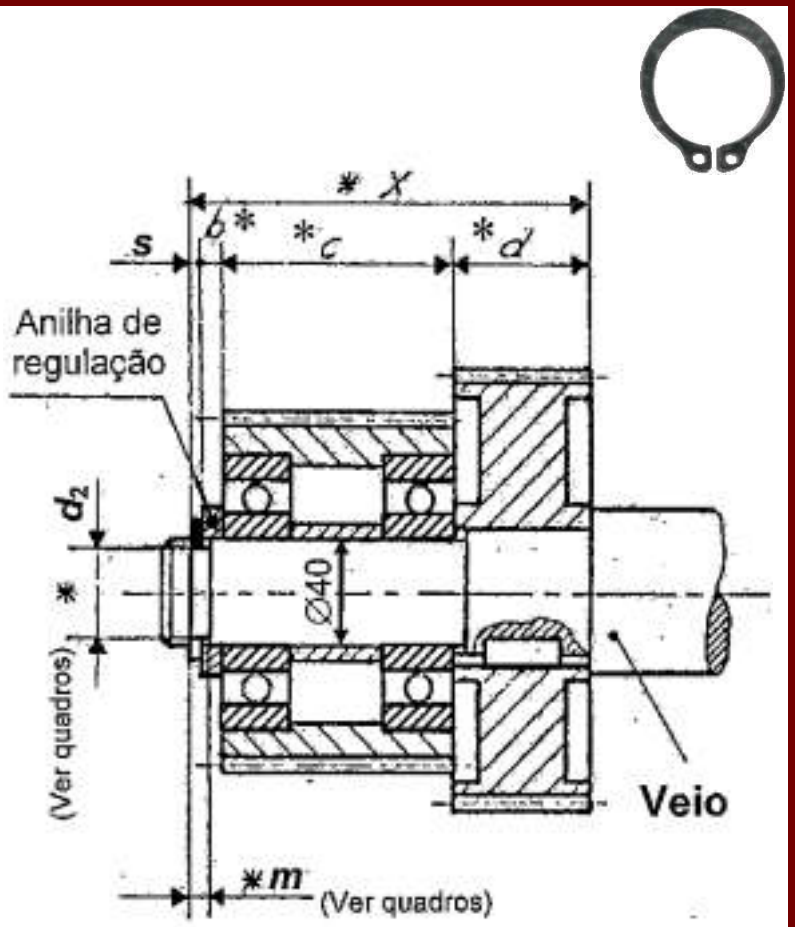
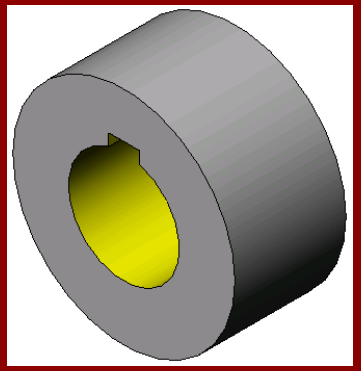
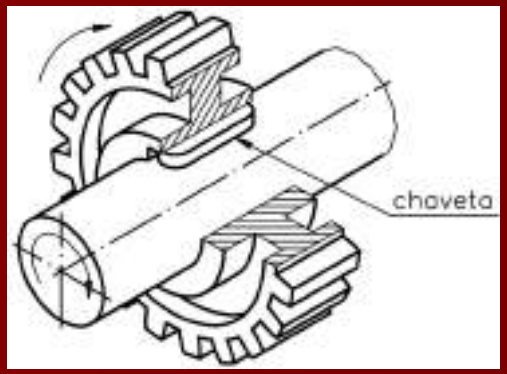


Figura 10 – Exemplo 3: anel para veio

Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP







Pontas de veio e enchavetamentos







José António Almacinha

1 – GENERALIDADES

1.1- Tipos de enchavetamentos

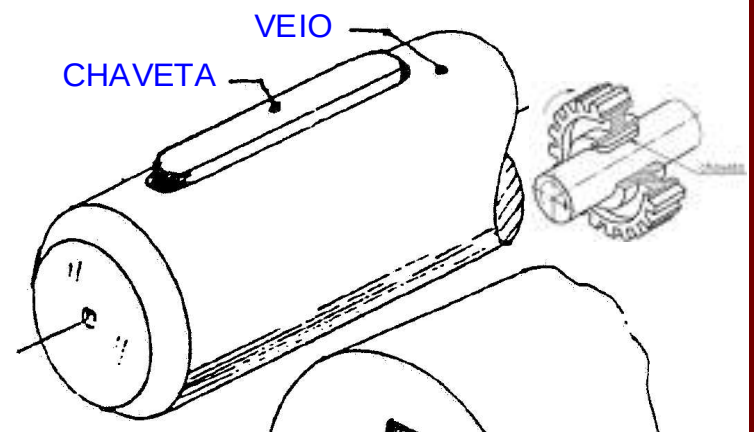
As **chavetas** asseguram **ligações desmontáveis de veios com cubos**, entre os quais há ajustamentos cilíndricos ou cónicos.

As chavetas são alojadas em ranhuras designadas por **escatéis**.

Atendendo à posição da chaveta, relativamente aos eixos do veio e do cubo, podem considerar-se:

- **Enchavetamentos longitudinais**

- **Enchavetamentos transversais** (evitar a sua utilização em mecanismos rotativos sujeitos a choques e vibrações).



Enchavetamento longitudinal

Figura 1

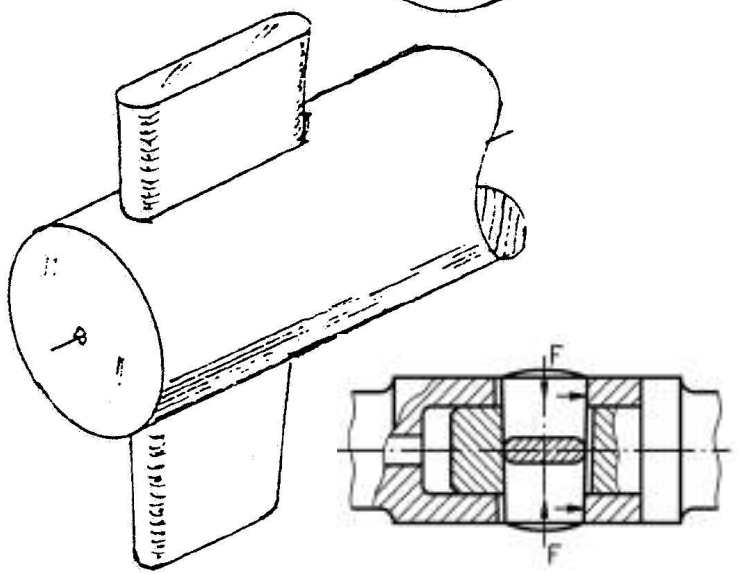


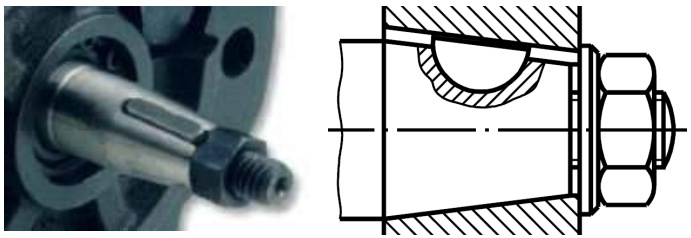
Figura 2 - Enchavetamento transversal

Pontas de veio e enchavetamentos

Nos **enchavetamentos longitudinais** podem ser usados dois tipos de uniões:

- **Enchavetamentos livres** - ligação apenas em rotação, podendo haver movimento de translação entre as peças.
- **Enchavetamentos forçados** – peças ligadas em rotação e em translação.

Nos **enchavetamentos livres**, a ligação em translação obriga à utilização adicional de outros órgãos mecânicos.



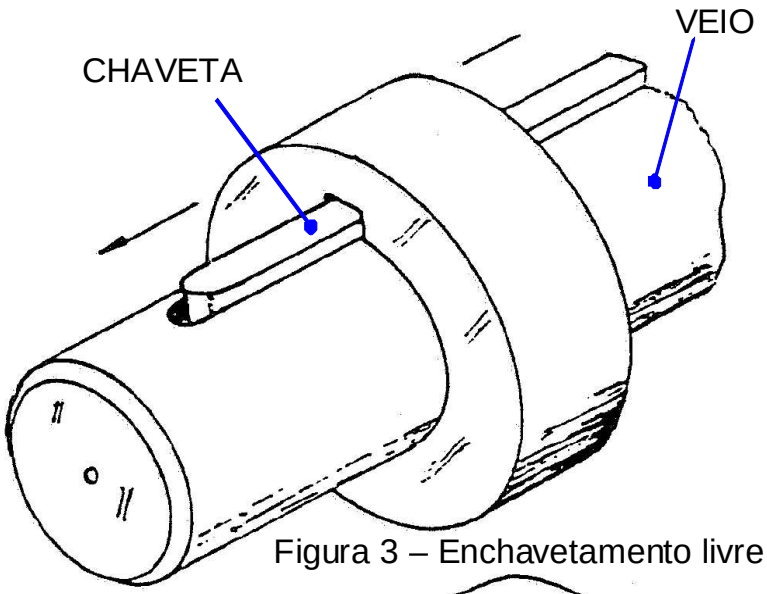


Figura 3 – Enchavetamento livre

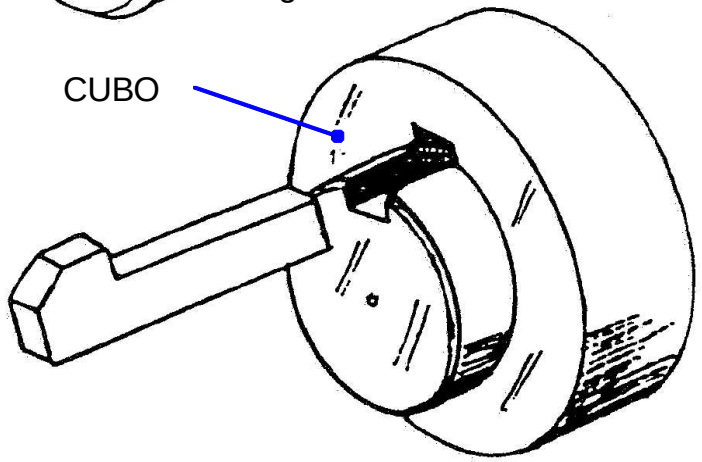
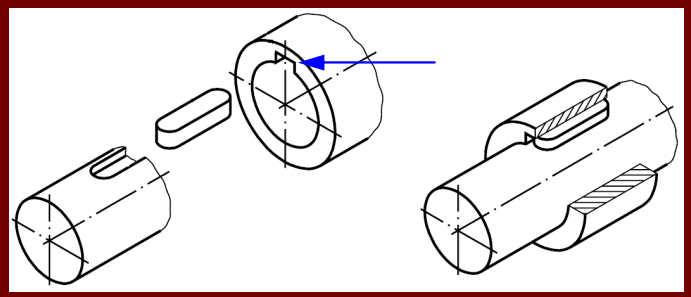


Figura 4 - Enchavetamento forçado

Pontas de veio e enchavetamentos

Inconvenientes:

- Debilitação do veio e do cubo, na zona dos escatéis, agravada com veios ocos ou cubos de parede fina.
- Concentração de tensões devida à forma desfavorável dos escatéis.
- Pequena capacidade de transmissão de potência.



As uniões por chavetas são utilizadas, apenas, para a transmissão de pequenas potências e em produções de pequenas séries.

2 – PONTAS DE VEIOS

2.1 – Normas

ISO/R 775: 1969 – Cylindrical and 1:10 conical shaft ends (norma anulada, mas actualmente ainda não substituída).

2.2 – Formas e dimensões

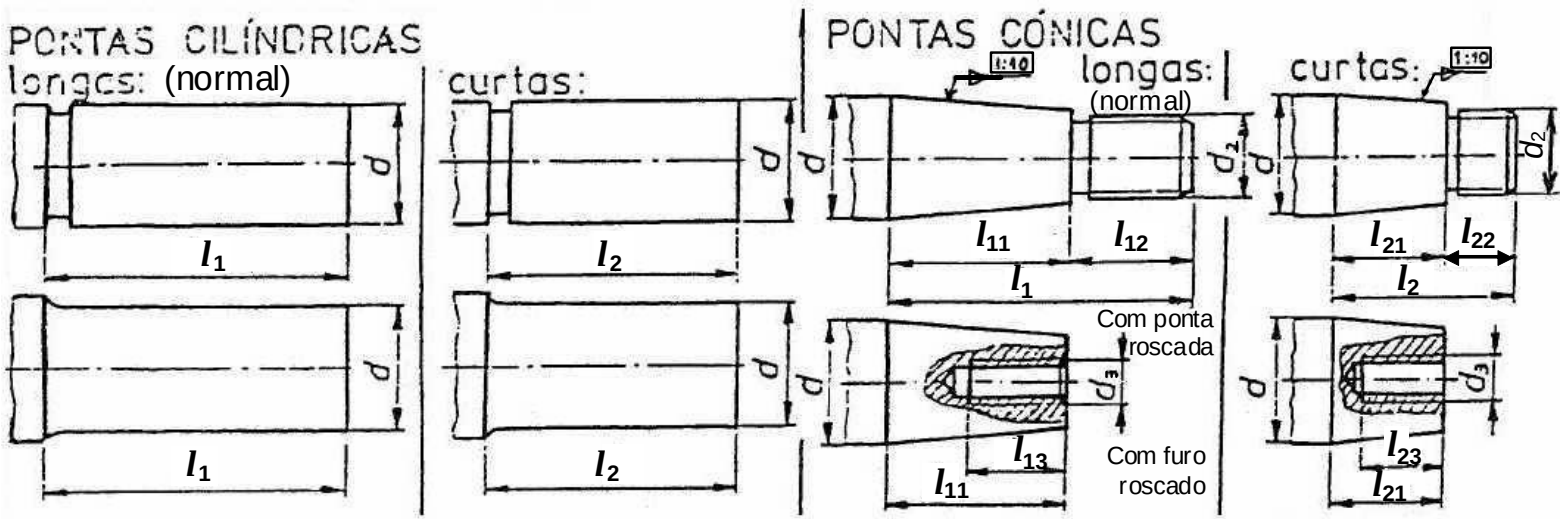
As **pontas dos veios** podem ser **cilíndricas** ou **cónicas (C = 1:10)** e, em cada caso, **curtas** ou **longas**.

2.3 – Designação das pontas de veios

A designação de uma ponta de veio é feita mencionando, sucessivamente:

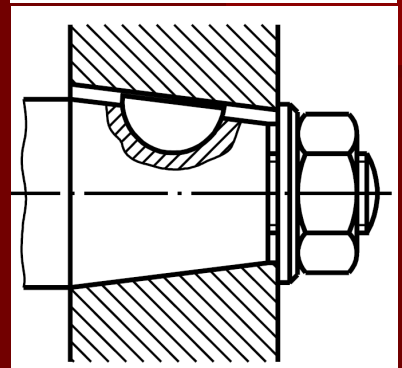
- Ponta de veio.
- Forma (cilíndrica ou cónica).
- Comprimento (curta ou longa).
- Diâmetro nominal.
- Furo roscado ou extremidade roscada.

Exemplo: Ponta de veio cilíndrica, curta, ∅40 com furo roscado



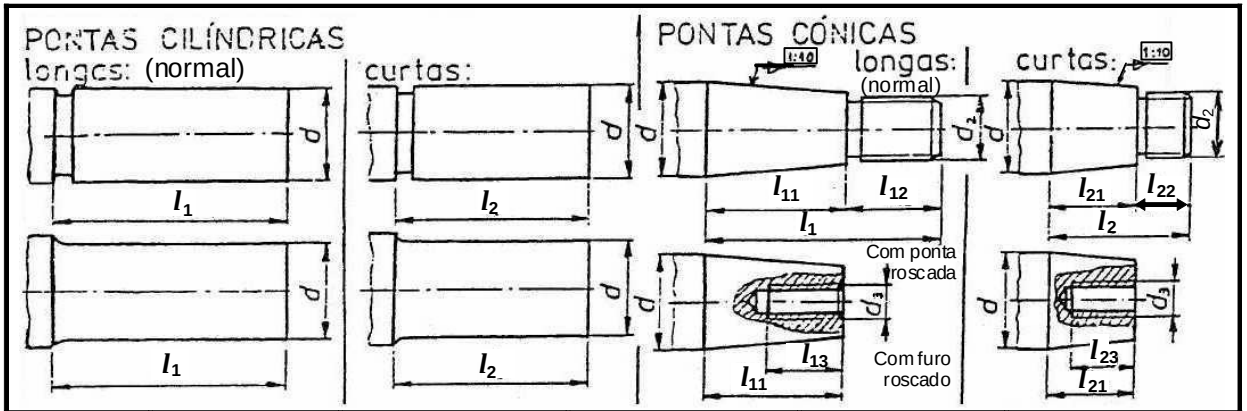
Pontas







Quadro 1 – Pontas de veio



Diâmetro da ponta		Ponta cilíndrica Longa	Ponta cilíndrica curta	Ponta cónica longa			Ponta cónica curta			Elementos roscados		Binário transmissível em N.m		
d	**toler.**	l_1	l_2	l_{11}	l_{12}	l_{13}	l_{21}	l_{22}	l_{23}	d_2	Md_3	C_1	C_2	C_3
6	**j6**	16		10	6					M4			0,307	0,145
7		16		10	6					M4			0,530	0,250
8		20		12	8					M6			0.850	0,40
9		20		12	8					M6			1,28	0,60
10		23	20	15	8					M6			1,85	0,875
11		23	20	15	8					M6			2,58	1,22
12		30	25	18	12	10				M8 x 1	M4		3,55	1,65
14		30	25	18	12	10				M8 x 1	M4		6,00	2,80
16		40	28	28	12	10	16	12	10	M10 x 1,25	M4		9,75	4,50
18		40	28	28	12	13	16	12	13	M10 x 1,25	M5		14,50	6,70
19		40	28	28	12	13	16	12	13	M10 x 1,25	M5		17,50	8,25
20		50	36	36	14	16	22	14	16	M12 x 1,25	M6		21,20	9,75
22		50	36	36	14	16	22	14	16	M12 x 1,25	M6		29,00	13,60
24		50	36	36	14	16	22	14	16	M12 x 1,25	M6		40,00	18,50
25		60	42	42	18	19	24	18	19	M16 x 1,5	M8		46,20	21,20
28		60	42	42	18	19	24	18	19	M16 x 1,5	M8		69,00	31,50
30		80	58	58	22	22	36	22	22	M20 x 1,5	M10	205	87,50	40,00
32	**k6**	80	58	58	22	22	36	22	22	M20 x 1,5	M10	250	109	50,0
35		80	58	58	22	22	36	22	22	M20 x 1,5	M10	325	150	69,0
38		80	58	58	22	28	36	22	28	M24 x 2	M12	425	200	92,5
40		110	82	82	28	28	54	28	28	M24 x 2	M12	487	236	112
42		110	82	82	28	28	54	28	28	M24 x 2	M12	560	280	132
45		110	82	82	28	36	54	28	36	M30 x 2	M16	710	355	170
48		110	82	82	28	36	54	28	36	M30 x 2	M16	850	450	212
50		110	82	82	28	36	54	28	36	M36 x 3	M16	950	515	243
55	**m6**	110	82	82	28	42	54	28	42	M36 x 3	M20	1280	730	345
60		140	105	105	35	42	70	35	42	M42 x 3	M20	1650	975	462

OBSERVAÇÕES: Os **furos dos cubos** a ajustar nestas pontas de veio deverão ter tolerâncias:
H7 – no caso de uniões e de tambores; **K7** – no caso de uniões rígidas e de rodas dentadas.

3 – ENCHAVETAMENTOS LIVRES

3.1 - CHAVETAS PARALELAS

3.1.1 – Normas

ISO/R 773: 1969 – Rectangular or square parallel keys and their corresponding keyways (norma anulada, mas actualmente ainda não substituída).

ISO 2491: 1974 – Thin parallel keys and their corresponding keyways.

NP 360: 1964 – Chavetas paralelas normais.

NP 361: 1964 – Chavetas paralelas finas.

NP 362: 1964 – Chavetas paralelas para máquinas-ferramenta.



3.1.2 – Características

Chavetas paralelas (normais ou finas), chavetas paralelas fixadas por parafusos ou chavetas-disco.

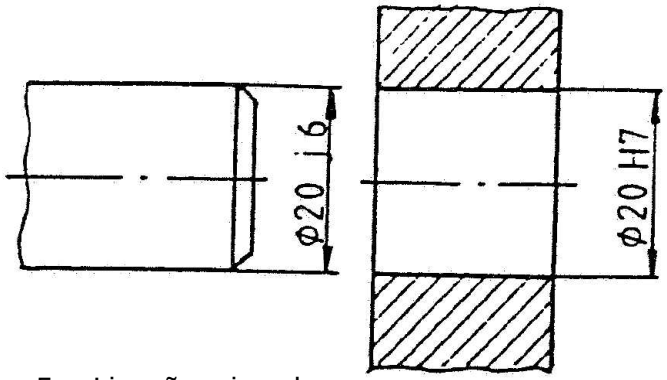


Figura 5 – Ligação veio-cubo

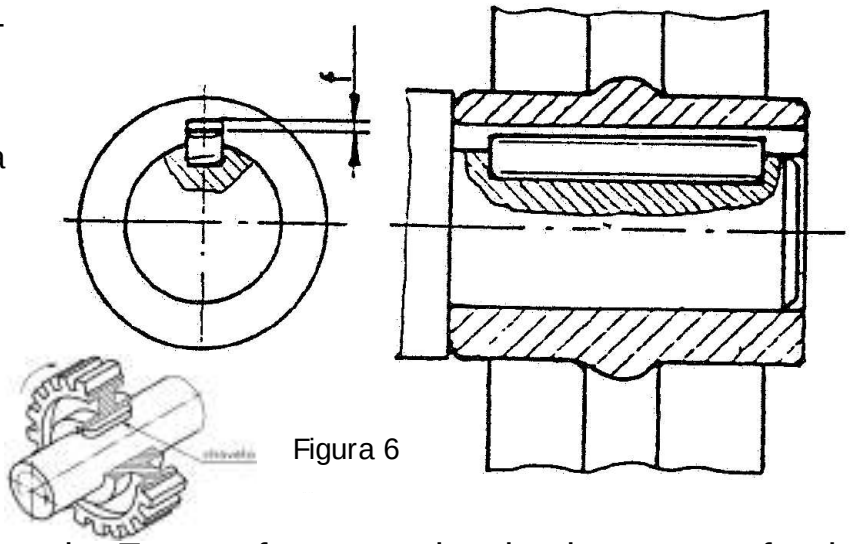


Figura 6

A chaveta é alojada, no escatel do veio. Entre a face superior da chaveta e o fundo do escatel do cubo existe uma **folga *f***.

Pontas de veio e enchavetamentos

A **largura da chaveta** tem uma tolerância **h9**.

A **largura do escatel do veio** tem, normalmente, uma tolerância **N9**, o que dá origem a um ajustamento incerto (preso) (**N9/h9**).

A **largura do escatel do cubo** pode ser toleranciada por:

D10 - ajustamento c/ folga (**D10/h9**) usado em uniões com movimentos de translação.

JS9 - ajustamento incerto (c/ guiamento) (**JS9/h9**) usado em uniões centradoras.

P9 - ajustamento apertado (**P9/h9**) usado em uniões submetidas a cargas cíclicas.

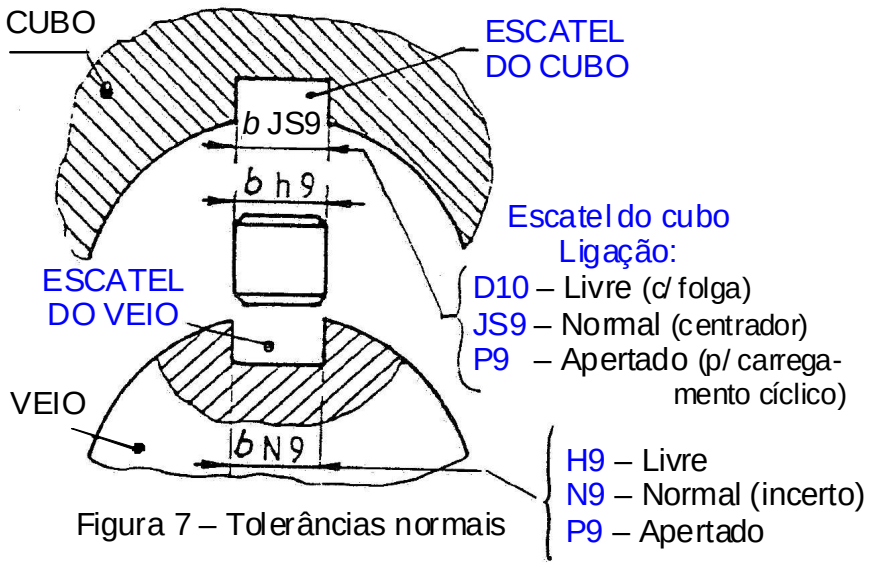


Figura 7 – Tolerâncias normais

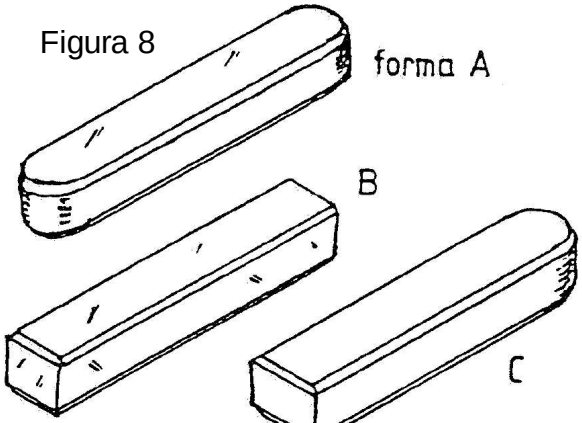


Figura 8

Figura 9

Figura 10

As chavetas paralelas podem ter três formas:

Pontas de veio e enchavetamentos

3.1.3 – Designação

- Chaveta
- Forma (ou tipo)
- Largura *b* x altura *h* x comprimento *L*
- Norma

Por exemplo:

Chaveta paralela A 8 x 7 x 40 ISO/R 773 (ou NP 360)



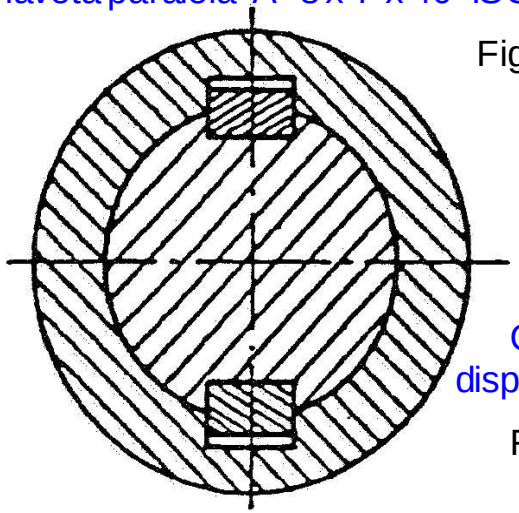
Chaveta paralela A 8 x 7 x 40 ISO/R 773

Figura 11

3.1.4 – Configurações de enchavetamentos

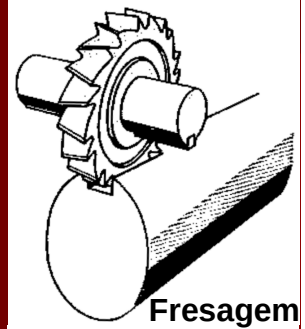
Em cubos de paredes finas, podem utilizar-se duas **chavetas** finas **dispostas a 180º**.

Esta disposição facilita também a obtenção de um **equilíbrio dinâmico**.



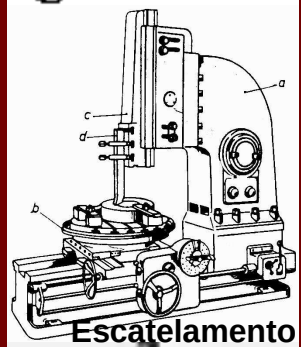
Chavetas dispostas a 180º

Figura 12



Fresagem





Escatelamento



Brochagem

3.1.5 – Escatéis

O **escatel do veio** é aberto por fresagem.

A abertura do escatel no veio, para **chavetas de formas A** e **C**, é realizada com uma **fresa de topo**.

O **escatel do veio deve ter um comprimento superior ao da chaveta em 0,5 a 1 mm**.

Os escatéis em veios, para **chavetas de forma B**, são abertos com **fresas-disco**.

Acabamentos de superfície:

Ra 3,2 μm – nas faces laterais de trabalho, em uniões simples.

Ra 1,6 μm – nas faces laterais de trabalho, em uniões cuidadas.

Ra 6,3 μm – nos fundos (ou bases).

3.1.6 – Comprimentos das chavetas

Os comprimentos das chavetas paralelas deverão ser, aproximadamente:

$$L \approx 1{,}5\ d$$

adoptando os **comprimentos normais** L = 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 71, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 220, 250, 280, 320, 400 mm.



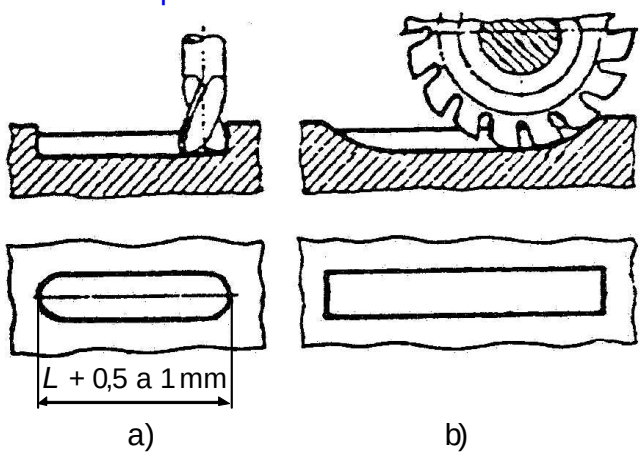


Figura 13 – Abertura de escatéis

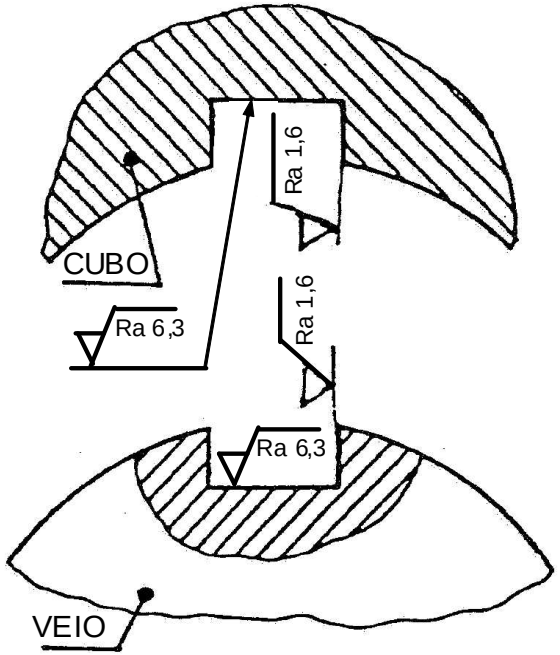


Figura 14 – Rugosidade das faces dos escatéis

Pontas de veio e enchavetamentos


Fresagem com fresa-disco


Fresa-disco


Brochas

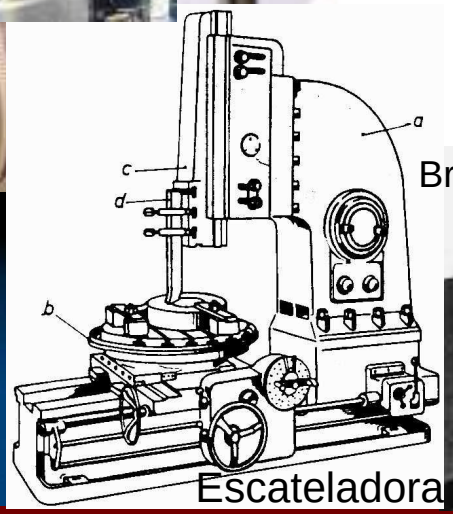

Máquina de brochar


Escatelamento com guiamento

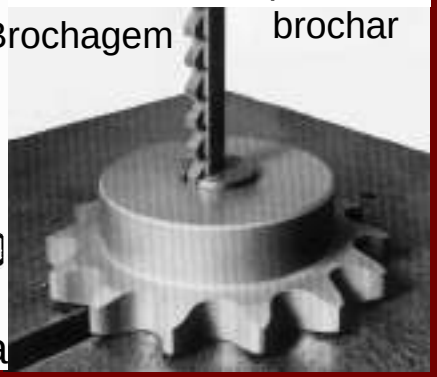

Fresagem com fresa de topo

Abertura de escatel ao torno com fresa de topo

Escatel



Escateladora


Brochagem

3.1.7 – Chavetas-guia

Chavetas paralelas (longas) **fixadas no escatel do veio, c/ parafusos C ou CHC**, com as cabeças alojadas em caixas existentes, nas chavetas de formas A ou B.

Para funcionamentos com choques e se há um movimento guiado de translação do cubo (***d*** ≤ ***L*** ≤ **2,5** ***d***).

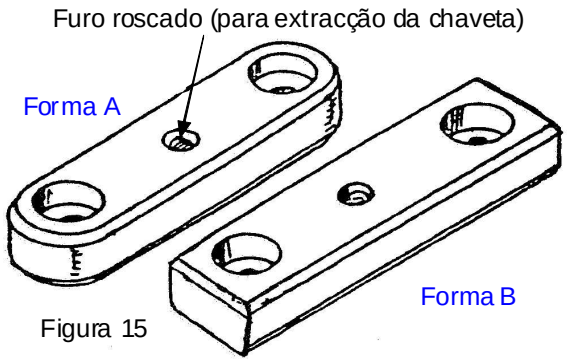


Figura 15



3.1.8 – Fixação axial

A ligação em translação de um enchavetamento livre pode ser concretizada por:

- Porca hexagonal (H) ou porca cilíndrica com ranhuras (ou estrias.
- Parafuso de cabeça hexagonal (H) e anilha plana.

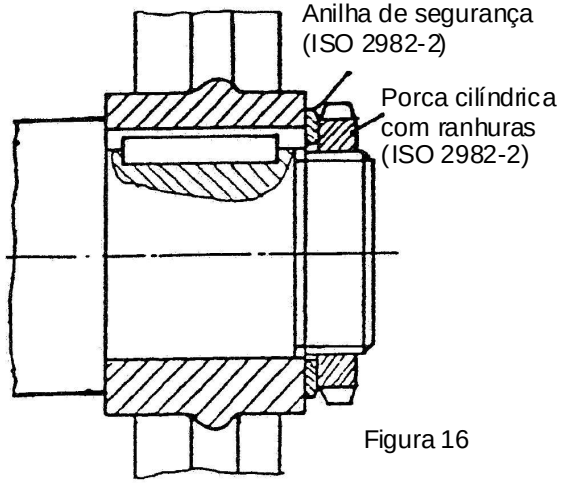


Figura 16



3.1.9 – Materiais das chavetas

Chavetas correntes: aço-carbono AFNOR **A 50** (Re ≥ 30 daN/mm^2) e **E 36** (Re ≥ 36 daN/mm^2) ou DIN **St 50-1 K** e **St 60-2 K**; em **uniões fortemente solicitadas**: aço-carbono de construção AFNOR **XC 48** ou DIN **Ck 45** (Re ≥ 37 daN/mm^2) com tratamento térmico e faces laterais de trabalho rectificadas.

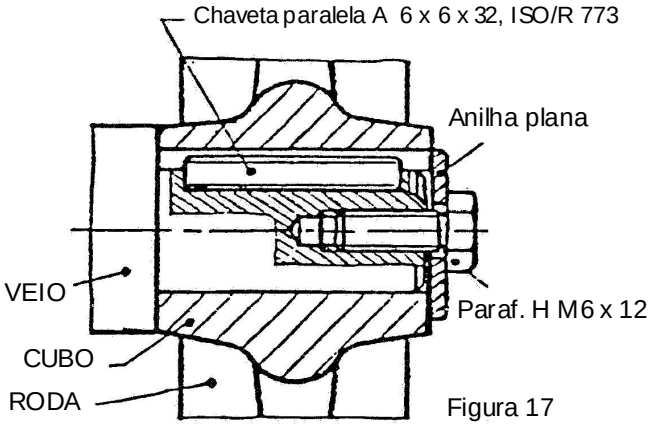
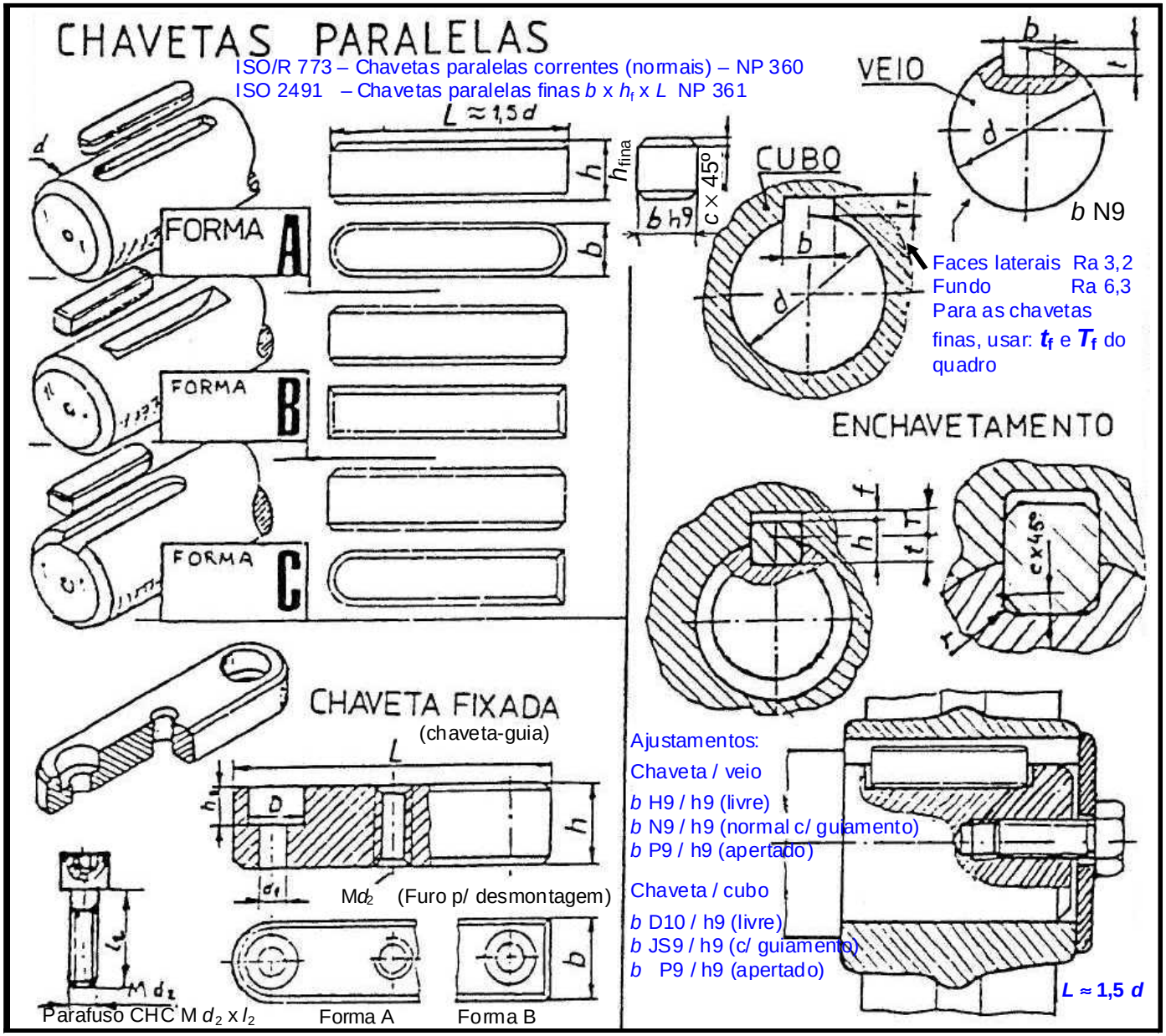


Figura 17



Quadro 2 – Chavetas paralelas



Pontas de veio e enchavetamentos

Os **valores dimensionais** indicados no quadro seguinte pressupõem uma **classe de material** com $Rm \geq 60$ daN/mm^2 e $Re \geq 34$ daN/mm^2.

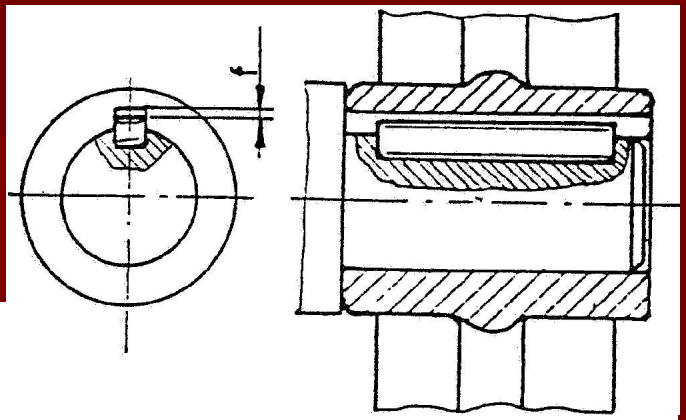
DIÂMETROS dos veios de (>)	até incl.	CHAVETAS correntes b h9	h	finas b	h_f	Comprimento L min.	max.	Paraf. CHC ou C $Md_2 \times l_2$	ESCATÉIS Veio t	t_{fino}	Cubo T	T_{fino}	Chanfro e arredondado c_{max}	c_{min} r_{max}	r_{min}
6	8	2	2 h9			6	20		1,2 $^{+0,1}_{0}$		1 $^{+0,1}_{0}$		0,25	0,16	0,08
8	10	3	3			6	36		1,8		1,4				
10	12	4	4			8	45		2,5		1,8				
12	17	5	5	5 h9	3 h11	10	56		3	1,8	2,3	1,4	0,4	0,25	0,16
17	22	6	6	6	4	14	71	M2,5x6	3,5	2,5	2,8	1,8			
22	30	8	7 h11	8	5	18	90	M3x8	4 $^{+0,2}_{0}$	3	3,3 $^{+0,2}_{0}$	2,3			
30	38	10	8	10	6	22	110	M4x10	5	3,5	3,3	2,8	0,6	0,4	0,25
38	44	12	8	12	6	28	140	M5x10	5	3,5	3,3	2,8			
44	50	14	9	14	6	36	160	M6x10	5,5	3,5	3,8	2,8			
50	58	16	10	16	7	45	180	M6x10	6	4	4,3	3,3			
58	65	18	11	18	7	50	200	M8x10	7	4	4,4	3,3			
65	75	20	12	20	8	56	220	M8x10	7,5	5	4,9	3,3	0,8	0,6	0,4
75	85	22	14	22	9	63	250	M10x12	9	5,5	5,4	3,8			
…	…	…	…	…	…	…	…	… …	…	…	…	…			

Comprimentos normais L = 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 71, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 220, 250, 280, 320, 400 mm. ($L \approx 1{,}5\ d$)

Exemplo: **Chaveta paralela A $b \times h \times L$ ISO/R 773** ex.: 8 x 7 x 40 (corrente ou normal)

Chaveta paralela fina A $b \times h_f \times L$ ISO2491 ex.: 8 x 5 x 40 (fina)

Pontas de veio e enchavetamentos



3.1.11 – Exemplo

Um motor eléctrico trifásico de 3 kW tem uma ponta de veio longa com ∅28 j6 x 60, de material com Re ≥ 37 daN/mm^2.

Determinar.

a) A chaveta ($L \approx 1{,}5\ d$)

c/ $L \approx 1{,}5\ d = 1{,}5 \times 28 = 42 \approx 45$

Chaveta paralela A 8h9 x 7h11 x 45, ISO/R 773

b) O escatel do veio [c/ $l = L + (0{,}5 \text{ a } 1)$]

$b = 8\ \text{N9};\quad t = 4\ ^{+0,2}_{0};\qquad l = 45 + 1 = 46$

c) O cubo, alargando o furo de stock para ∅28 H7 e abrindo um escatel com

$b = 8\ \text{JS9 (corrente)};\quad T = 3{,}3\ ^{+0,2}_{0}$ e

l = ao comprimento do cubo

d) A folga entre a chaveta e o fundo (base) do escatel do cubo

$$f = (t + T) - h = (4\ ^{+0,2}_{0} + 3{,}3\ ^{+0,2}_{0}) - 7\ \text{h11} =$$

$$f = 0{,}3\ ^{+0,49}_{0} \qquad \text{c/}\ 7\ \text{h11}\ ^{0}_{(-0,09)}$$

3.2 – CHAVETAS-DISCO OU WOODRUFF

3.2.1 – Normas

ISO 3912: 1977 – Woodruff keys and keyways

NP 363: 1964 – Enchavetamentos livres – Chaveta-disco.

NP 364: 1964 – Chavetas-disco.

DIN 6888: 1956 - Drive Type Fastenings without Taper Action; Woodruff Keys, Dimensions and Application







3.2.2 – Características

Para **enchavetamentos livres**, em uniões que transmitem **momentos torsores baixos**.

Vantagens tecnológicas:

- **Uma fabricação do escatel do veio fácil e de precisão**, utilizando uma fresa-disco.
- **Uma fabricação fácil das chavetas** (a partir de barra de secção semicircular maciça).
- **Uma extracção mais fácil das chavetas** (basta bater numa das suas extremidades).
- **Uma maior aderência da chaveta ao escatel do veio**, devido à maior profundidade deste.



Fresa-disco

Figura 18

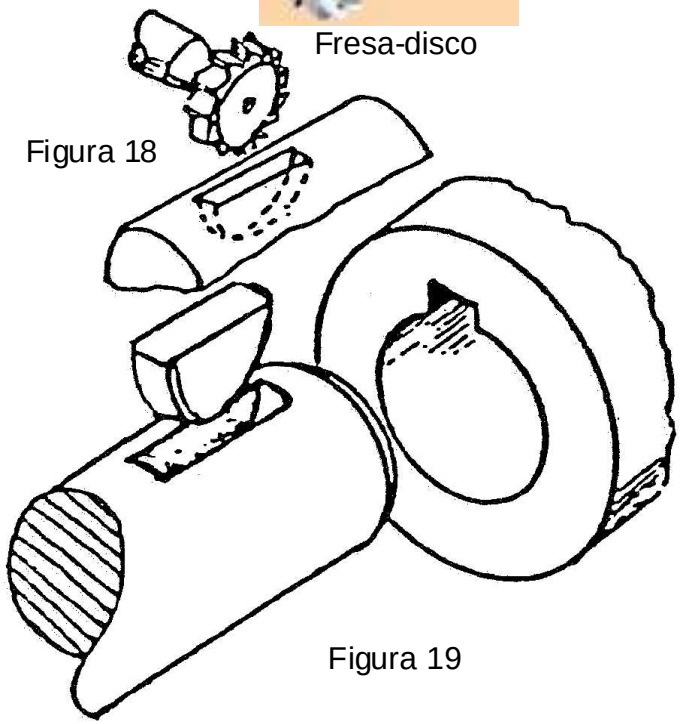
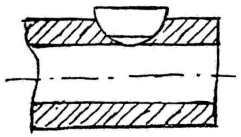


Figura 19

Pontas de veio e enchavetamentos

As **chavetas-disco** usam-se em veios maciços de pequeno diâmetro, para a transmissão de pequenas potências.

Em veios ocos, utilizam-se **chavetas-disco truncadas**.



Material das chavetas: aço DIN **St 60**

c/ Rm ≥ 600 MPa

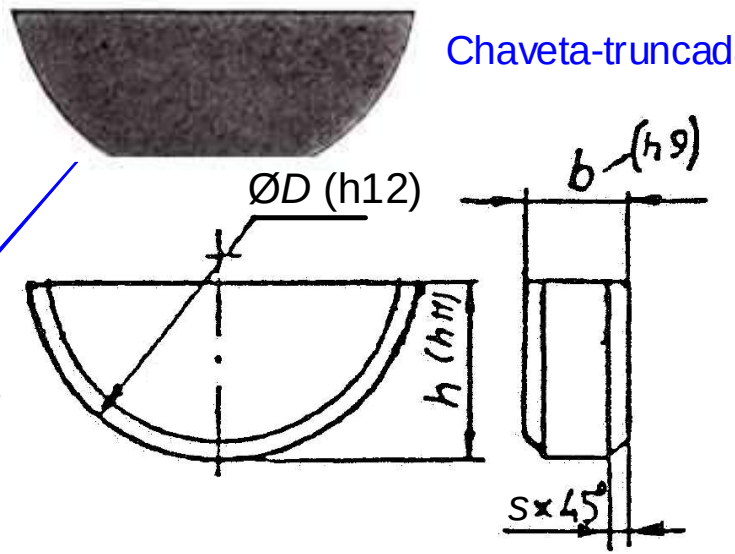


Figura 20 – Chaveta disco

3.2.3 – Escatéis

Ajustamento Chaveta / escatel do veio

A **chaveta-disco com uma largura *b* h9** deve ser ajustada no escatel do veio:

N9/h9 – ajustamento incerto (preso) (corrente).

P9/h9 – ajustamento apertado. para produção em série.

Ajustamento Chaveta / escatel do cubo

A **chaveta-disco com uma largura *b* h9** deve ser ajustada em relação às faces laterais do escatel do cubo:

JS9/h9 – ajustamento incerto (c/ guia-mento) (corrente)

P9/h9 – ajustamento apertado para produção individual ou em série.

P

3.2.4 – Ajustamento veio-cubo

A **ponta do veio** e o **furo do cubo** podem ser **cilíndricos ou cónicos**.

Nos **veios cónicos**, a chaveta pode ser colocada com uma orientação paralela ao eixo do veio ou com uma orientação paralela à geratriz do cone do veio.





3.2.5 – Designação das chavetas-disco

- Chaveta-disco
- Largura *b* x altura *h*
- Norma

Por exemplo:

Chaveta-disco 5 x 7,5 ISO 3912
(ou NP 364)

3.2.6 – Fixação axial (ou em translação)

A ligação em translação de um enchave-tamento livre pode ser concretizada por:

- Porca hexagonal (H) e anilha plana.
- Porca cilíndrica com ranhuras (ou estrias) e anilha de segurança.
- Parafuso de cabeça hexagonal (H) e anilha plana.

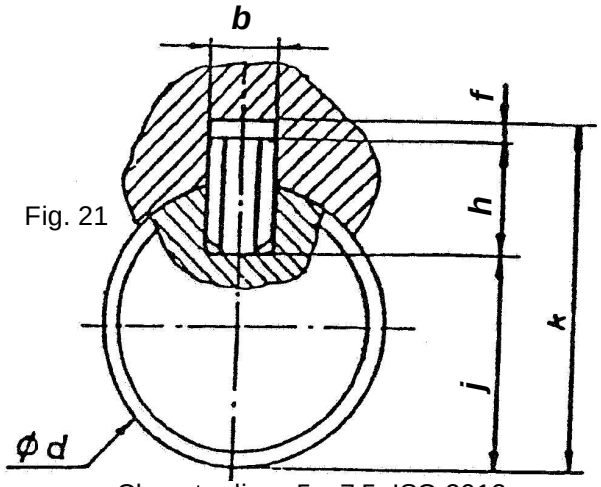
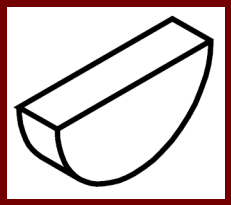


Fig. 21



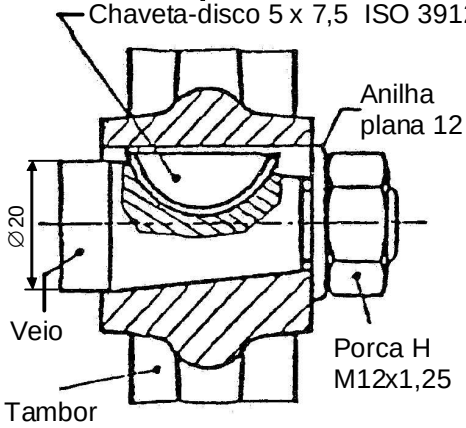


Fig. 22



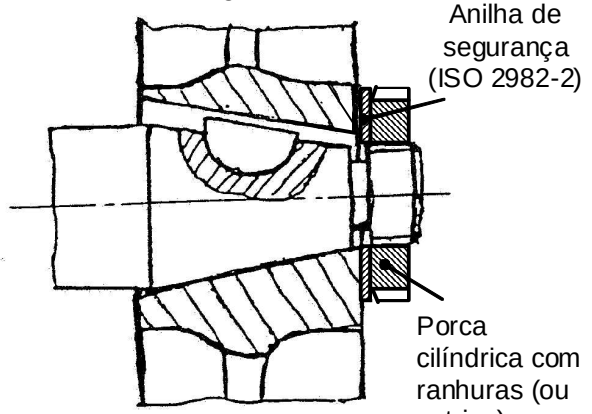


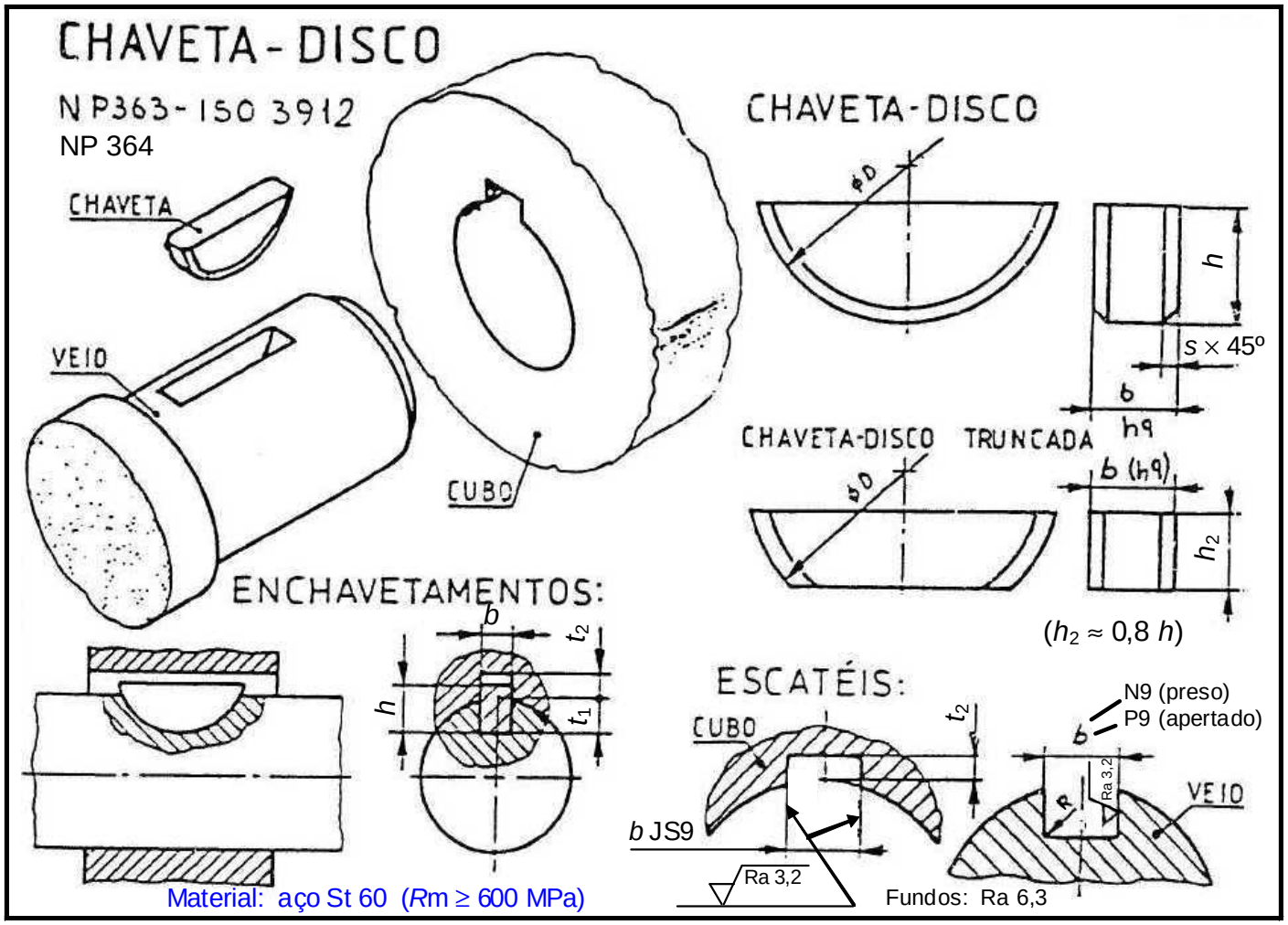
Fig. 23



Pontas de veio e enchavetamentos

3.2.7 – Dimensões

Quadro 3 – Chavetas-disco



Pontas de veio e enchavetamentos







Ponta de veio				Chavetas-disco						Escatel		Chanfro e arredondado		
Série 1 Transmissão de momento torsor Diâmetros		Série 2 Apenas fixação ou posicionamento Diâmetros		Largura	Altura	Diâmetro	Chanfro		Truncada	Veio	Cubo		R_{max}	R_{min}
de	até	de	até	b (h9)	h (h11)	D (h12)	s_{min}	s_{max}	h_2	t_1	t_2	s_{max}	s_{min}	
>	Incl.									+0,1	+0,1			
3	4	3	4	1,0	1,4	4	0,16	0,25	1,1	1,0 0	0,6 0	0,25	0,16	0,08
4	5	4	6	1,5	2,6	7			2,1	2,0	0,8			
5	6	6	8	2,0	2,6	7			2,1	1,8	1,0			
6	7	8	10	2,0	3,7	10			3,0	2,9	1,0			
7	8	10	12	2,5	3,7	10			3,0	2,7	1,2			
										+0,2				
8	10	12	15	3,0	5,0	13			4,0	3,8 0	1,4			
10	12	15	18	3,0	6,5	16			5,2	5,3	1,4			
12	14	18	20	4,0	6,5	16	0,25	0,4	5,2	5,0	1,8	0,40	0,25	0,16
14	16	20	22	4,0	7,5	19			6,0	6,0	1,8			
16	18	22	25	5,0	6,5	16			5,2	4,5	2,3			
18	20	25	28	5,0	7,5	19			6,0	5,5	2,3			
										+0,3				
20	22	28	32	5,0	9,0	22			7,2	7,0 0	2,3			
22	25	32	36	6,0	9,0	22			7,2	6,5	2,8			
											+0,2			
25	28	36	40	6,0	10,0	25			8,0	7,5	2,8 0			
28	32	40	--	8,0	11,0	28	0,4	0,6	8,8	8,0	3,3	0,60	0,40	0,25
32	38	--	--	10,0	13,0	32			10,4	10,0	3,3			
…	…	…	…	…	…	…				…	…			

Designação: **Chaveta-disco ISO 3912 – *b* x *h*** (normal) Chaveta-disco ISO 3912 – 5 x 6,5

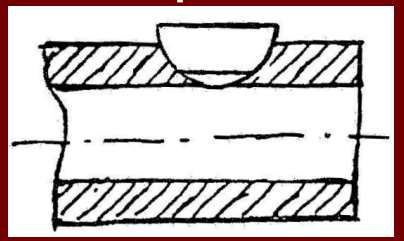
Chaveta-disco ISO 3912 – *b* x *h* (truncada) Chaveta-disco ISO 3912 – 5 x 5,2

Valores indicados admitindo uma **classe de material** com Rm ≥ 60 daN/mm^2 = 600 MPa (aço St 60).

OBSERVAÇÕES:

Para cada veio de diâmetro ∅*d*, não é obrigatória a utilização da chaveta indicada, no quadro 3, para esse veio.

Nos casos de aplicações para a transmissão de pequenas potências ou **em** ligações onde os cubos têm paredes finas ou os veios são ocos é conveniente usar chavetas de dimensões menores do que as indicadas no quadro, desde que se continue a garantir a capacidade de transmissão da potência pretendida.



4 – ENCHAVETAMENTOS FORÇADOS

4 1 - CHAVETAS INCLINADAS

4.1.1 – Normas

ISO/R 774: 1969 – Taper keys with or without gib head and their corresponding keyways (norma anulada, mas actualmente ainda não substituída).

ISO 2492: 1974 – Thin taper keys with or without gib head and their corresponding keyways.

NP 349: 1964 – Chavetas de cunha sem cabeça.

NP 350: 1964 – Chavetas de cunha com cabeça.

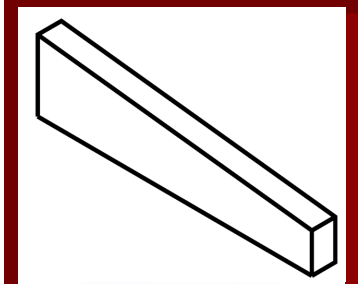
NP 352: 1964 – Chavetas de cunha finas s/ cabeça.

NP 353: 1964 – Chavetas de cunha finas c/ cabeça.

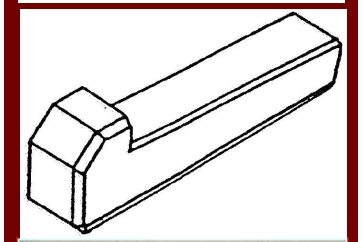
4.1.2 – Características

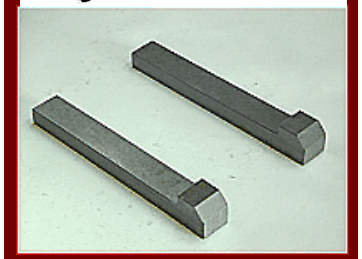
Um enchavetamento forçado é materializado por meio de vários tipos de **chavetas inclinadas** (**ou chavetas de cunha**):

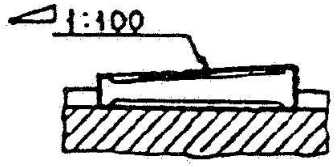
- **Chaveta inclinada da forma A**, com as extremidades redondas.
- **Chavetas inclinadas da forma B**, com as extremidades planas.
- **Chavetas inclinadas da forma C** com uma extremidade redonda e outra plana.
- **Chavetas inclinadas com cabeça**.











Forma **A**

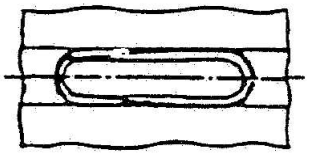
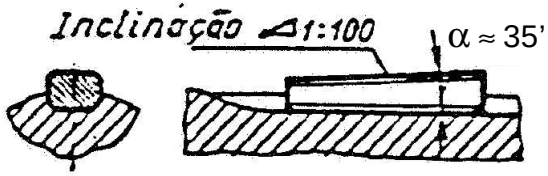


Figura 25

DIN 6886: 1967 e DIN 6883: 1956 (ch. finas)



Forma **B**

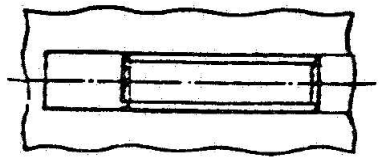
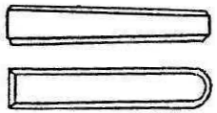


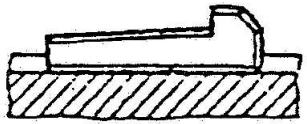
Figura 26

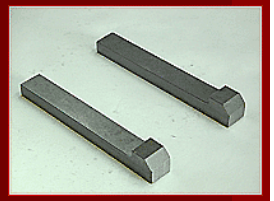


Forma **C**

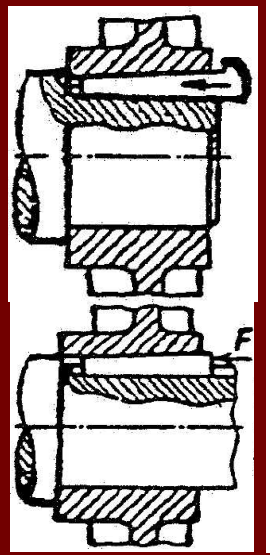
Chavetas utilizadas, sobretudo, para frequências de rotação baixas.

DIN 6887: 1968 e DIN 6884: 1956 (ch. finas)









A **altura nominal** das **chavetas inclinadas com cabeça** deve ser medida na secção nominal.

No caso de **chavetas inclinadas sem cabeça**, a sua altura nominal deve ser medida na extremidade mais alta.

A **face superior** de uma chaveta de cunha tem uma **inclinação de 1:100** em relação à face inferior.

4.1.3 – Escatéis

No **veio**, a chaveta é alojada no escatel com um ajustamento livre **D10/h9** com as faces laterais do escatel.

No **cubo**, a chaveta é alojada no escatel com um ajustamento livre **D10/h9** com as faces laterais do escatel.

A **ligação completa entre o veio e o cubo** resulta da **acção do atrito** entre a face inclinada superior da chaveta e a face do fundo do escatel do cubo. A fraca inclinação das faces em contacto induz importantes forças normais às superfícies.

DIN 6887: 1968 e DIN 6884: 1956 (ch. finas)

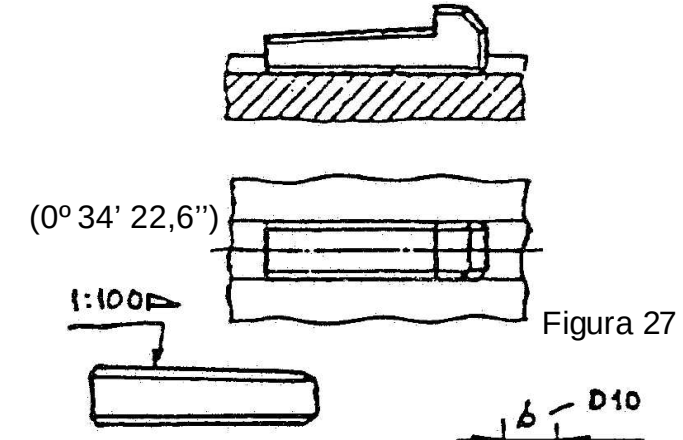


Figura 27

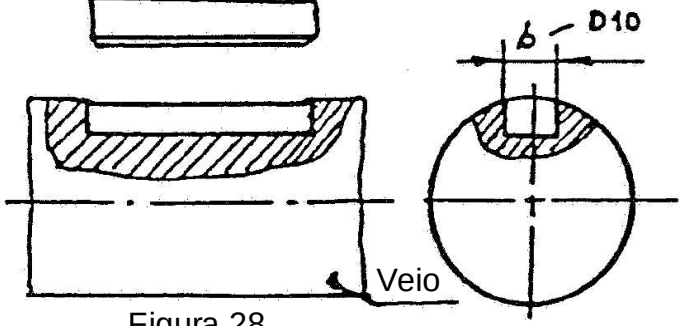


Figura 28

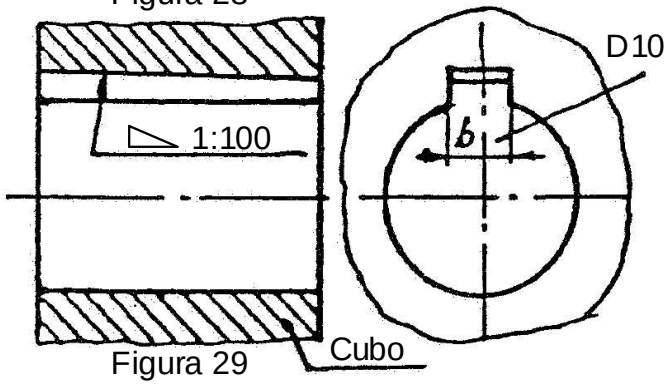


Figura 29

As forças normais às superfícies dão origem a forças de atrito elevadas nas superfícies em contacto, garantido ligação eficaz, por aderência, entre o veio e o cubo.

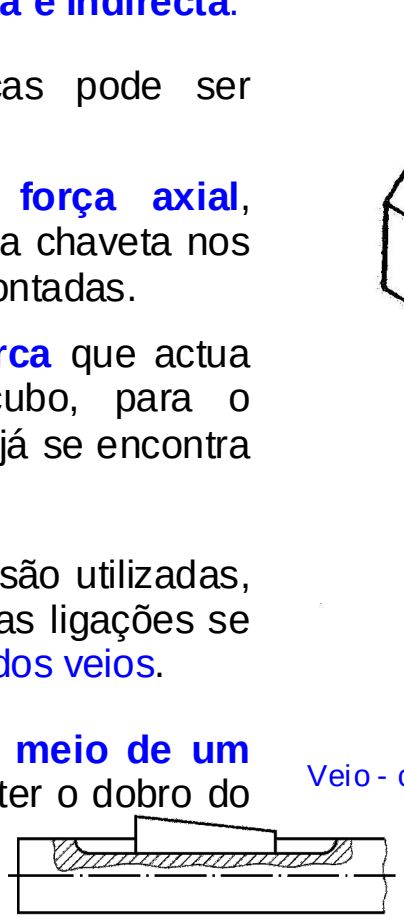
As peças estão ligadas em rotação e em translação. Trata-se, pois, de uma **ligação desmontável, completa e indirecta**.

A ligação das duas peças pode ser conseguida:

- **Por acção de uma força axial**, exercida para introduzir a chaveta nos escatéis das peças já montadas.
- **Por acção de uma porca** que actua axialmente sobre o cubo, para o ajustar ao veio, no qual já se encontra alojada a chaveta.

As **chavetas com cabeça** são utilizadas, preferencialmente, quando as ligações se realizam nas extremidades dos veios.

Numa **ligação realizada a meio de um veio**, o escatel deste deve ter o dobro do comprimento da chaveta.



Para desmontar uma chaveta c/ cabeça, usa-se um saca-chavetas

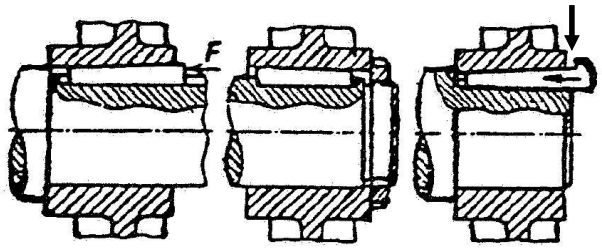
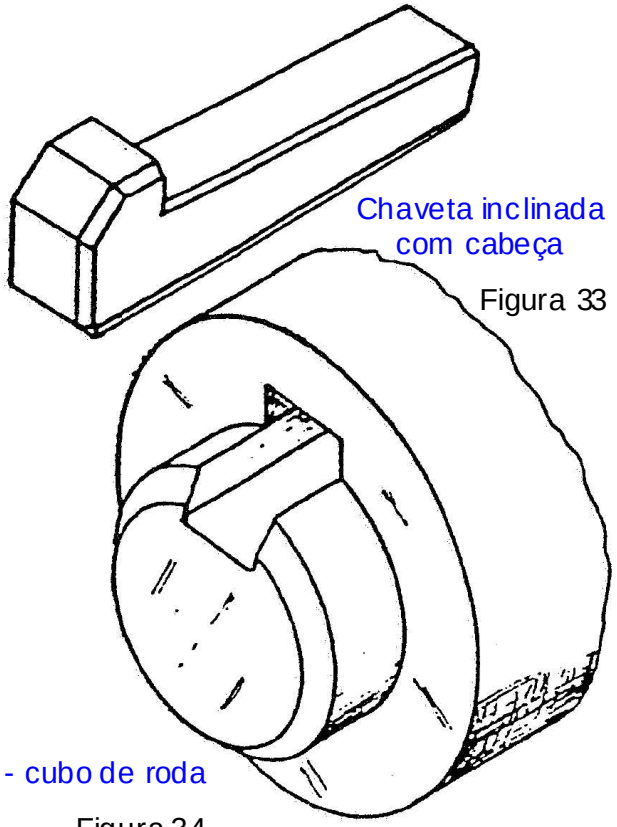


Figura 30 Figura 31 Figura 32





Chaveta inclinada com cabeça

Figura 33

Veio - cubo de roda

Figura 34

4.1.4 – Designação

- Chaveta inclinada (ou de cunha) com ou sem cabeça
- Forma (ou tipo)
- Largura *b* x altura *h* x comprimento *L*
- Norma

Por exemplo:

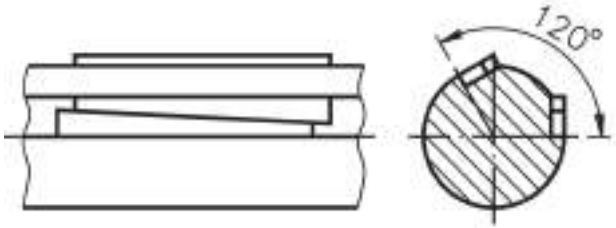
Chaveta inclinada A 16 x 10 x 63 ISO/R 774 (ou NP 349)

4.1.5 – Dimensões (ver quadro 4)

4.1.6 – Outros enchavetamentos forçados

Enchavetamentos materializados por:

- **Chavetas côncavas** (NP 354), com cabeça (NP 353, DIN 6889) e sem cabeça (NP 355, DIN 6881).
- **Chavetas tangenciais**, NP 368 e NP 369.



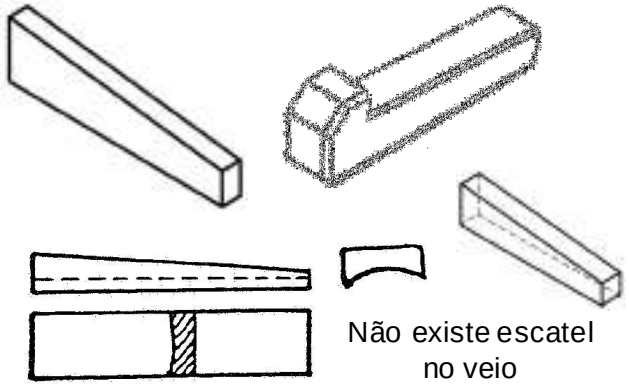
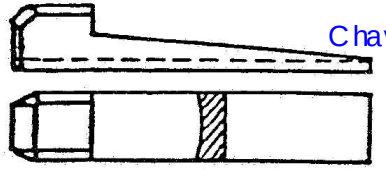
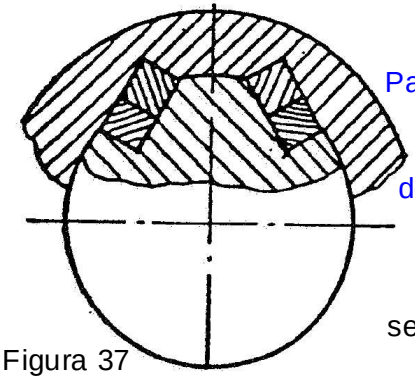


Figura 35 – Chaveta côncava (NP 355)



Chaveta côncava com cabeça (NP 353)

Figura 36



Para acoplamentos submetidos a esforços alternados (veios sujeitos a choques, com frequentes inversões do sentido de marcha)

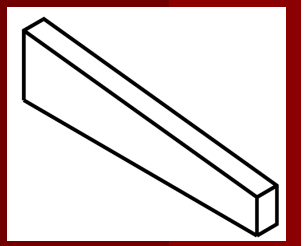
Figura 37

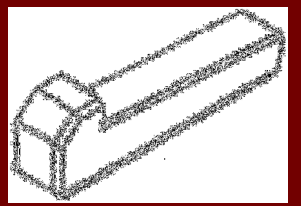
Chavetas tangenciais
NP 368, NP 369
DIN 268, DIN 271



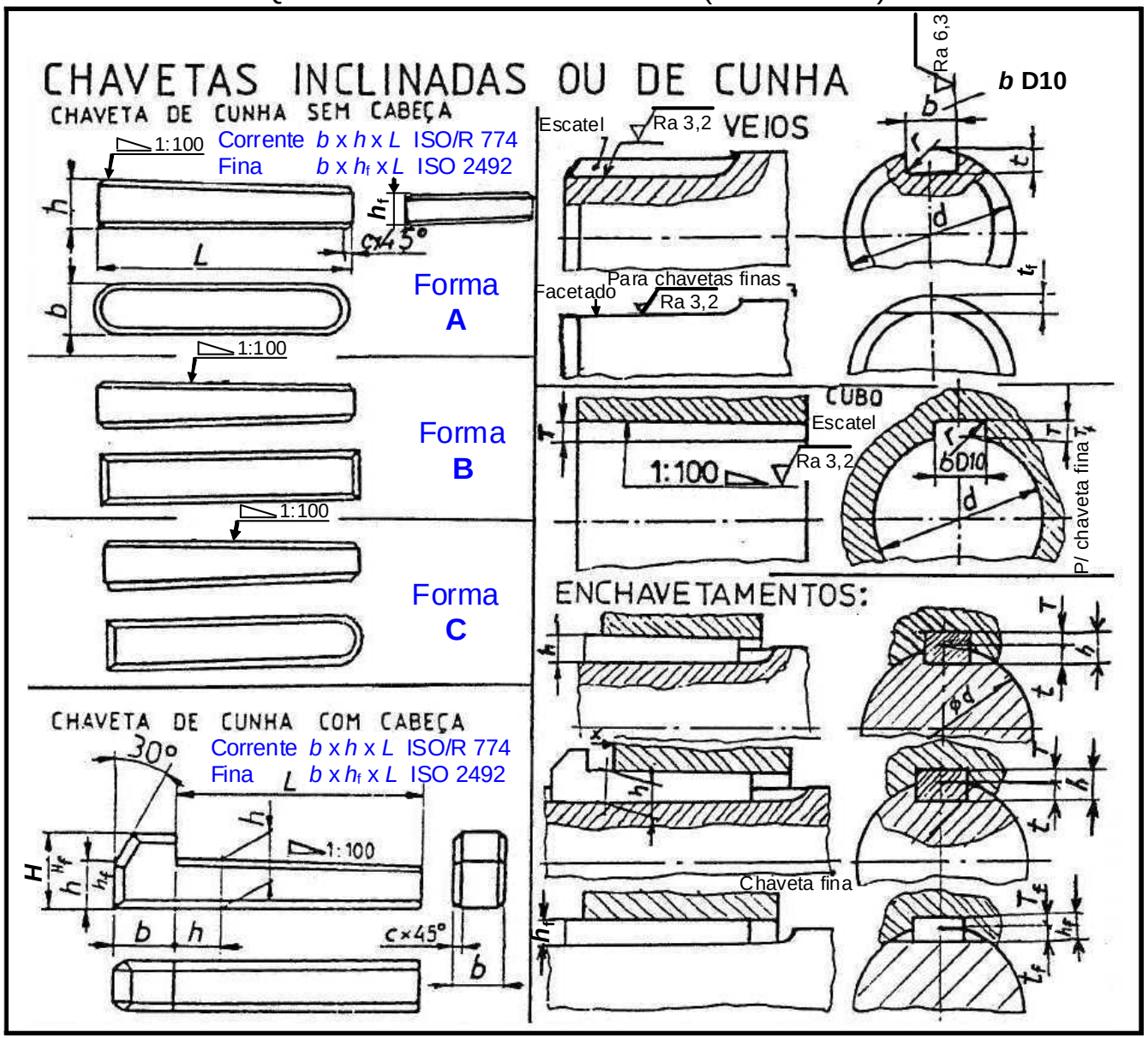
Figura 38

Pont

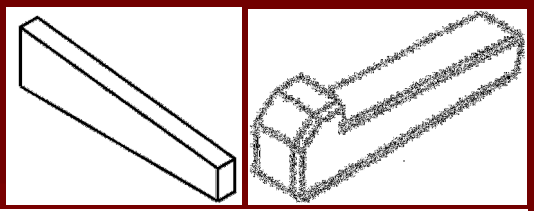




Quadro 4 – Chavetas inclinadas (ou de cunha)



Pontas de veio e enchavetamentos



Quadro 4 – Chavetas inclinadas (ou de cunha)

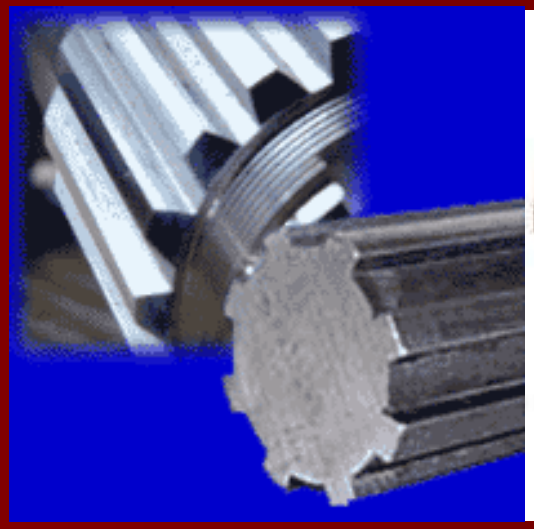
Diâmetro d (veios) de	até	Chavetas Corrente b	h	fina h_f	Comprimento L $L_{min.}$	$L_{max.}$	Chanfro c x 45º $c_{min.}$	$c_{max.}$	Cabeça H	H_f	Escatel do veio t	t_f	Escatel do cubo $k = d + T$	T_f	Arre-dondado $r_{min.}$	$r_{max.}$
6	8	2 h9	2 h9		6	20	0,16	0,25			1,2 +0,1/0		d + 0,5 +0,1/0		0,08	0,16
9	10	3	3		6	36					1,8		+ 0,9			
10	12	4	4		8	45			7		2,5		+ 1,2			
12	17	5	5		10	56	0,25	0,4	8		3 +0,2/0		+ 1,7 +0,2/0		0,16	0,25
17	22	6	6		14	71			10		3,5		+ 2,2			
22	30	8	7 h11	5 h11	18	90			11	8	4	3	+ 2,4	1,7		
30	38	10	8	6	22	110	0,4	0,6	12	10	5	3,5	+ 2,4	2,2	0,25	0,4
38	44	12	8	6	28	140			12	10	5	3,5	+ 2,4	2,2		
44	50	14	9	6	36	160			14	10	5,5	3,5	+ 2,9	2,2		
50	58	16	10	7	45	180			16	11	6	4	+ 3,4	2,4		
58	65	18	11	7	50	200			18	11	7	4	+ 3,4	2,4		
65	75	20	12	8	56	220	0,6	0,8	20	12	7,5	5	+ 3,9	2,4	0,4	0,6
75	85	22	14	9	63	250			22	14	9	5,5	+ 4,4	2,4		
85	95	25	14	9	70	280			22	14	9	5,5	+ 4,4	2,9		
95	110	28	16	10	80	320			25	16	10	6	+ 5,4	3,4		
110	130	32	18	11	90	360			28	18	11 +0,3/0	7	+ 6,4 +0,3/0	3,4		
…	…	…	…	…	…	…			…	…	…	…	…	…		

Comprimentos normais L = 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 71, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 220, 250, 280, 320, 400 mm.

Exemplo: **Chaveta inclinada A b x h x L ISO/R 774** ex.: 8 x 7 x 40 (corrente ou normal)
Chaveta inclinada fina A b x h_f x L ISO2492 ex.: 8 x 5 x 40 (fina)

Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP



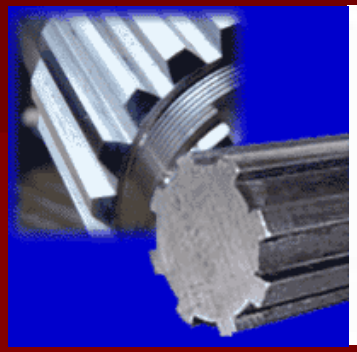


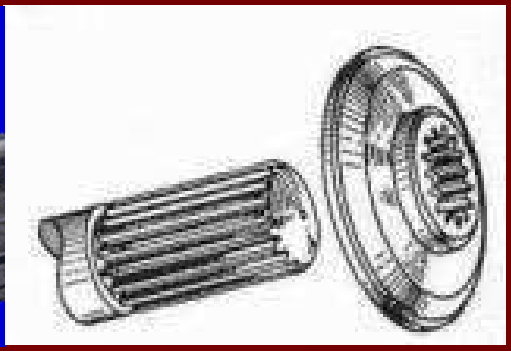


Acoplamentos por estrias



José António Almacinha





4.3.1 Generalidades

Os acoplamentos (“veio-cubo”) por estrias utilizam-se, normalmente, para transmitir potências elevadas.

Nos veios com estrias, as saliências comportam-se como chavetas solidárias com o veio, logo não o debilitando.

A ligação em rotação “veio-cubo”, obtida por intermédio das estrias, pode ser fixa ou móvel em translação (o caso mais habitual, com estrias de flancos paralelos).

Tipos de elementos estriados



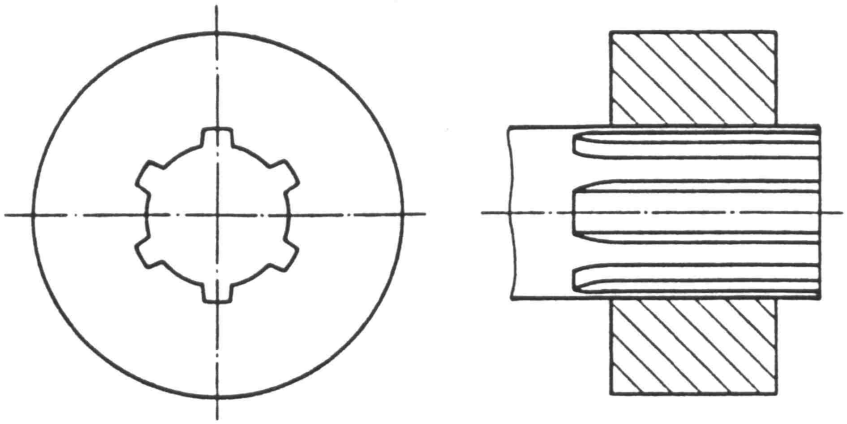




Elementos com estrias de flancos paralelos

Elementos de um acoplamento por estrias cujos dentes ou os intervalos entre dentes têm flancos com perfis rectos.

Símbolo 



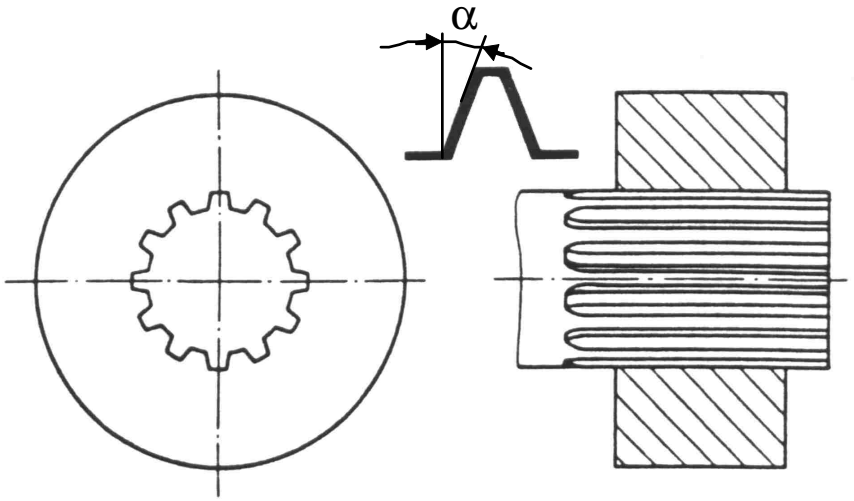
Representação real

Acoplamentos por estrias



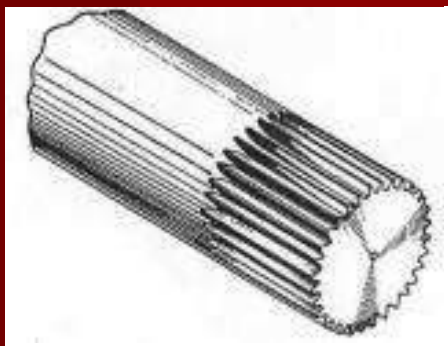
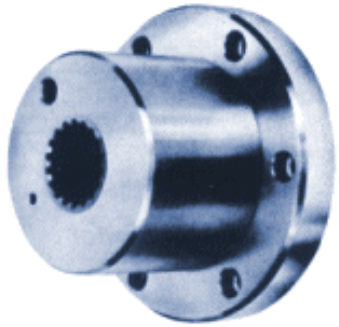
Elementos com estrias de flancos em evolvente

Elementos de um acoplamento por estrias, cujos dentes ou os intervalos entre dentes têm flancos com perfis em evolvente de círculo com ângulos de pressão (α) de 30º, 37,5º ou 45º. Símbolo 



Representação real

Acoplamentos por estrias

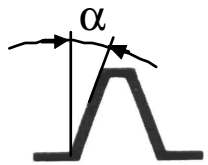



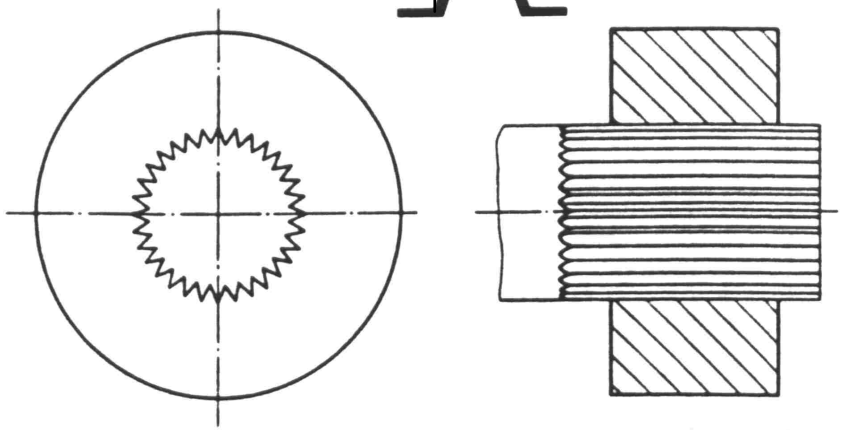


Elementos dentados

Elementos de um acoplamento por estrias cujos dentes ou os intervalos entre dentes têm, geralmente, flancos com perfis com um ângulo de pressão (α) de 60º.

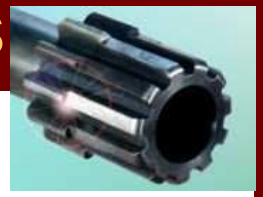
Símbolo 





Representação real

Elementos com estrias de flancos paralelos



A **centragem** das peças ajustadas pode ser:

- **INTERIOR (*d*)** – que é utilizada em montagens de maior exactidão e apresenta maiores superfícies de contacto do que a centragem exterior.
- **EXTERIOR (*D*)** – usada na ind. automóvel (económica - evitar).
- **PELOS FLANCOS (*b*)** – usada na série pesada.

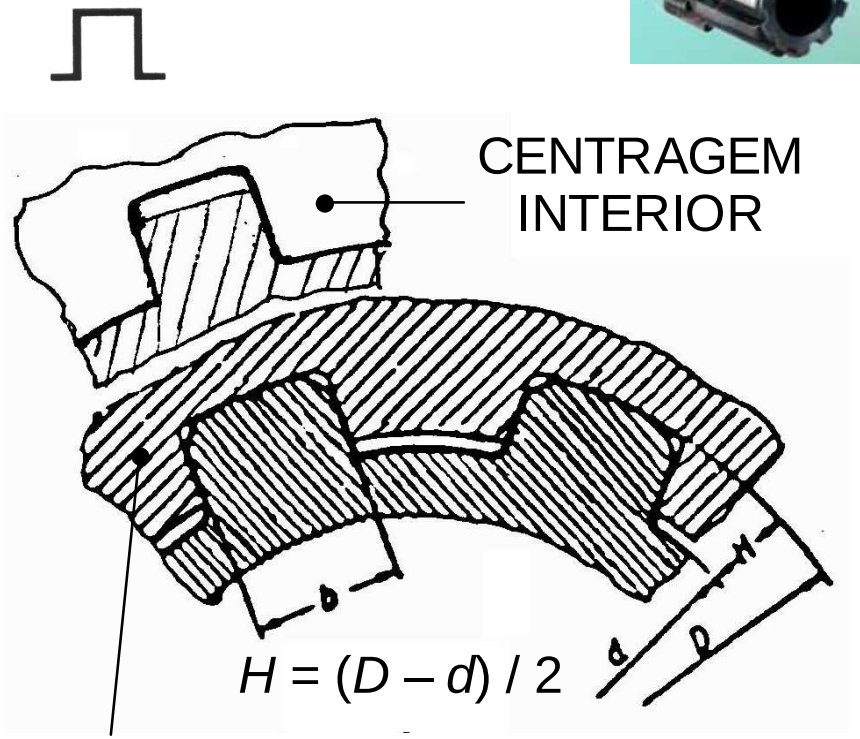


Figura 1 – Estrias de flancos paralelos

4.3.2 Ajustamentos





a) CENTRAGEM INTERIOR (*d*):

(maior exactidão)

Cubo		Veio			Centragem mais comum, porque menos difícil de obter, e de maior exactidão
s/ tratamento térmico após brochagem	c/ tratamento térmico após brochagem	Montagem deslizante	Montagem deslizante justa	Montagem fixa	
b **H9**	***b*** **H11**	***b*** **d10**	***b*** **f9**	***b*** **h10**	entre as faces laterais dos flancos
Ø*d* **H7**	**Ø*d*** **H7**	**Ø*d*** **f7**	**Ø*d*** **g7**	**Ø*d*** **h7**	entre superfícies cilíndricas interiores
Ø*D* **H10**	**Ø*D*** **H10**	**Ø*D*** **a11**	**Ø*D*** **a11**	**Ø*D*** **a11**	entre superfícies cilíndricas exteriores

b) CENTRAGEM EXTERIOR (*D*):

Cubo		Veio		Centragem a evitar. Utilizada na indústria automóvel, na produção em grandes séries, por razões económicas.
s/ tratamento térmico após brochagem	c/ tratamento térmico após brochagem	Montagem deslizante	Montagem fixa	
b **H9**	***b*** **H11**	***b*** **d10**	***b*** **h10**	entre as faces laterais dos flancos
Ø*d* **H7**	**Ø*d*** **H7**	**Ø*d*** **a11**	**Ø*d*** **a11**	entre superfícies cilíndricas interiores
Ø*D* **H10**	**Ø*D*** **H10**	**Ø*D*** **f7**	**Ø*D*** **h7**	entre superfícies cilíndricas exteriores

Acoplamentos por estrias





c) CENTRAGEM INTERIOR (*d*) ou CENTRAGEM PELOS FLANCOS (*b*):



Cubo		Veio				Série forte (DIN 5464), para transmitir todo o momento torsor que a parte maciça Ø*d* do veio pode suportar, quando o acoplamento é deslizante sob carga.
		Centragem interior		Centragem pelos flancos		
não temperado	temperado	montagem deslizante	montagem fixa	montagem deslizante	montagem fixa	
b **D9**	- - - - -	***b*** **h8**	***b*** **p6**	***b*** **h8**	***b*** **u6**	entre as faces laterais dos flancos
- - - - -	***b*** **F10**	***b*** **e8**	***b*** **h6**	***b*** **e8**	***b*** **k6**	entre as faces laterais dos flancos
Ø***d*** **H7**	Ø***d*** **H7**	Ø***d*** **f7**	Ø***d*** **f6**	- - - - -	- - - - -	entre superf. cilíndricas interiores
Ø***D*** **H11**	Ø***D*** **H11**	Ø***D*** **a11**	Ø***D*** **a11**	Ø***D*** **a11**	Ø***D*** **a11**	entre superf. cilíndricas exteriores

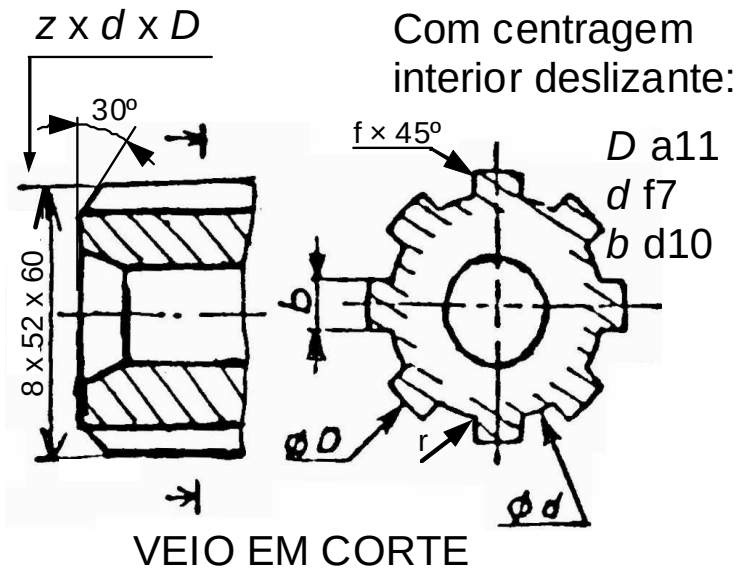


Fig. 2- Veio com estrias, em corte

Séries elementos com estrias:

- **Série ligeira** (com centragem interior – ISO 14).
- **Série média** (com centragem interior – ISO 14) de uso corrente.
- **Série forte ou pesada** (com centragem interior ou centragem pelos flancos – DIN 5464).

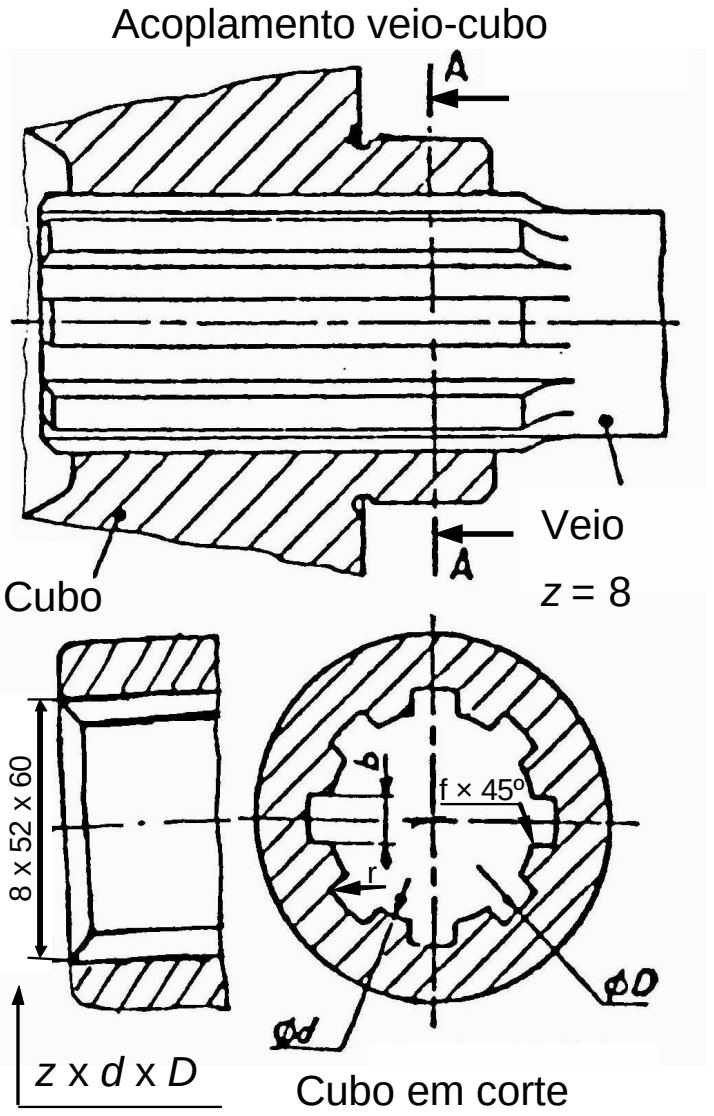


Fig. 3 - Cubo com estrias, em corte

4.3.3 Séries de elementos c/ estrias



Altura das estrias
$H = (D - d) / 2$
Raios de concord.
r = 0,1 a 0,15 H
Chanfros
f x 45°, com $f < r$



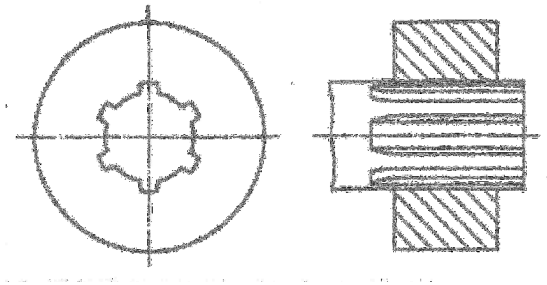
Quadro 1 – Elementos com estrias de flancos paralelos

Série ligeira (ISO 14)		**Série média** (ISO 14)		**Série pesada** (DIN 5464)		
z* x *d* x *D	***b***	***z* x *d* x *D***	***b***	***z* x *d* x *D***	***b***	
		6 x 11 x 14 6 x 13 x 16 6 x 16 x 20	3 3,5 4	10 x 16 x 20	2,5	Centragem interior ou centragem pelos flancos
6 x 23 x 26	6	6 x 18 x 22 6 x 21 x 25 6 x 23 x 28	5 5 6	10 x 18 x 23 10 x 21 x 26 10 x 23 x 29	3 3 4	
6 x 26 x 30 6 x 28 x 32 8 x 32 x 36	6 7 6	6 x 26 x 32 6 x 28 x 34 8 x 32 x 38	6 7 6	10 x 26 x 32 10 x 28 x 35 10 x 32 x 40	4 4 5	
8 x 36 x 40 8 x 42 x 46 8 x 46 x 50	7 8 9	8 x 36 x 42 8 x 42 x 48 8 x 46 x 54	7 8 9	10 x 36 x 45 10 x 42 x 52 10 x 46 x 56	5 6 7	
8 x 52 x 58 8 x 56 x 62 8 x 62 x 68	10 10 12	8 x 52 x 60 8 x 56 x 65 8 x 62 x 72	10 10 12	16 x 52 x 60 16 x 56 x 65 16 x 62 x 72	5 5 6	Centragem pelos flancos
10 x 72 x 78 10 x 82 x 88 10 x 92 x 98	12 12 14	10 x 72 x 82 10 x 82 x 92 10 x 92 x 102	12 12 14	16 x 72 x 82 20 x 82 x 92 20 x 92 x 102	7 6 7	
10 x 102 x 108 10 x 112 x 120	16 18	10 x 102 x 112 10 x 112 x 125	16 18	20 x 102 x 115 20 x 112 x 125	8 9	

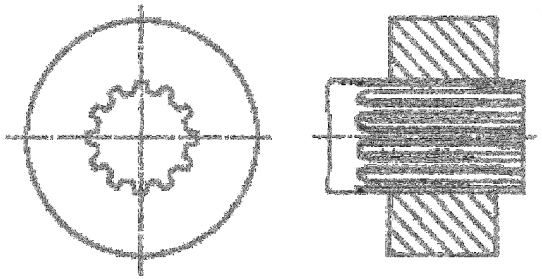
4.3.4 Representação de elementos estriados

4.3.4.1 Representação completa de acoplamentos por estrias

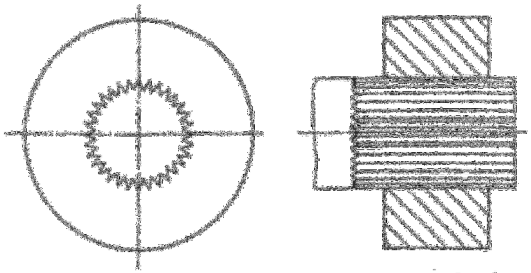
Normalmente, uma representação completa (real) de um acoplamento por estrias, indicando todos os detalhes com as suas dimensões reais não é necessária em desenho técnico e deve ser evitada.



Acoplamento por estrias de flancos paralelos

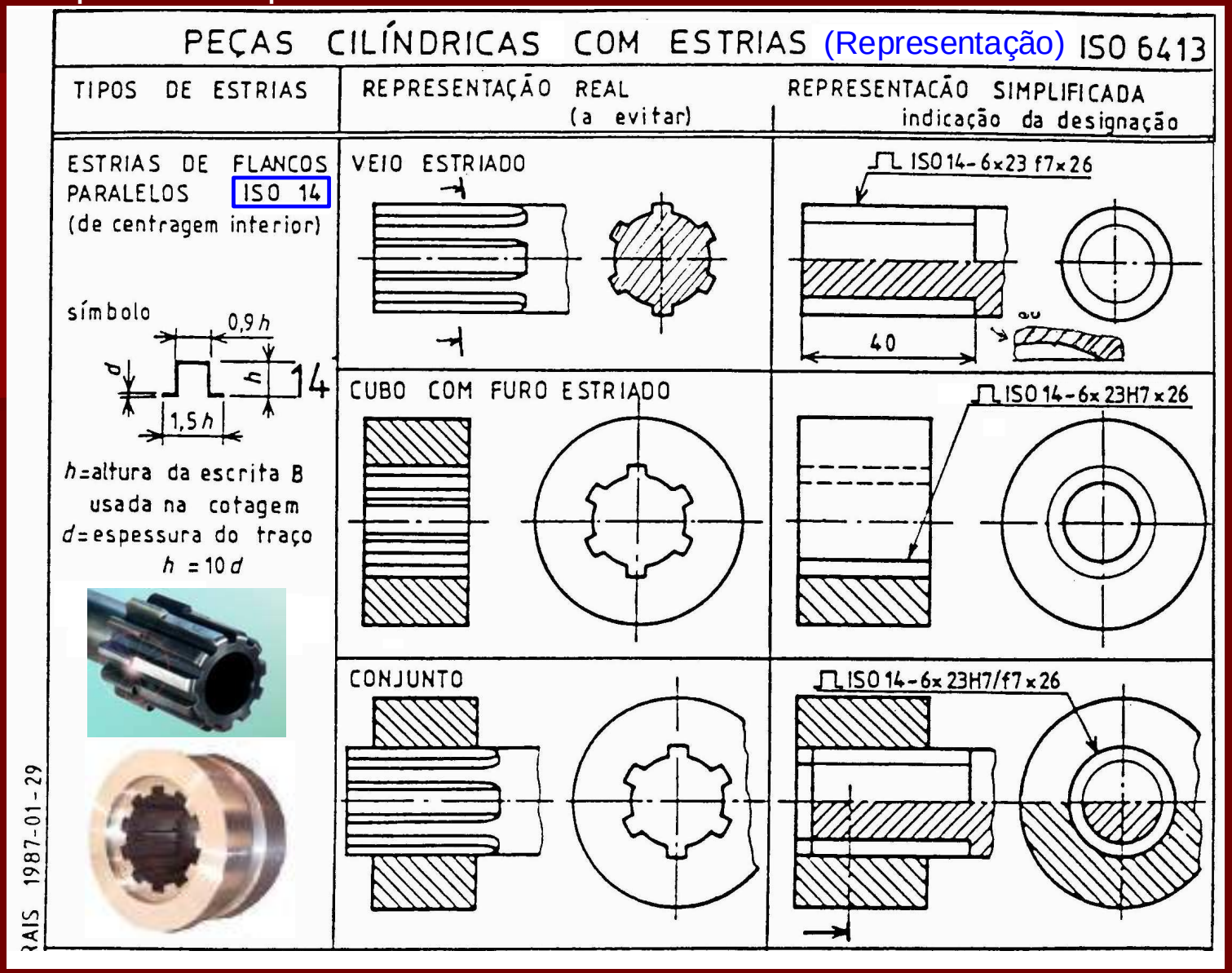


Acoplamento por estrias de flancos em evolvente



Acoplamento de elementos dentados.

Acoplamentos por estrias



Acoplamentos por estrias

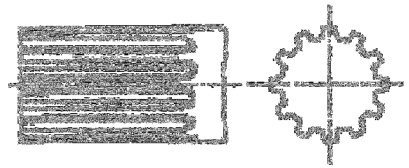


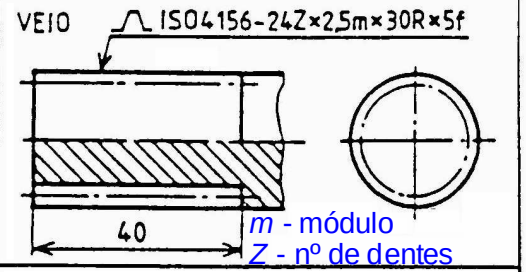




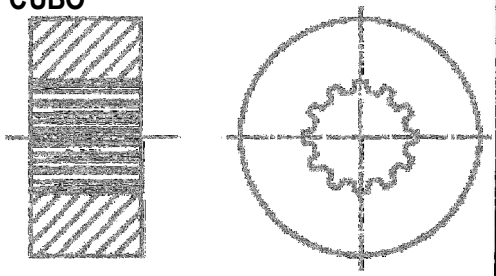
PEÇAS CILÍNDRICAS COM ESTRIAS (Representação) ISO 6413

TIPOS DE ESTRIAS	REPRESENTAÇÃO REAL (a evitar)	REPRESENTAÇÃO SIMPLIFICADA indicação da designação
ESTRIAS DE FLANCOS EM EVOLVENTE	VEIO	VEIO ISO4156-24Z×2,5m×30R×5f
CUBO	CUBO	CUBO ISO...
CONJUNTO	CONJUNTO	INT/EXT 24Z×2,5m×30R×5H/5f ISO4156

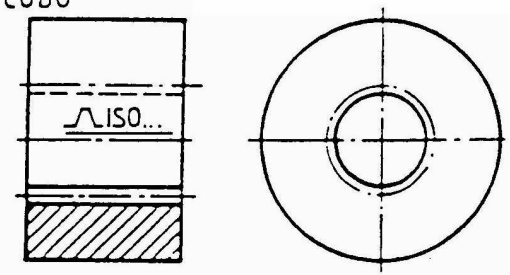




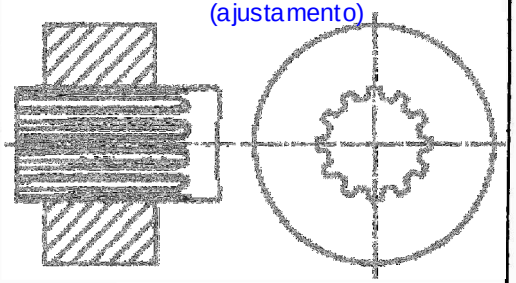
m - módulo
Z - nº de dentes

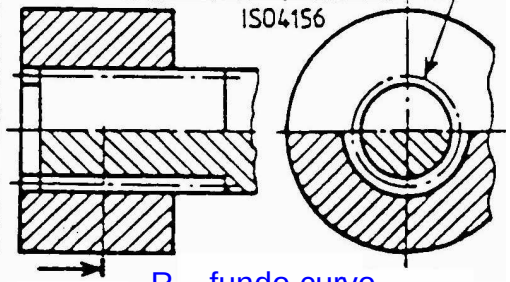


α = 30° – ângulo de pressão

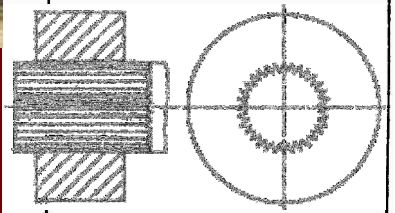


C/ tolerâncias (ajustamento)





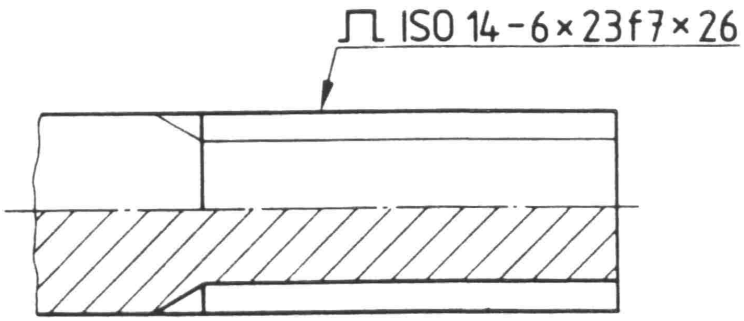
R – fundo curvo
P – fundo plano



C/ α = **30º**, 37,5º e 45º

Acoplamento de elementos dentados c/ α = **60º**

Acoplamentos por estrias



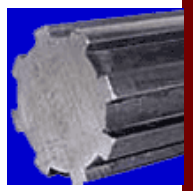
4.3.5 Designação normalizada

A designação de um elemento com estrias de flancos paralelos é composta pelas seguintes indicações:

- Veio (ou cubo) com estrias e símbolo gráfico indicando o seu tipo
- Norma
- Número de estrias
- Diâmetro interior x diâmetro exterior e tolerância conforme a centragem

Exemplo: veio com estrias, de centragem interior e montagem deslizante

Veio com estrias ⎍ ISO 14 – 6 x 23 f7 x 26

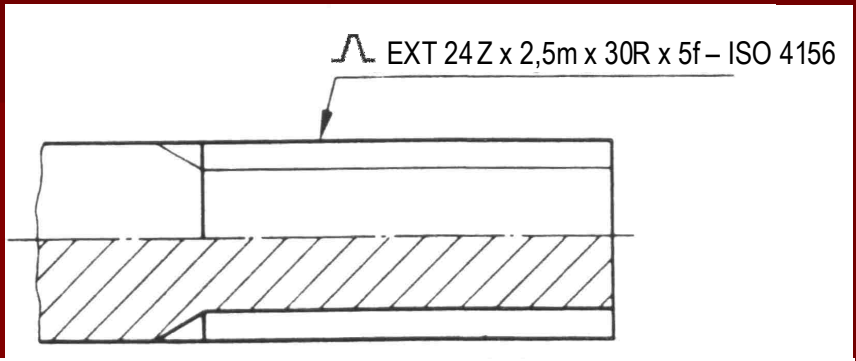


Exemplo: cubo com estrias, temperado, de centragem pelos flancos

Cubo com estrias ⎍ DIN 5464 – 16 x 52 x 60 x 5 F10

Acoplamentos por estrias





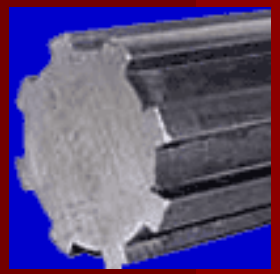
A designação de um elemento com estrias de flancos em evolvente é composta pelas seguintes indicações:

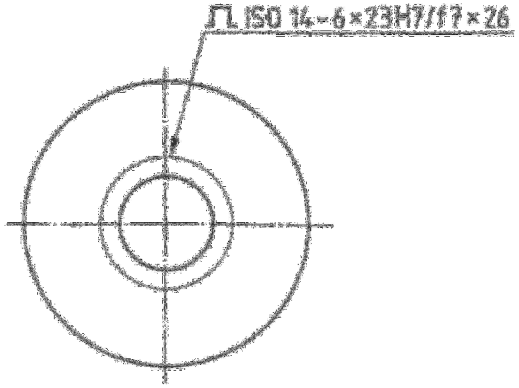
- Símbolo gráfico respectivo e indicação de EXT (veio) ou INT (cubo)
- Número de dentes *Z*
- Módulo *m*
- Ângulo de pressão (α) e tipo de fundo do dente [curvo (R) ou plano (P)]
- Tolerância
- Norma

Exemplo: veio com estrias de flancos em evolvente

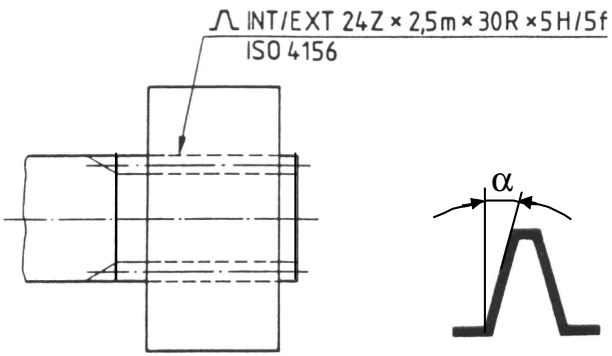
EXT 24Z x 2,5m x 30R x 5f – ISO 4156

Em desenhos de conjunto, as designações de ambas as peças (cubo e veio) devem ser combinadas.





Acoplamento por estrias de flancos paralelos



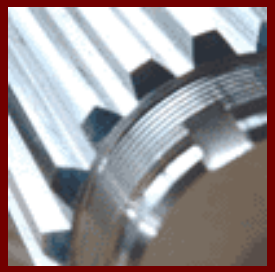
Acoplamento por estrias de flancos em evolvente



Designações normalizadas:

Acoplamento por estrias ISO 14 – 6 x 23 H7/f7 x 26

- Acoplamento por estrias de flancos paralelos ISO 14,
- centragem interior e montagem deslizante,
- 6 estrias, de diâmetro interior ∅23, tolerâncias de ajustamento H7/f7 e
- diâmetro exterior ∅26



INT/EXT 24Z x 2,5m x 30R x 5H/5f – ISO 4156

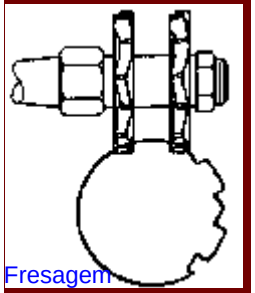
- Acoplamento por estrias de flancos em evolvente
- 24 dentes de módulo 2,5 mm e ângulo de pressão $\alpha = 30°$,
- fundo do dente curvo (R), tolerâncias de ajustamento 5H/5f e
- norma ISO 4156



4.3.6 Aplicações

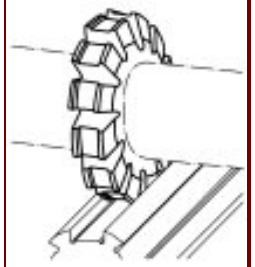
Muito utilizados na indústria automóvel e, também, nas máquinas-ferramenta.

Nas produções em série, em grandes quantidades, utilizam-se, preferencialmente, os acoplamentos por estrias, principalmente, quando há necessidade de transmitir grandes momentos torsores e quando as cargas são cíclicas.

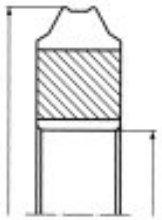


Fresagem



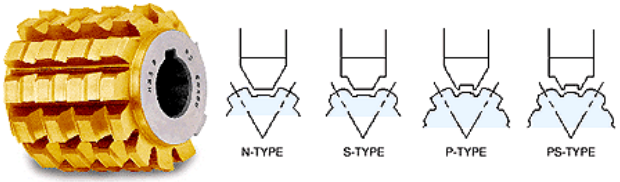


Fresagem



4.3.7 Métodos de fabricação de elementos com estrias

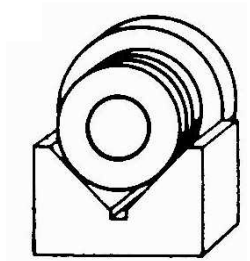
As estrias nos **veios** podem ser abertas por fresagem, por geração de dentado ou por conformação plástica a frio.

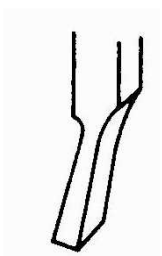


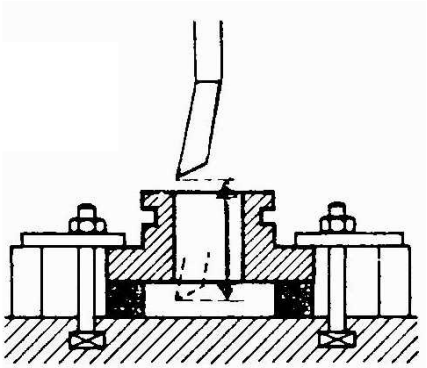
Os **cubos** correspondentes deverão ter as ranhuras complementares produzidas em máquinas de escatelar ou em brochadoras.

Escatelamento

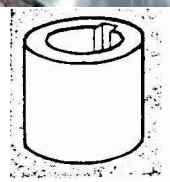
Para **pequenas séries** e peças isoladas, utilizado quando a **centragem é interior**.











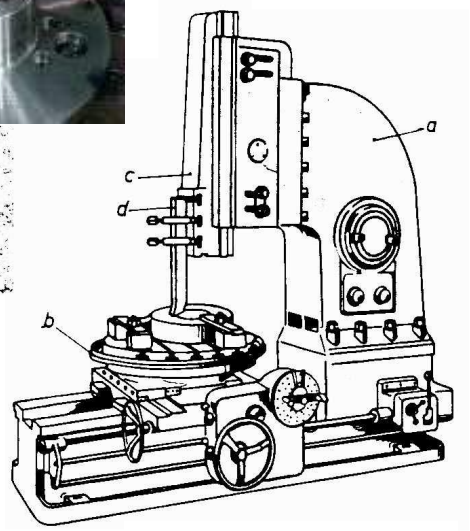


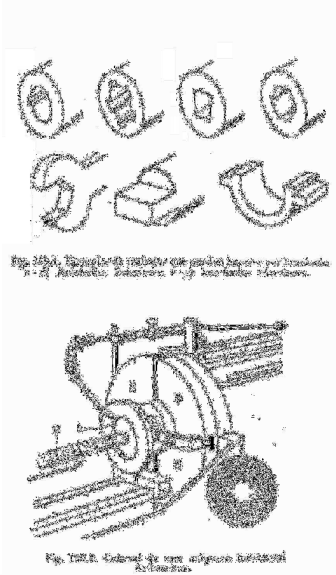
Figura 4- Máquina de escatelar

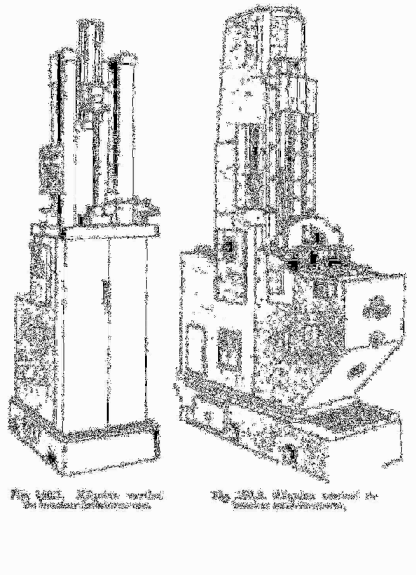
Brochagem

Para a **produção em grandes séries** (mais económica), utilizada na indústria automóvel, com **centragens interior e exterior.**

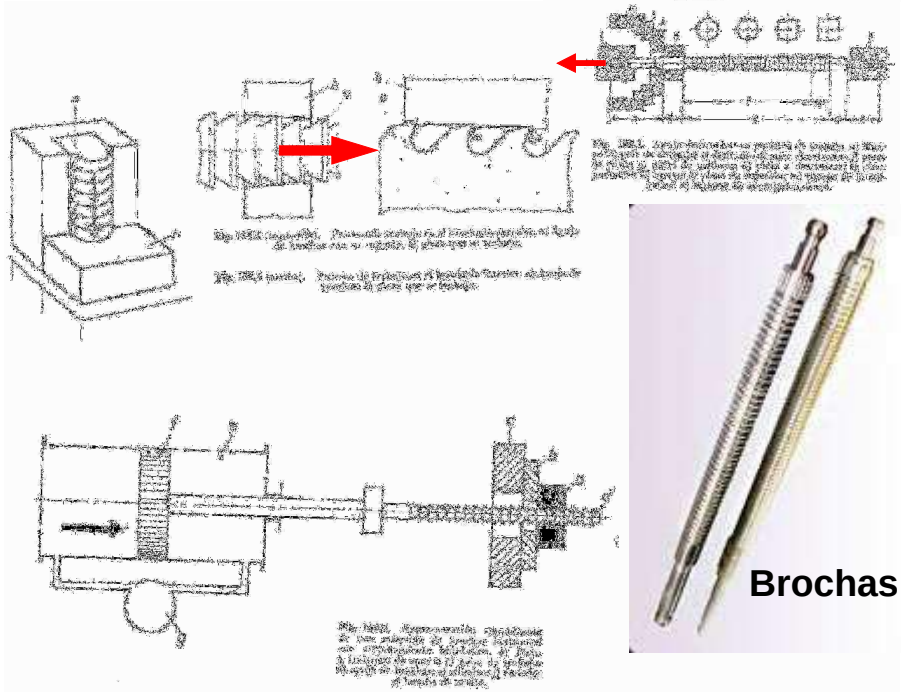








Máquinas de Brochar

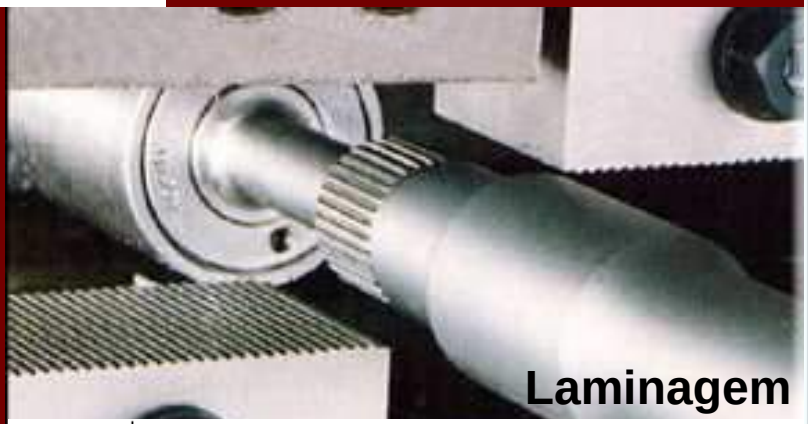


A superfície cilíndrica exterior não necessita de posterior acabamento.
A superfície cilíndrica interior não necessita de rectificação.

Figura 5- Máquinas de brochar

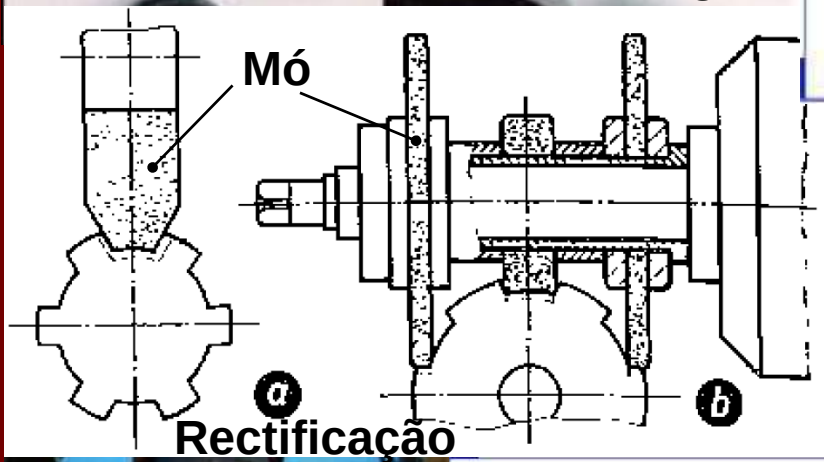
Alguns exemplos do processo de corte.

Acoplamentos por estrias

















Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP





Rolamentos e chumaceiras de escorregamento



José António Almacinha

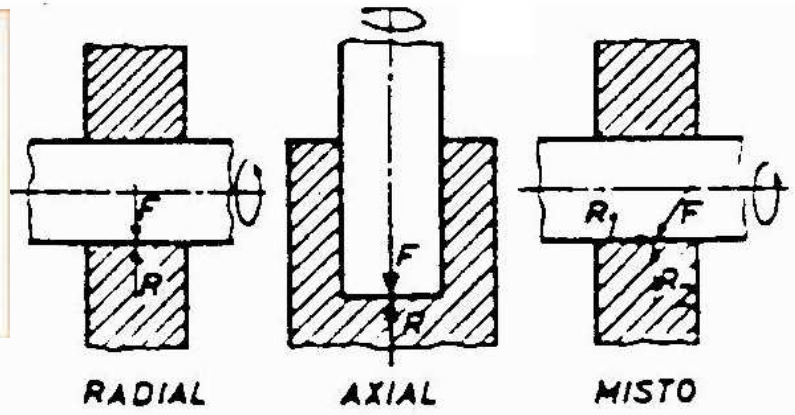
Chumaceiras de escorregamento e de rolamento (Rolamentos)

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

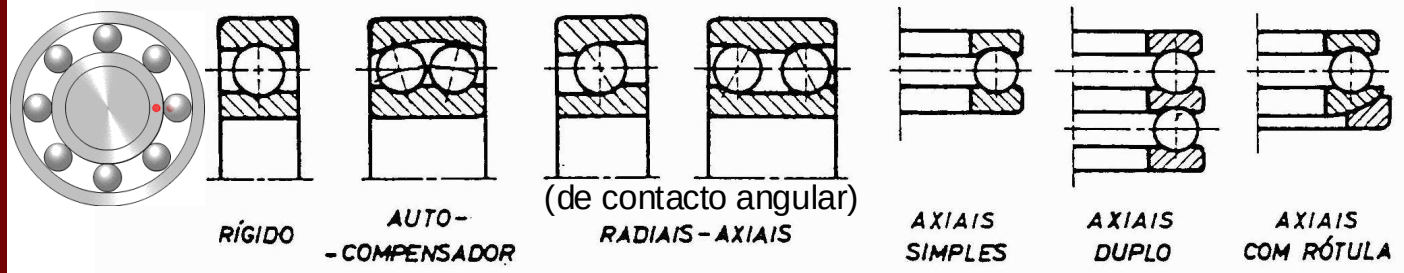
Rolamentos (Chumaceiras de rolamento)

"Rolling bearings"

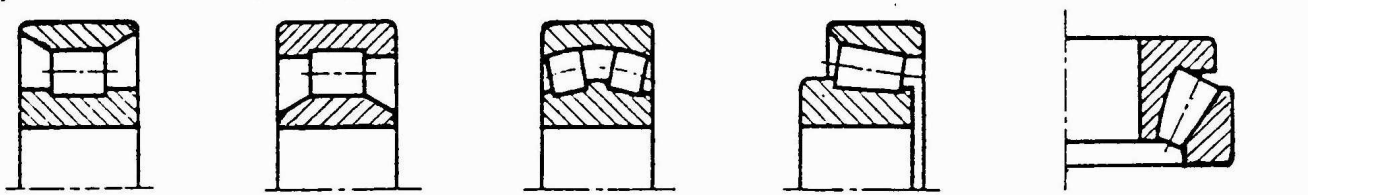


Para o apoio de veios, com movimento de rotação, que transmitem esforços, com ou sem possibilidade de absorção de pequenos desvios (angulares e axiais) dos veios.

Tipos de Rolamentos de Esferas



Tipos de rolamentos de Rolos

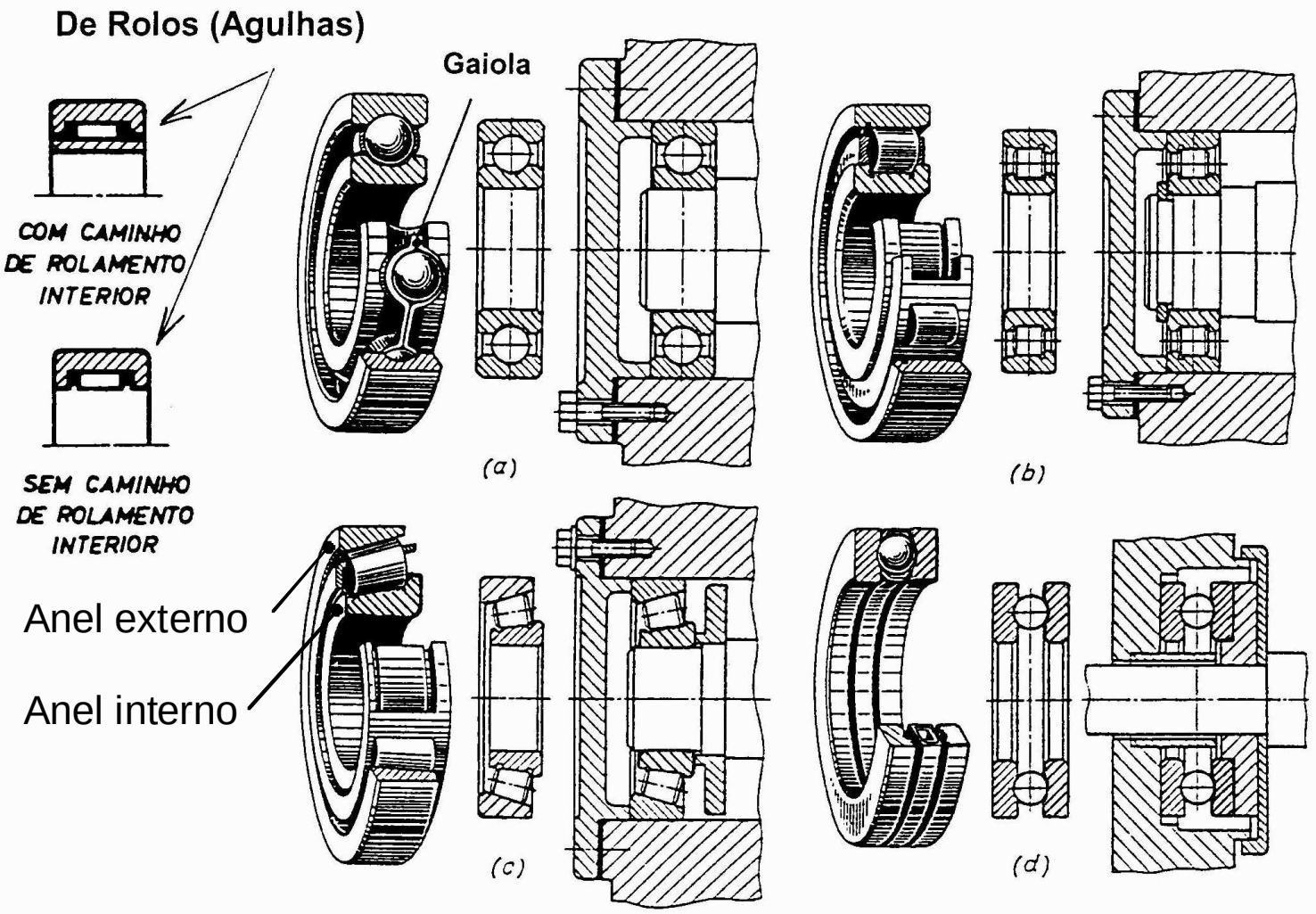


(c/ pequena translação)

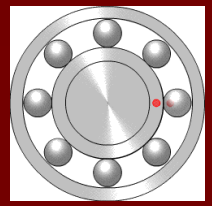
(Rolos cónicos)

Rolamentos (Chumaceiras de rolamento)





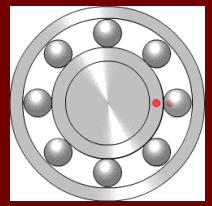
Rolamentos (ou chumaceiras de rolamento)



Propriedades:

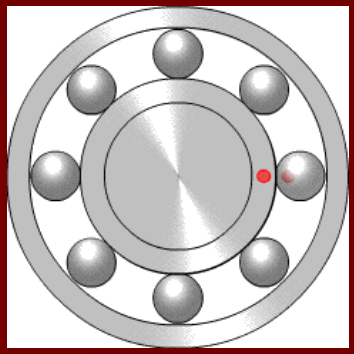
- Atrito muito menor, no arranque, coeficiente de atrito no arranque menor do que o verificado nos apoios com escorregamento (μ = 0,02, em vez de 0,12) e menor influência da rotação nesse atrito.
- Lubrificação contínua mais fácil e menor consumo de lubrificante.
- Maior capacidade de carga por mm de largura de apoio.
- Rodagem prévia desnecessária e maior liberdade na escolha do material do veio.
- Maior Normalização.
- Óptimos para velocidades baixas e médias.

Rolamentos (ou chumaceiras de rolamento)



Limites de aplicação:

- Quando o ruído é inconveniente.
- Quando o apoio sofre choques fortes em repouso (como em máquinas de reserva, colocadas ao lado das máquinas em funcionamento).
- Em grandes rolamentos radiais de baixa rotação (preço elevado e diâmetros exteriores elevados).
- Em apoios axiais submetidos a fortes cargas (geradores, turbinas).
- A produção de calor é igual à dos apoios com chumaceiras de escorregamento, para o mesmo regime de carga.



5.1 Representação simplificada geral (NP EN ISO 8826-1)

Para quando não é necessário representar a forma exacta e os detalhes do rolamento, por exemplo, em desenhos de conjunto.

Linhas - Todos os elementos da representação simplificada devem ser desenhados a traço contínuo grosso.

Escala - O contorno exterior de um rolamento representado de um modo simplificado deve ser desenhado na mesma escala que é usada para o desenho.

5.1.1.1 Representação simplificada geral

Sem especificação das características de carga ou dos elementos do rolamento, em que não é necessário representar o contorno exacto.

A cruz não deve tocar nos contornos do quadrado.

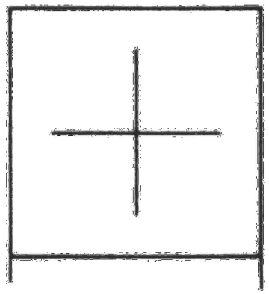


Figura - 5.1

Pode ser utilizada num ou em ambos os lados do eixo.



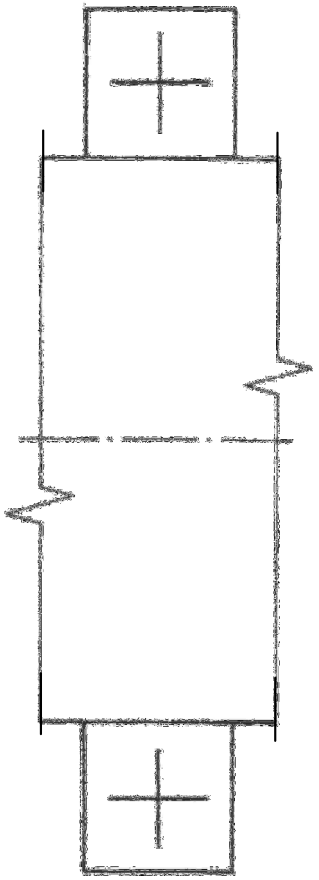
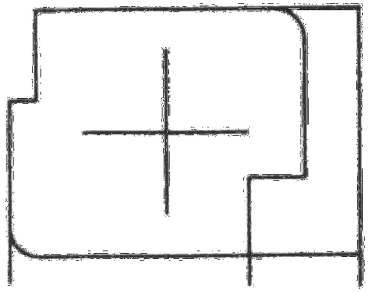


Figura 5.3

Se for necessário representar o contorno exacto de um rolamento, devem ser representados os contornos reais da sua secção, com a cruz vertical numa posição central.





A cruz não deve tocar nos contornos.

Figura - 5.2

Se for necessário prestar atenção à montagem de um rolamento, os requisitos pretendidos devem ser dados, através de texto ou de especificação.

5.1.1 Tracejado

Em representações simplificadas, deve evitar-se o tracejado.

Em casos especiais, para uma maior clareza (ex.: em representações detalhadas ou em ilustrações para catálogos, de acordo com a ISO 8826-2), todos os elementos do rolamento (com excepção dos elementos rolantes) devem ser tracejados com a mesma orientação e com linhas a traço contínuo fino.

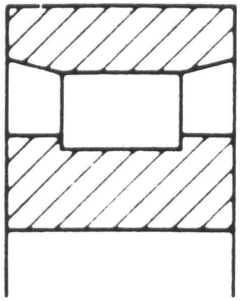


Figura 5.4

Os elementos de rolamentos que tenham referências diferentes podem ser tracejados com orientações e/ou com espaçamentos diferentes.

5.2 Representação simplificada particular (NP EN ISO 8826-2)

A representação simplificada particular mostra mais detalhes de um rolamento, (ex.: o nº de carreiras ou a possibilidade de alinhamento).

5.2.1 Regras gerais

Num desenho, o espaço previsto para um rolamento deve ser delimitado por um quadrado ou rectângulo (mesmo que não exista anel interno ou externo).

5.2.2 Elementos para a representação simplificada particular de diversos rolamentos

Nas representações perpendiculares ao eixo do rolamento, o elemento rolante pode ser representado por um círculo, independentemente da sua forma real (esfera, rolo, agulha, etc.) e da sua dimensão.

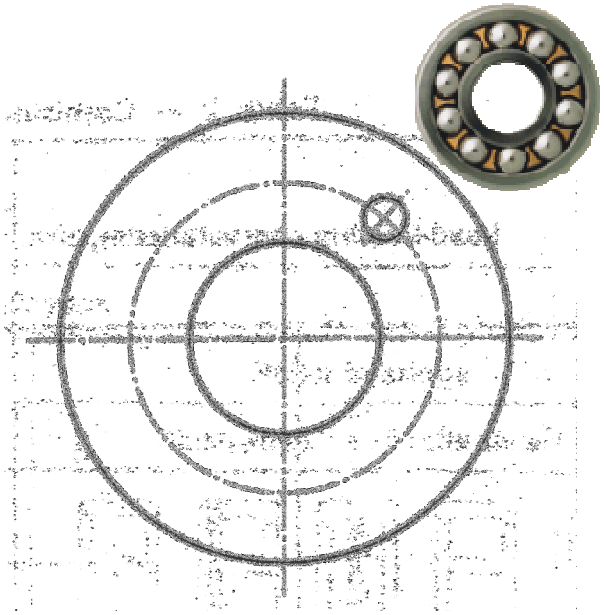
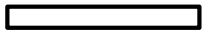


Figura 5.5

Rc

Quadro 5.1 – Elementos para a representação simplificada particular das características do rolamento

Nº.	Elemento	Descrição	Aplicação
1.1	1)	Linha recta contínua longa	Linha que representa o **eixo do elemento rolante, sem possibilidade de alinhamento**
1.2	 1)	Arco de circunferência contínuo longo	Linha que representa o **eixo do elemento rolante, com possibilidade de alinhamento**
1.3	Indicação alternativa (exemplos)  2)  2)  2)	**Linha recta contínua curta**, que corta as linhas contínuas longas nº. 1.1 e 1.2 a 90º (indicação simplificada preferível) coincidente com a **linha de eixo (radial) de cada elemento rolante**. círculo rectângulo largo rectângulo estreito	**Número de carreiras e posição dos elementos rolantes** esfera rolo agulha, pino

1) Este elemento pode ser mostrado inclinado, dependendo do tipo de rolamento
2) Alternativamente à linha recta contínua curta, esta variante pode ser usada para representar o elemento rolante

Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP

Rolamentos e







Quadro 5.2 – Representação simplificada particular de combinação de elementos

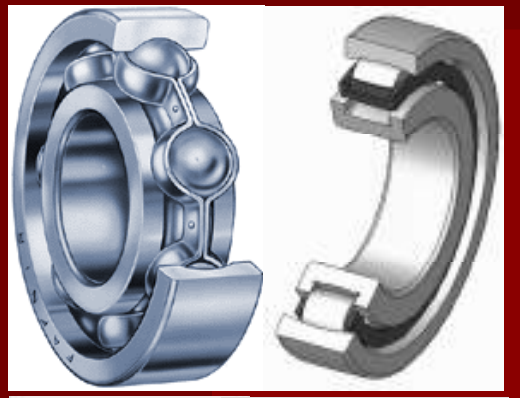
Especificações de carga			Características do Rolamento			
			Dois anéis		Três anéis	
			Uma carreira	Duas carreiras	Uma carreira	Duas carreiras
Direcção da carga: Radial	Possibilidade de alinhamento	não				
		sim				
Axial	Possibilidade de alinhamento	não				
		sim				
Radial e axial	Possibilidade de alinhamento	não				
		sim				

NOTA: Os rolamentos deste quadro estão sempre representados no espaço acima do eixo do rolamento.

"Radial rolling bearings"

"Thrust rolling bearings"

"Radial thrust rolling bearings"





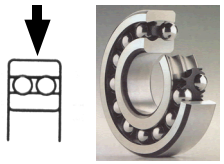






5.2.1 Representação simplificada particular

Quadro 5.3 – Rolamentos de esferas e de rolos

Representação simplificada particular		Aplicação	
		Rolamentos de esferas	Rolamentos de rolos
		Ilustração[1] e referência[2]	Ilustração[1] e referência[2]
3.1		 Rolamento de esferas, rígido, de uma carreira ISO 15, ISO 8443 Rolamento de fixação rápida ISO 9628	 Rolamento de rolos cilíndricos, de uma carreira ISO 15
3.2		 Rolamento de esferas, rígido, de duas carreiras ISO 15	 Rolamento de rolos cilíndricos, de duas carreiras ISO 15
3.3			 Rolamento de rolos esféricos, de uma carreira ISO 15
3.4		 Rolamento de esferas, autocompensador, de duas carreiras ISO 15	 Rolamento de rolos esféricos, de duas carreiras ISO 15

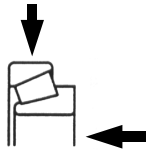
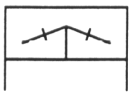
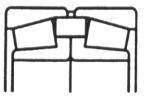
Rolamentos








Quadro 5.3 – Rolamentos de esferas e de rolos (continuação)

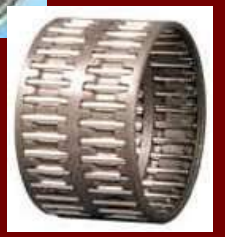
Representação simplificada particular		Aplicação	
		Rolamentos de esferas	Rolamentos de rolos
		Ilustração[1] e referência[2]	Ilustração[1] e referência[2]
3.5		 Rolamento de esferas, separável, de contacto angular, de uma carreira ISO 582	 Rolamento de rolos cónicos, de contacto angular, de uma carreira ISO 355
3.6		 Rolamento de esferas, não separável, de contacto angular, de duas carreiras	
3.7		 Rolamento de esferas, separável, de contacto angular, de duas carreiras, com anel interno bipartido	
3.8			 Rolamento de rolos cónicos, de contacto angular, de duas carreiras, com anel interno bipartido ISO 355

1) Representação incompleta, apenas a título de informação.
2) Se disponível.

Rolamentos e chumaceiras de escorregamento

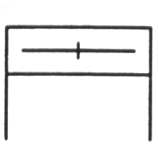
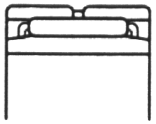
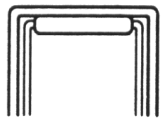
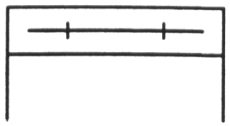
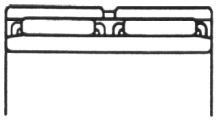
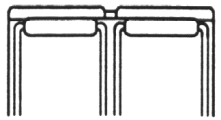
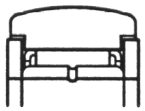






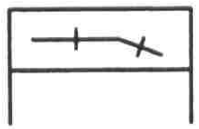
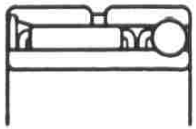
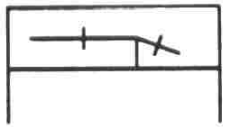
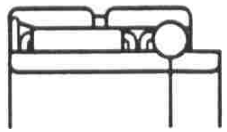
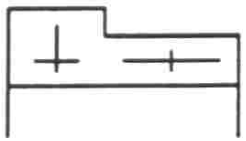
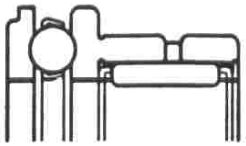
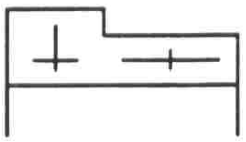
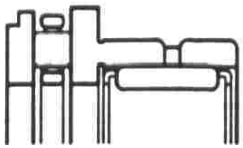


Quadro 5.4 – Rolamentos de agulhas

	Representação simplificada particular	Ilustração[1] e referência[2]		
4.1		 Rolamento de agulhas, de uma carreira ISO 1206	 Bucha de agulhas sem anel interno ISO 3245	 Coroa de agulhas ISO 3030
4.2		 Rolamento de agulhas, de duas carreiras	 Rolamento de agulhas sem anel interno, de duas carreiras	 Coroa de agulhas, de duas carreiras ISO 3031
4.3				 Rolamentos de agulhas autocompensadores

1) Representação incompleta, apenas a título de informação.
2) Se disponível.

Quadro 5.5 – Rolamentos combinados

Representação simplificada particular		Ilustração[1)]	
5.1			Rolamento de agulhas e rolamento de esferas, ambos de contacto radial
5.2			Rolamento de agulhas e rolamento de esferas, ambos de contacto radial, com anel interno bipartido
5.3			Rolamento de agulhas sem anel interno, de contacto radial e rolamento de esferas de contacto axial
5.4			Rolamento de agulhas sem anel interno, de contacto radial e rolamento de rolos cilíndricos de contacto axial

1) Representação incompleta, apenas a título de informação.

Rolamentos

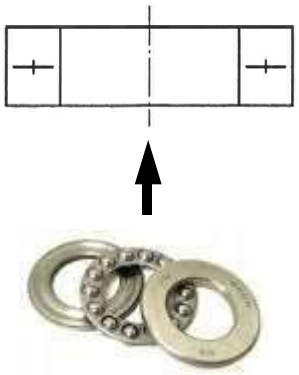
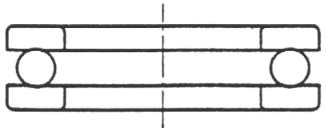
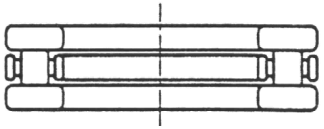
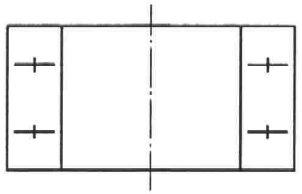
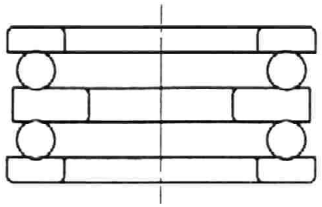
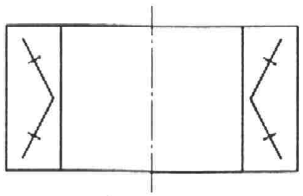
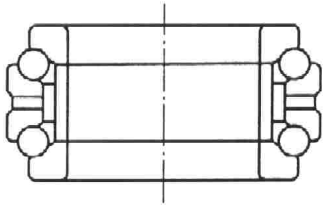




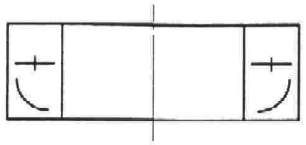
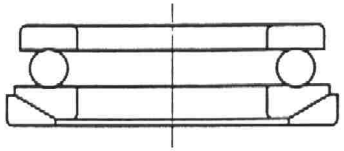
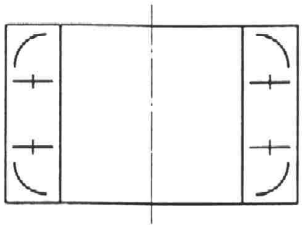
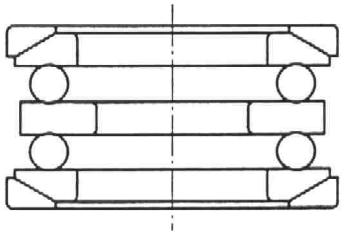
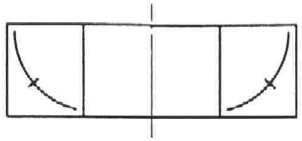
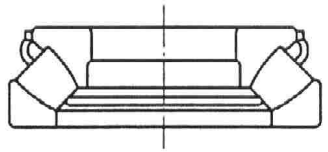




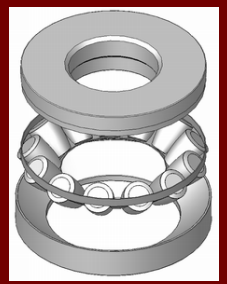
Quadro 5.6 – Rolamentos axiais

Representação simplificada particular		Aplicação	
		Rolamentos de esferas	Rolamentos de rolos ou de agulhas
		Ilustração[1] e referência[2]	Ilustração[1] e referência[2]
6.1		 Rolamento axial de esferas de simples efeito ISO 104	 Rolamento axial de rolos de simples efeito  Coroa axial de agulhas  Coroa axial de rolos
6.2		 Rolamento axial de esferas de duplo efeito ISO 104	
6.3		 Rolamento axial de esferas de contacto angular	

Quadro 5.6 – Rolamentos axiais (continuação)

	Representação simplificada particular	Aplicação	
		Rolamentos de esferas	Rolamentos de rolos ou de agulhas
		Ilustração[1] e referência[2]	Ilustração[1] e referência[2]
6.4		 Rolamento axial de esferas de simples efeito, com um anel esférico	
6.5		 Rolamento axial de esferas de duplo efeito, com dois anéis esféricos	
6.6			 Rolamento axial de rolos autocompensador ISO 104

1) Representação incompleta, apenas a título de informação.
2) Se disponível



Rolamentos e chumaceiras de escorregamento

5.2.4 Exemplos





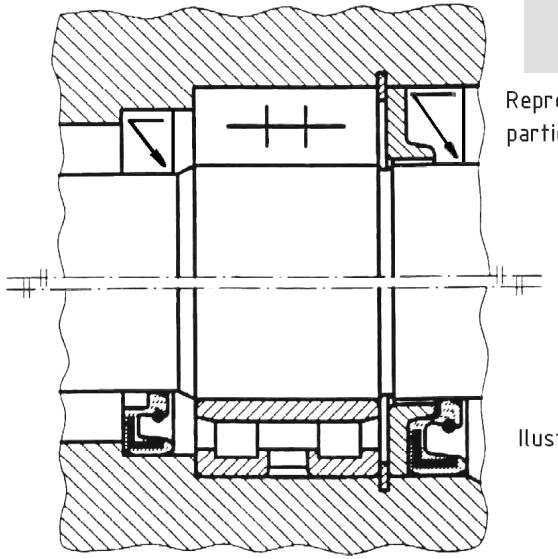


Figura 5.6 – Montagem com um rolamento de rolos cilíndricos, de duas carreiras, e dois anéis de vedação (retentores)

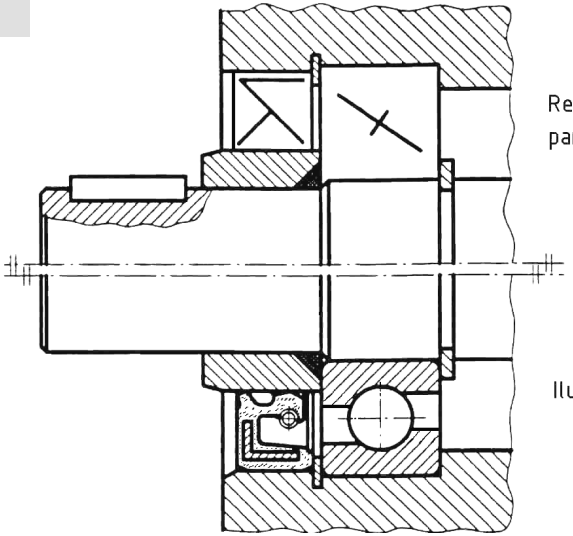


Figura 5.7 – Montagem com um rolamento de esferas, separável, de contacto angular, e um anél de vedação (retentor) com lábio antipoeira

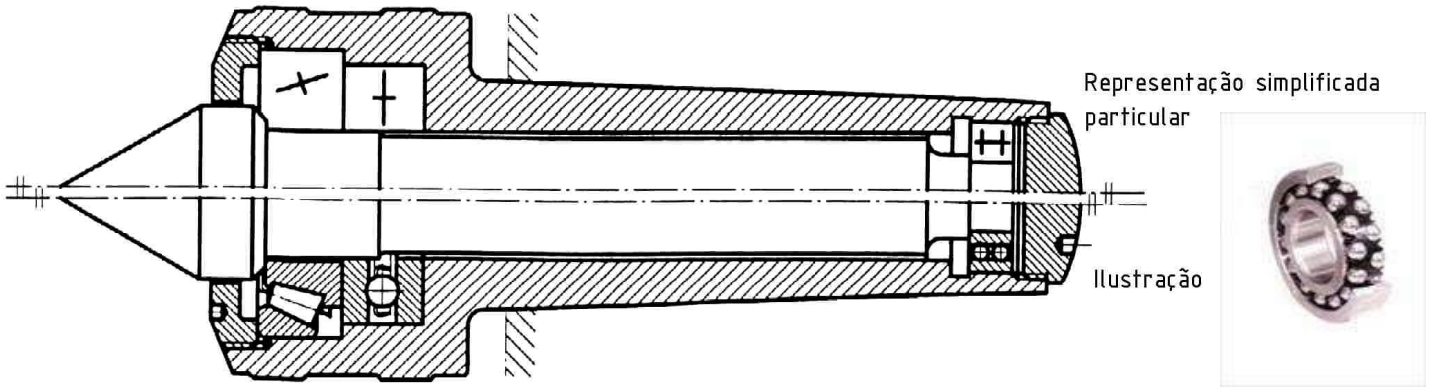


Figura 5.8 – Montagem com um rolamento de rolos cónicos, de uma carreira; um rolamento axial de esferas, de simples efeito; e um rolamento de esferas, rígido, de duas carreiras

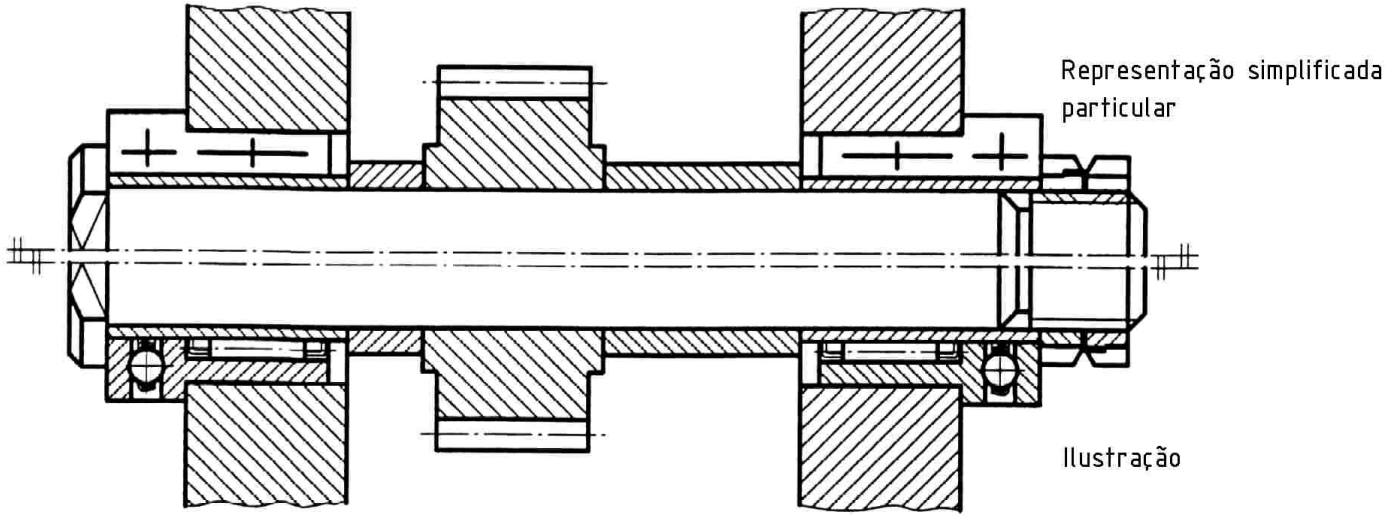


Figura 5.9 – Montagem com dois rolamentos combinados (rolamento de agulhas sem anel interno, de contacto radial, e rolamento de esferas de contacto axial).

Rolamentos e chumaceiras de escorregamento

Rolamentos: Tipos construtivos e suas características

Aptidão

- ● muito bom
- ◔ bom
- ◑ normal / possível
- ◕ com restrições
- ○ impróprio

Adequado para:

Tipo construtivo	carga axial	carga axial de 2 direções	compensação linear dentro do rolamento	compensação linear por ajuste deslizante	rolamentos separáveis	compensação de desvios angulares	precisão elevada	alta rotação	giro silencioso	furo cônico	vedação de um ou de ambos os lados	alta rigidez	reduzido atrito	rolamento fixo	rolamento livre
fixo de esferas	◕	◑	○	◑	○	◕	◑	●	●	○	●	◑	●	◕	◑
	◔	◑	○	◑	○	○	◔	○	◑	○	◑	◑	◑	◔	◑
separável de esferas	◑	◑	◔	◑	●	◔	◑	○	◔	○	○	◑	◔	◑	○
de contato angular de esferas	◔	◔	○	◑ a	○	○	◑	● c	◔	○	○	◔ a	◔	● a	◑ a
para fusos	◔	◔	○	◑ a	○	○	●	● c	●	○	○	◔ a	◔	● a	◑ a
de quatro pistas	◔	◔	○	○	◑	○	◔	◔	◔	○	○	◑	◑	◕	○
de contato angular de esferas de duas carreiras	◔	◔	○	◑	◑	○	◑	◑	◔	○	◑	◔	◑	◕	◑
autocompensador de esferas	◔	◔	○	◑	○	●	○	◔	◔	● d	●	◔	◔	◑	◑
de rolos cilíndricos NU, N	●	○	●	○	●	◔	◔	●	◑	◑	○	◔	◔	○	●
NJ, NU + HJ	●	◑	◔	○	●	◔	◑	◔ b	◔	○	○	◔	◔ b	◑	◑
NUP, NJ + HJ	●	◑	○	◑	●	◔	◑	◔ b	◔	○	○	◔	◔ b	◕	◔
NNU, NN	●	○	●	○	●	○	●	●	◑	●	○	●	◔	○	●
NCF, NJ23VH	●	◑	◔	◑	◑	◔	○	○	○	○	○	●	○	◑	◑
NNC, NNF	●	◑	○	◑	○	○	○	○	○	○	◑	●	○	◑	◑
de rolos cônicos	●	●	○	◑ a	●	◔	◔	◑ c	◔	○	○	● a	◑	● a	◔ a
par de rolamentos JK0S na disposição em O	●	●	○	○	○	○	○	◔	◔	○	●	●	○	●	○

◀— rolamentos individuais e rolamentos na disposição em Tandem em uma direção

a) montagem aos pares

b) reduzida carga axial

c) aptidão reduzida na montagem aos pares

d) também com buchas de fixação e de desmontagem

Rolamentos e chumaceiras de escorregamento

Rolamentos: Tipos construtivos e suas características

Aptidão

● muito bom ◔ com restrições
◕ bom ○ impróprio
◐ normal / possível

Tipo construtivo	Adequado para: carga axial	carga axial de 2 direções	compensação linear dentro do rolamento	compensação linear por ajuste deslizante	rolamentos separáveis	compensação de desvios angulares	precisão elevada	alta rotação	giro silencioso	furo cônico	vedação de um ou de ambos os lados	alta rigidez	reduzido atrito	rolamento fixo	rolamento livre
rolos esféricos	●	◐	○	◐	○	●	○	◐	◕	● d	○	◕	◐	◕	◐
autocompensador de rolos	●	◕	○	◐	○	●	○	◐	◕	● d	◐	◕	◐	◕	◐
axial de esferas	○	◕ →	○	○	●	◐ e	◕	◐	◕	○	○	◐	◐	◐	○
	○	◕	○	○	●	◐ e	○	◕	○	○	○	◐	◕	◐	○
axial de contato angular de esferas	◕	◕ →	○	○	○	◕	●	◕ c	◕	○	○	◕ a	◐	● a	○
	○	◕	○	○	●	○	●	●	◕	○	○	●	◐	●	○
axial de rolos cilíndricos	○	● →	○	○	●	○	◐	◕	○	○	○	◕	○	◕	○
axial autocompensador de rolos	◕	● →	○	○	●	●	○	◕	○	○	○	◕	◕	◕	○
de fixação rápida	◕	◐	◕	◕	○	◐ e	○	◕	○	○	●	◐	○	◐	○
coroa de agulhas	●	○	●	○	○	○	◐	◕	◐	○	◐ f	◕	◕	○	●
bucha de agulhas com e sem fundo	●	○	●	○	●	○	◕	◐	◕	○	●	◕	◕	○	●
de agulhas	●	○	●	○	●	○	◐	◕	◐	○	●	◕	◕	○	●
rolos de apoio e comando	●	◕	◐	○	◐	◐	◕	◐	◕	○	●	◕	◕	○	○
de agulhas, combinado	●	◕ →	○	○	◐	○	◕	◐	◕	○	◐	◕	◕	◐	○
coroa axial de agulhas	○	● →	○	○	○	○	◐	◕	◕	○	○	◕	○	◕	○

→ rolamentos individuais e rolamentos na disposição em Tandem em uma direção

a) montagem aos pares

c) aptidão reduzida na montagem aos pares

d) também com buchas de fixação e de desmontagem

e) rolamentos de fixação rápida e axial de esferas com contraplacas compensam desalinhamento na montagem

f) vedação DH vide à pág 750

Características dos rolamentos: Dimensões principais

Execução dos rolamentos

Para que todas as influências coletadas sejam consideradas no mancal, devem ser ainda fixadas, além do tipo construtivo e do tamanho do rolamento, outras características e dados acerca da execução deste, como p. ex.:

- tolerâncias
- folga dos rolamentos
- material dos rolamentos
- execuções das gaiolas
- vedação

Também as características de rendimento, como limites de rotação e aptidão para altas temperaturas se encontram estreitamente ligadas à execução do rolamento.

Dados dos rolamentos

Dimensões principais

Os rolamentos são elementos de máquinas utilizáveis universalmente, prontos para a montagem, devido ao fato das dimensões principais dos rolamentos usuais serem normalizadas. As normas ISO correspondentes a cada tipo de rolamento são: a ISO 15 para os radiais (exceto os de rolos cônicos), a ISO 355 para os rolamentos de rolos cônicos em dimensões métricas e a ISO 104 para os rolamentos axiais. Os planos dimensionais das Normas ISO foram absorvidas em DIN 616 e DIN ISO 355 (rolamentos de rolos cônicos com dimensões métricas).

Nos planos de medidas da Norma DIN 616 vários diâmetros externos e larguras são alocados a cada furo de rolamento. As séries usuais de diâmetro são 8, 9, 0, 1, 2, 3, 4 (nesta ordem, com diâmetros crescentes). Em cada série de diâmetros há diversas séries de largura como p. ex., 0, 1, 2, 3, 4 (correspondendo uma largura maior a cada número crescente).

No número de dois algarismos para a série de medidas, o primeiro corresponde à série de largura (nos rolamentos axiais à altura) e o segundo indica a série de diâmetro.

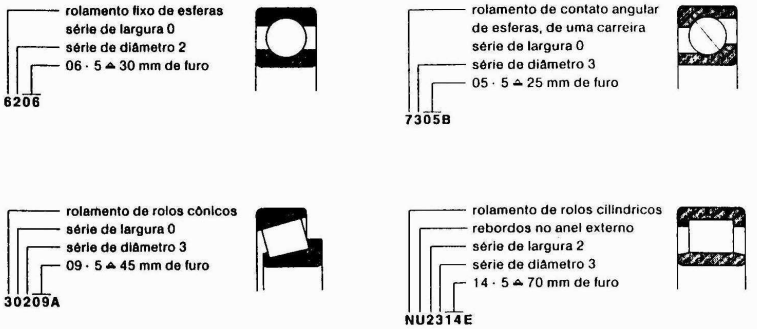
No plano de medidas para os rolamentos de rolos cônicos com dimensões métricas, segundo DIN ISO 355, um dos algarismos (2, 3, 4, 5, 6) indica a faixa de ângulo de contato. Quanto maior o algarismo, tanto maior o ângulo de contato. As séries de diâmetros e de larguras são identificadas por duas letras.

Em casos de divergências com relação ao plano de medidas, como nos rolamentos integrais da série JK0S e nos axiais de contato angular de esferas das séries 2344 e 2347, esta característica é informada nos textos preliminares às tabelas de medidas.

▼ Detalhe do plano de medidas ISO 15 para rolamentos radiais

série de diâmetro 0					série de diâmetro 2				série de diâmetro 3				série de diâmetro 4	
série de largura					série de largura				série de largura				série de largura	
0	1	2	3	4	0	1	2	3	0	1	2	3	0	2
série de dimensões					série de dimensões				série de dimensões				série de dimensões	
00	10	20	30	40	02	12	22	32	03	13	23	33	04	24

▼ Exemplos para a identificação da série do rolamento e do diâmetro do furo na designação básica



▼ Identificação de rolamentos de rolos cônicos, com medidas métricas, segundo DIN ISO 355

Exemplo: T 3 C D 020

- 020 — furo em mm
- D — relação entre a largura e a seção transversal

série de largura $\frac{T}{(D-d)^{0,95}}$

	de	até
A	reservado	
B	0,50	0,68
C	0,68	0,80
D	0,80	0,88
E	0,88	1,00

- C — relação entre o diâmetro externo e o furo

série de diâmetro $\frac{D}{d^{0,77}}$

	de	até
A	reservado	
B	3,40	3,80
C	3,80	4,40
D	4,40	4,70
E	4,70	5,00
F	5,00	5,60
G	5,60	7,00

- 3 — faixa do ângulo de contato

série de ângulos

	faixa do ângulo de contato de	até
1	reservado	
2	10°	13°52'
3	13°52'	15°59'
4	15°59'	18°55'
5	18°55'	23°
6	23°	27°
7	27°	30°

- T — letra indicativa de rolamentos de rolos cônicos

Rolamentos e chumaceiras de escorregamento

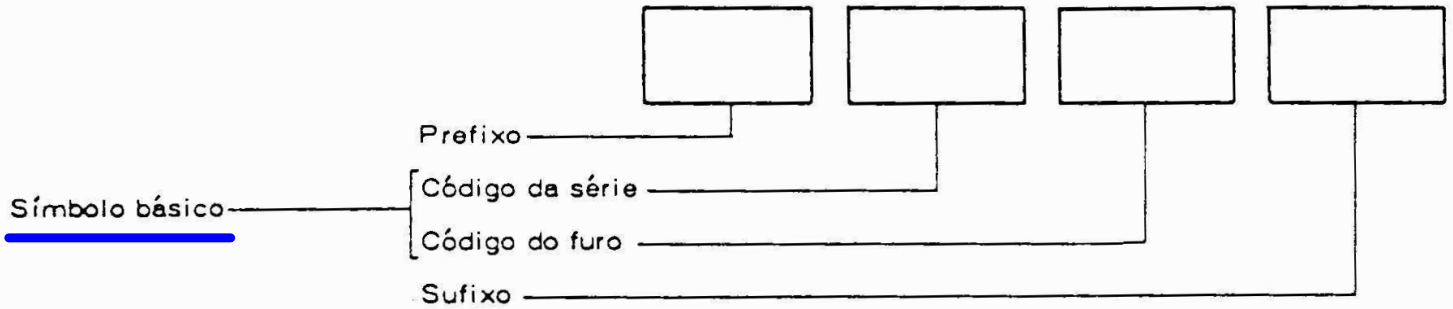
Os símbolos dos rolamentos

Cada rolamento é identificado por um símbolo, que determina a construção, as dimensões, as tolerâncias, a folga interna e eventualmente outras características importantes.

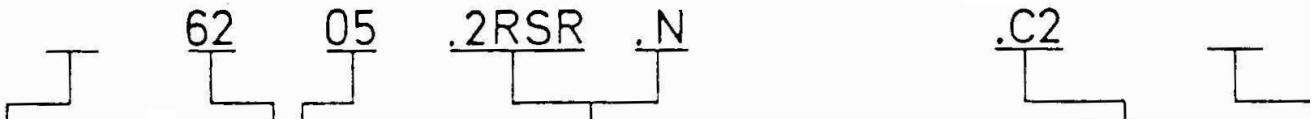
Os rolamentos de marcas diferentes, porém com o mesmo símbolo conforme DIN 623 são intercambiáveis.

Os rolamentos separáveis não garantem a intercambiabilidade dos seus componentes.

A disposição fundamental é mostrada no quadro. O símbolo básico é composto pelo código da série e pelo código do furo do rolamento. Os prefixos em geral identificam componentes de rolamentos, e os sufixos execuções especiais e características.

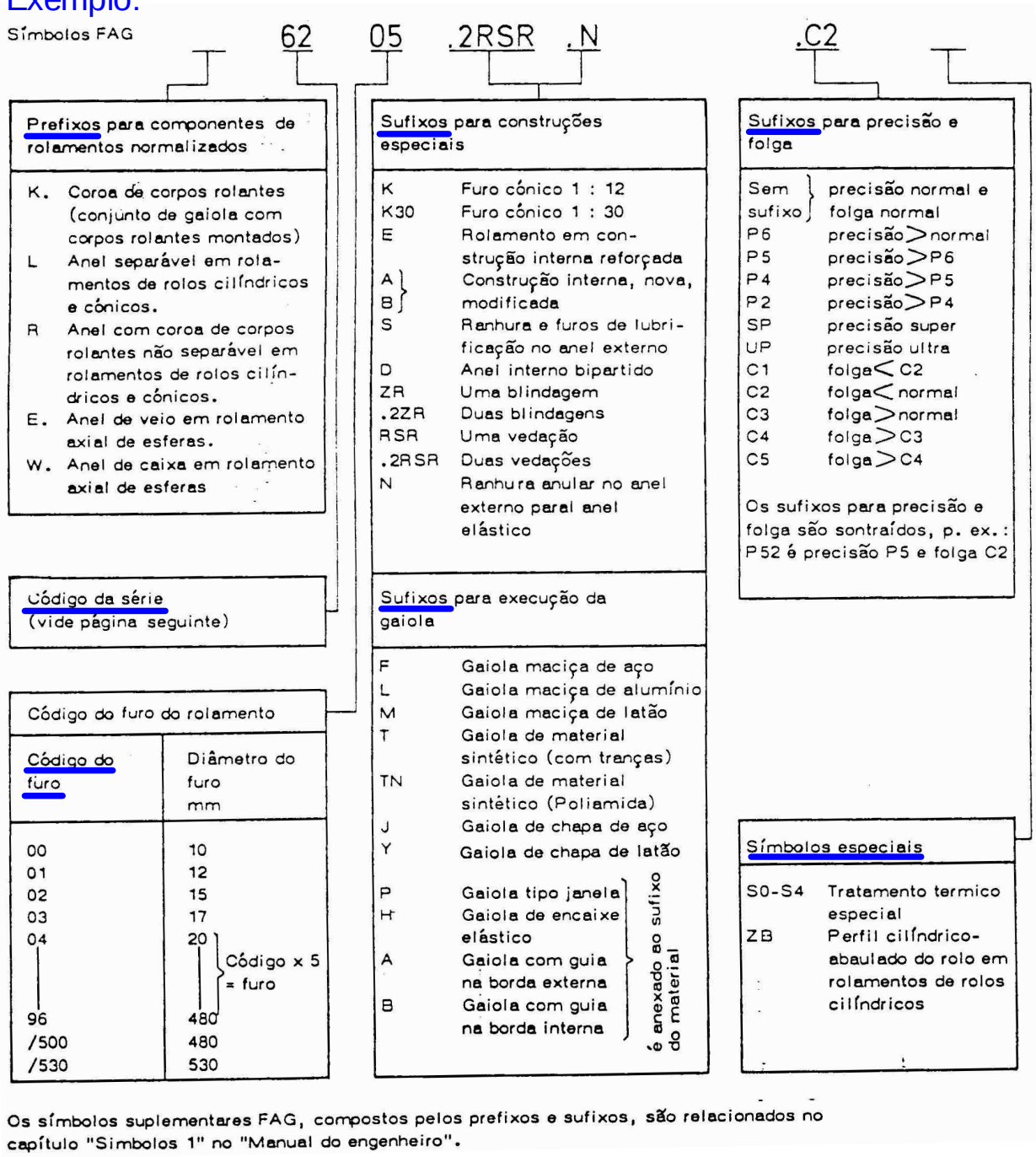


Exemplo:



Rolame

Exemplo:



Os símbolos suplementares FAG, compostos pelos prefixos e sufixos, são relacionados no capítulo "Simbolos 1" no "Manual do engenheiro".

Rolamentos e chumaceiras de escorregamento

Séries de rolamentos • Rolamentos radiais

Série de rolamentos	Rolamento de esferas	Rolamento de esferas de contacto angular	Rolamento de esferas autocom-pensador	Rolamento de rolos cilíndricos	Rolamento de agulhas	Rolamento de rolos cónicos	Rolamento de rolos esféricos de uma carreira autocomp.	Rolamento de rolos esféricos autocom-pensador	Série de largura DIN 616	Série de diâmetro DIN 616
618									1	8
160									0	0
60									1	0
62									0	2
63									0	3
64									0	4
42									2	2
43									2	3
72B									0	2
73B									0	3
B719									1	9
B70									1	0
B72									0	2
32									3	2
33									3	3
CJ2									0	2
CJ3									0	3
12									0	2
13									0	3
22									2	2
23									2	3
N2									0	2
N3									0	3
N4									0	4
NJ2									0	2
NJ22									2	2
NJ3									0	3
NJ23									2	3
NJ4									0	4

Séries de rolamentos • Rolamentos radiais

Série de rolamentos	Rolamento de esferas	Rolamento de esferas de contacto angular	Rolamento de esferas autocom-pensador	Rolamento de rolos cilíndricos	Rolamento de agulhas	Rolamento de rolos cónicos	Rolamento de rolos esféricos de uma carreira autocomp.	Rolamento de rolos esféricos autocom-pensador	Série de largura DIN 616	Série de diâmetro DIN 616
NU10									1	0
NU2									0	2
NU22									2	2
NU3									0	3
NU23									2	3
NU4									0	4
NUP2									0	2
NUP22									2	2
NUP3									0	3
NUP23									2	3
NUP4									0	4
DNKJ										
NAK										
NAF										
NA48										
NA49										
NA69										
320									2	0
330									3	0
331									3	1
302									0	2
322									2	2
332									3	2
303									0	3
313									1	3
323									2	3
202									0	2
203									0	3
204									0	4
239									3	9
230									3	0
240									4	0
231									3	1
241									4	1
222									2	2
232									3	2
213									0	3
223									2	3
233									3	3

Rol

Série de rolamentos • Rolamentos axiais

Série de rolamentos	Rolamento de esferas	Rolamento de esferas de contacto angular	Rolamento de rolos cilíndricos	Coroa de agulhas	Rolamento de rolos esféricos autocompensador	Série de largura DIN616	Série de diâmetro DIN616
511						1	1
512						1	2
513						1	3
514						1	4
532							2
533							3
534							4
522						2	2
523						2	3
524						2	4
542							2
543							3
544							4
7511						1	1
2344							
2347							
811						1	1
812						1	2
ANK							
292						9	2
293						9	3
294						9	4

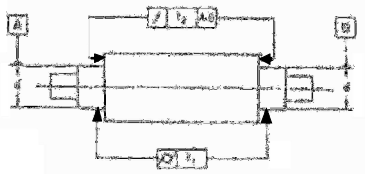
Rolamentos e chumaceiras de escorregamento

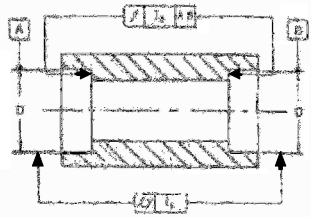
Dados de montagem: Tolerâncias do veio e da caixa



Tolerâncias do veio e da caixa

▼ Valores de referência para usinagem dos assentamentos



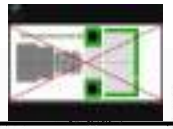


t_1 ⌭ Tolerância de cilindricidade
t_2 ⌓ Tolerância de desvio axial

Classe de tolerância	Assentamento	Tolerância de usinagem	Tolerância de cilindricidade		Tolerância de desvio axial
			Carga rotativa t_1 ⌭	Carga fixa t_1 ⌭	t_2 ⌓
Normal, P6X	Eixo	IT 6 (IT 5)	$\frac{IT4}{2}$ $\left(\frac{IT3}{2}\right)$	$\frac{IT5}{2}$ $\left(\frac{IT4}{2}\right)$	IT 4 (IT 3)
	Caixa ⌀ ≤ 150 mm	IT 6 (IT 7)	$\frac{IT4}{2}$ $\left(\frac{IT5}{2}\right)$	$\frac{IT5}{2}$ $\left(\frac{IT6}{2}\right)$	IT 4 (IT 5)
	Caixa ⌀ > 150 mm	IT 7 (IT 6)	$\frac{IT5}{2}$ $\left(\frac{IT4}{2}\right)$	$\frac{IT6}{2}$ $\left(\frac{IT5}{2}\right)$	IT 5 (IT 4)
P6	Eixo	IT 5	$\frac{IT3}{2}$ $\left(\frac{IT2}{2}\right)$	$\frac{IT4}{2}$ $\left(\frac{IT3}{2}\right)$	IT 3 (IT 2)
	Caixa	IT 6	$\frac{IT4}{2}$ $\left(\frac{IT3}{2}\right)$	$\frac{IT5}{2}$ $\left(\frac{IT4}{2}\right)$	IT 4 (IT 3)
P5	Eixo	IT 5	$\frac{IT2}{2}$	$\frac{IT3}{2}$	IT 2
	Caixa	IT 6	$\frac{IT3}{2}$	$\frac{IT4}{2}$	IT 3
P4, SP	Eixo	IT 4	$\frac{IT1}{2}$	$\frac{IT2}{2}$	IT 1
	Caixa	IT 5	$\frac{IT2}{2}$	$\frac{IT3}{2}$	IT 2
P2, UP, HG	Eixo	IT 3	$\frac{IT0}{2}$	$\frac{IT1}{2}$	IT 0
	Caixa	IT 4	$\frac{IT1}{2}$	$\frac{IT2}{2}$	IT 1

A tolerância de forma cilíndrica t_1 é em relação ao raio. Na medição do diâmetro do eixo ou do furo da caixa pelo método de dois pontos, os valores de tolerância da forma cilíndrica devem ser duplicados: $2 \cdot t_1$. Como regra vale: as tolerâncias de forma, ou seja a descentragem e a conicidade do eixo e do furo da caixa não podem ultrapassar a metade da tolerância de medida, pois devido à pouca espessura dos anéis dos rolamentos os desvios de forma dos assentamentos são passados às pistas.

Tolerâncias do veio



Rolamentos radiais com furo cilíndrico

Tipo de carga	Tipo de construção	Diâmetro do eixo	Deslocamento Carga		Tolerância
Carga fixa para o anel interno — **Veio fixo**	Rolamentos de esferas, rolos e agulhas	todos os tamanhos	Rolamento livre com anel interno deslocável		g6 (g5)
			Rolamento de contato angular de esferas e rolos cônicos com anel interno ajustado		h6 (j6)
Carga rotativa para o anel interno ou carga indeterminada — **Veio rotativo**	Rolamentos de esferas	até 40 mm	Carga normal	(P/C = 0,07 ... 0,15)	j6 (j5)
		até 100 mm	Carga reduzida	(P/C ≤ 0,07)	j6 (j5)
			Carga normal e elevada	(P/C > 0,07)	k6 (k5)
		até 200 mm	Carga reduzida	(P/C ≤ 0,07)	k6 (k5)
			Carga normal e reduzida	(P/C > 0,07)	m6 (m5)
		acima de 200 mm	Carga normal	(P/C = 0,07 ... 0,15)	m6 (m5)
			Carga elevada, choques	(P/C > 0,15)	n6 (n5)
	Rolamentos de rolos e de agulhas	até 60 mm	Carga reduzida	(P/C ≤ 0,07)	j6 (j5)
			Carga normal e elevada	(P/C > 0,07)	k6 (k5)
		até 200 mm	Carga reduzida	(P/C < 0,07)	k6 (k5)
			Carga normal	(P/C = 0,07 ... 0,15)	m6 (m5)
			Carga elevada	(P/C > 0,15)	n6 (n5)
		até 500 mm	Carga normal	(P/C = 0,07 ... 0,15)	m6 (n6)
			Carga elevada, choques	(P/C > 0,15)	p6
		acima de 500 mm	Carga normal	(P/C = 0,07 ... 0,15)	n6 (p6)
			Carga elevada	(P/C > 0,15)	p6

Rolamentos axiais

Tipo de carga	Tipo de construção	Diâmetro do eixo	Condições de serviço	Tolerância
Carga axial	Rolamentos axiais de esferas	todos os tamanhos		j6
	Rolamentos axiais de esferas de escora dupla	todos os tamanhos		k6
	Rolamentos axiais de rolos cilíndricos ou gaiolas axiais de agulhas com anel de eixo	todos os tamanhos		h6 (j6)
	Gaiolas axiais de rolos cilíndricos ou gaiolas axiais de agulhas com anel axial	todos os tamanhos		h10
	Gaiolas axiais de rolos cilíndricos ou gaiolas axiais de agulhas	todos os tamanhos		h8
Carga combinada	Rolamentos axiais autocompensadores de rolos	todos os tamanhos	Carga fixa para o anel de eixo	j6
		até 200 mm	Carga rotativa para o anel de eixo	j6 (k6)
		acima de 200 mm		k6 (m6)

Rolamentos e chumaceiras de escorregamento

Dados de montagem: Tolerâncias e ajustamentos da caixa

Rolamentos radiais

Tipo de carga	Deslocamento Carga	Condições de serviço	Tolerância
Carga fixa para o anel externo	Rolamento livre com anel externo facilmente deslocável	A qualidade de tolerância é determinada pelo grau de precisão de giro necessário	H7 (H6)
Alojamento fixo	Anel externo, geralmente deslocável, rolamento de contato angular de esferas e rolamentos de rolos cônicos com anel externo ajustado	Alta precisão de giro necessária	H6 (J6)
		Precisão de giro normal	H7 (J7)
		Aquecimento vindo do eixo	G7
Carga rotativa para o anel externo ou carga indeterminada	Carga reduzida (P/C < 0,07)	Caso seja requerida alta precisão de giro K6, M6, N6 e P6	K7 (K6)
	Carga normal, choques (P/C = 0,07 ... 0,15)		M7 (M6)
	Carga elevada, choques (P/C > 0,15)		N7 (N6)
Alojamento rotativo	Carga elevada, fortes choques, caixas de parede fina		P7 (P6)

Rolamentos axiais

Tipo de carga	Tipo de construção	Condições de serviço	Tolerância
Carga axial	Rolamentos axiais de esferas	Precisão de giro normal Precisão de giro elevado	E8 H6
	Rolamentos axiais de rolos cilíndricos ou gaiolas axiais de agulhas com anel de caixa		H7 (K7)
	Rolamentos axiais de rolos cilíndricos ou gaiolas axiais de agulhas com anel axial		H11
	Gaiolas axiais de rolos cilíndricos ou gaiolas axiais de agulhas		H10
	Rolamentos axiais autocompensadores de rolos	Carga normal Carga elevada	E8 G7
Carga combinada Carga fixa para o anel de caixa	Rolamentos axiais autocompensadores de rolos		H7
Carga combinada Carga rotativa para o anel de caixa	Rolamentos axiais autocompensadores de rolos	(P/C = 0,07 ... 0,15) (P/C > 0,15)	K7 M7

Medidas em mm

Medida nominal do furo da caixa	de	6	10	18	30	50	80
	até	10	18	30	50	80	120

Tolerância em µm (Tolerância normal)

Desvio do diâmetro externo do rolamento	Δ_{Dmp}	0 −8	0 −8	0 −9	0 −11	0 −13	0 −15

Esquema do ajuste: Caixa / Rolamento (Medida nominal)

Tolerância do furo da caixa, interferência ou folga do ajuste em µm

E8	+47 | 25 +25 | 35 55	+59 | 32 +32 | 44 67	+73 | 40 +40 | 54 82	+89 | 50 +50 | 67 100	+106 | 60 +60 | 79 119	+126 | 72 +72 | 85 141
F7	+28 | 13 +13 | 21 36	+34 | 16 +16 | 25 42	+41 | 20 +20 | 30 50	+50 | 25 +25 | 37 61	+60 | 30 +30 | 44 73	+71 | 36 +36 | 53 86
G6	+14 | 5 +5 | 11 22	+17 | 6 +6 | 12 25	+20 | 7 +7 | 14 29	+25 | 9 +9 | 18 36	+29 | 10 +10 | 21 42	+34 | 12 +12 | 24 49
G7	+20 | 5 +5 | 13 28	+24 | 6 +6 | 15 32	+28 | 7 +7 | 17 37	+34 | 9 +9 | 21 45	+40 | 10 +10 | 24 53	+47 | 12 +12 | 29 62
H6	+9 | 0 0 | 6 17	+11 | 0 0 | 6 19	+13 | 0 0 | 7 22	+16 | 0 0 | 9 27	+19 | 0 0 | 11 32	+22 | 0 0 | 12 37
H7	+15 | 0 0 | 8 23	+18 | 0 0 | 9 26	+21 | 0 0 | 10 30	+25 | 0 0 | 12 36	+30 | 0 0 | 14 43	+35 | 0 0 | 17 50
H8	+22 | 0 0 | 10 30	+27 | 0 0 | 12 35	+33 | 0 0 | 14 42	+39 | 0 0 | 17 50	+46 | 0 0 | 20 59	+54 | 0 0 | 23 69
J6	+5 | 4 −4 | 2 13	+6 | 5 −5 | 1 14	+8 | 5 −5 | 2 17	+10 | 6 −6 | 3 21	+13 | 6 −6 | 5 26	+16 | 6 −6 | 6 31
J7	+8 | 7 −7 | 1 16	+10 | 8 −8 | 1 18	+12 | 9 −9 | 1 21	+14 | 11 −11 | 1 25	+18 | 12 −12 | 2 31	+22 | 13 −13 | 4 37
JS6	+4,5 | 4,5 −4,5 | 2 12,5	+5,5 | 5,5 −5,5 | 1 13,5	+6,5 | 6,5 −6,5 | 0 15,5	+8 | 8 −8 | 1 19	+9,5 | 9,5 −9,5 | 0 22,5	+11 | 11 −11 | 1 26
JS7	+7,5 | 7,5 −7,5 | 1 15,5	+9 | 9 −9 | 0 17	+10,5 | 10,5 −10,5 | 1 19,5	+12,5 | 12,5 −12,5 | 1 23,5	+15 | 15 −15 | 1 28	+17,5 | 17,5 −17,5 | 1 32,5
K6	+2 | 7 −7 | 1 10	+2 | 9 −9 | 3 10	+2 | 11 −11 | 4 11	+3 | 13 −13 | 4 14	+4 | 15 −15 | 4 17	+4 | 18 −18 | 6 19
K7	+5 | 10 −10 | 2 13	+6 | 12 −12 | 3 14	+6 | 15 −15 | 5 15	+7 | 18 −18 | 6 18	+9 | 21 −21 | 7 22	+10 | 25 −25 | 8 25

Exemplo: Furo de caixa ø 100 K6

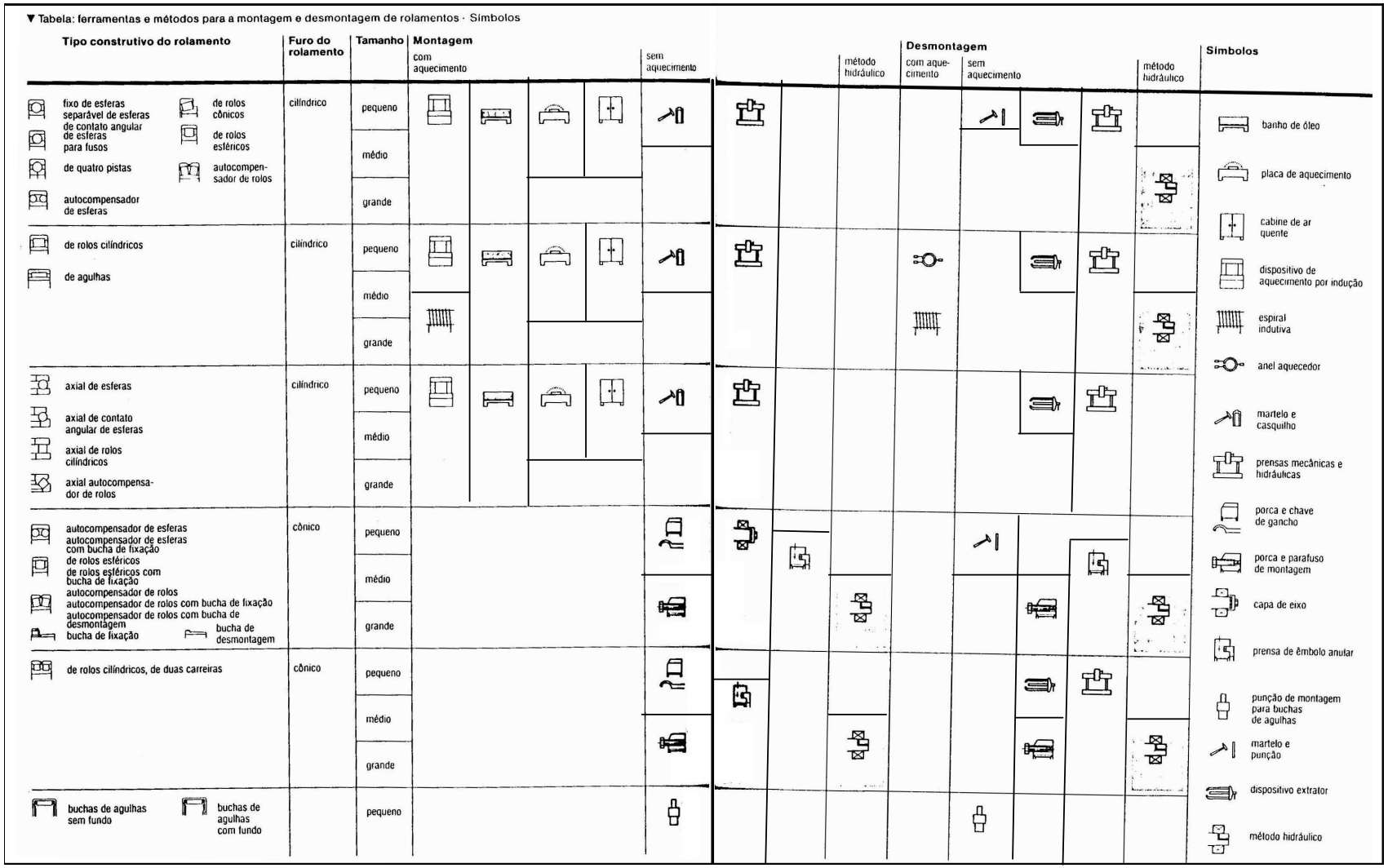
Lado não passa	+4	18	Interferência ou folga em caso de coincidência dos lados passa
		6	Interferência ou folga provável
Lado passa	−18	19	Interferência ou folga em caso de coincidência dos lados não passa

Os números em vermelho significam interferência
Os números em preto no grupo de 3 significam folga

Rolamentos e chumaceiras de escorregamento

Montagem e desmontagem: Ferramentas e métodos

▼ Tabela: ferramentas e métodos para a montagem e desmontagem de rolamentos · Símbolos



Rolamentos e chumaceiras de escorregamento

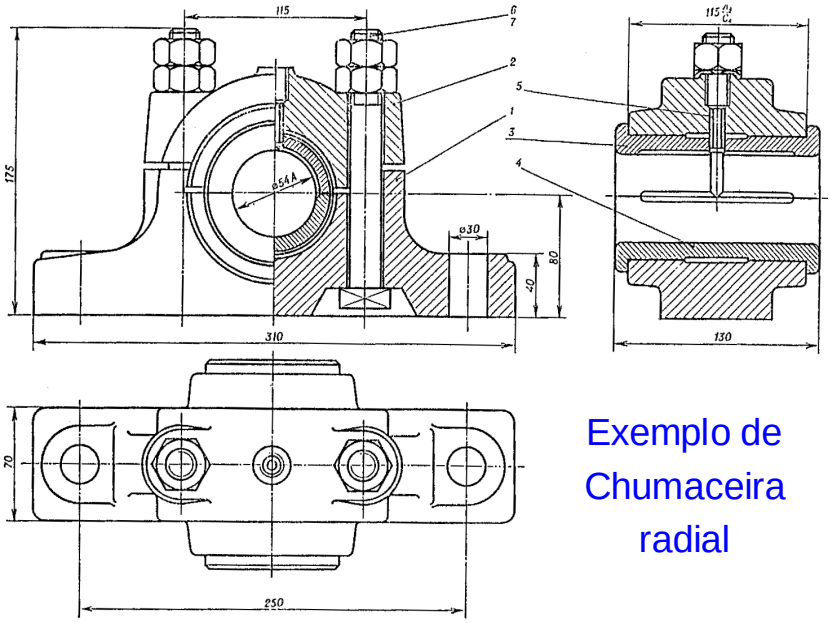
Chumaceiras de escorregamento

"Plain bearings"

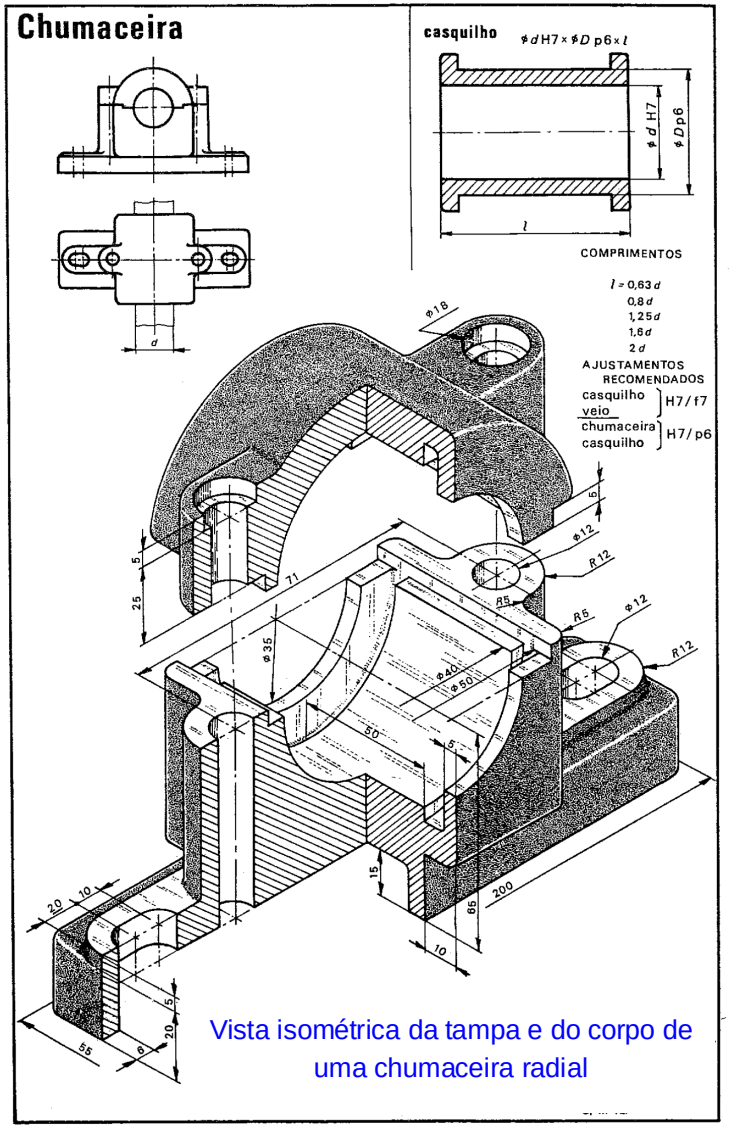


Para o apoio de veios, com movimento de rotação, que transmitem esforços, com ou sem possibilidade de absorção de pequenos desvios do veio.

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



Exemplo de Chumaceira radial



Vista isométrica da tampa e do corpo de uma chumaceira radial

Chumaceiras de escorregamento (ou lisas)

Propriedades:

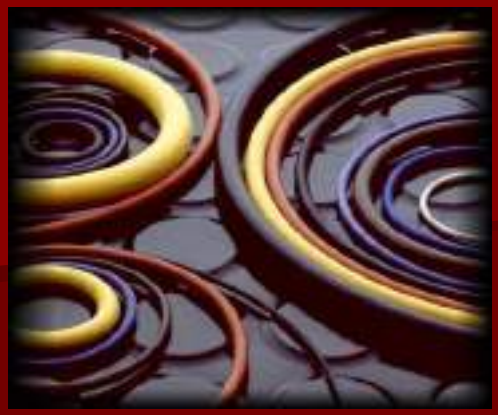
- A área de lubrificação relativamente grande amortece as vibrações, o choque e o ruído.
- Menor sensibilidade aos choques e às poeiras.
- Folgas no apoio mais reduzidas.
- Tolerâncias de ajustamento relativamente grandes.
- Para grandes diâmetros são mais baratos do que os apoios de rolamento.
- Quando bem dimensionadas usam-se para grandes cargas ou velocidades elevadas.
- A baixas velocidades (e no arranque) podem ter problemas de lubrificação (desgaste).

Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP





Juntas de vedação para aplicação dinâmica



José António Almacinha

6.1 Representação simplificada geral (NP EN ISO 9222-1)

Para quando não é necessário mostrar a forma exacta e os detalhes das juntas de vedação ("seals"), por exemplo, em desenhos de conjunto.

Linhas - Todos os elementos da representação simplificada de uma junta de vedação devem ser desenhados a traço contínuo grosso.

Escala - O contorno de uma representação simplificada de uma junta de vedação deve ser desenhado na escala que é usada para o desenho.

6.1.1.1 Representação simplificada geral

Sem especificação da configuração do lábio da junta, em que não é necessário representar o contorno exacto.

A cruz não deve tocar nos contornos.

Esta representação pode ser utilizada num ou em ambos os lados do eixo.

Só deve ser usada quando o sentido de vedação não é importante

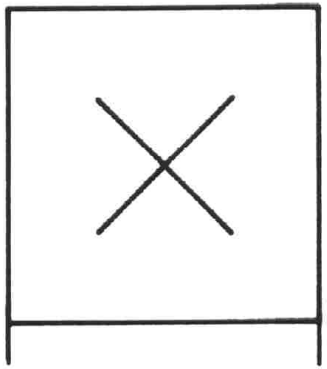


Figura 6.1

Se for necessário mostrar o sentido de vedação, deve acrescentar-se uma seta à cruz em diagonal.

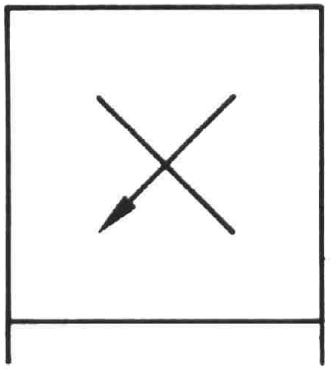


Figura 6.2

Se for necessário mostrar o contorno exacto de uma composição de junta de vedação, tal deve ser representado, com a cruz em diagonal numa posição central. **A cruz não deve tocar nos contornos**.

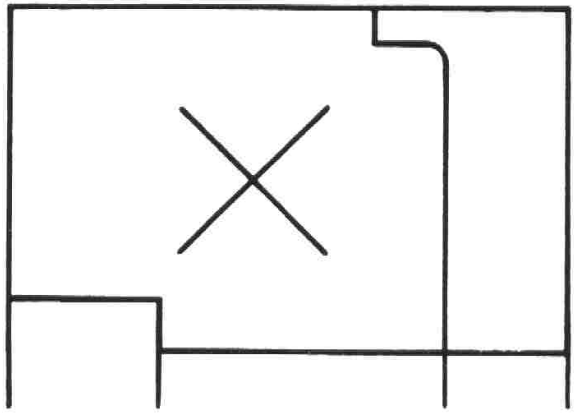


Figura 6.3

Se a junta de vedação permite mais do que um sentido de montagem, o sentido de montagem desejado deve ser indicado, por exemplo, através de texto ou de especificação.

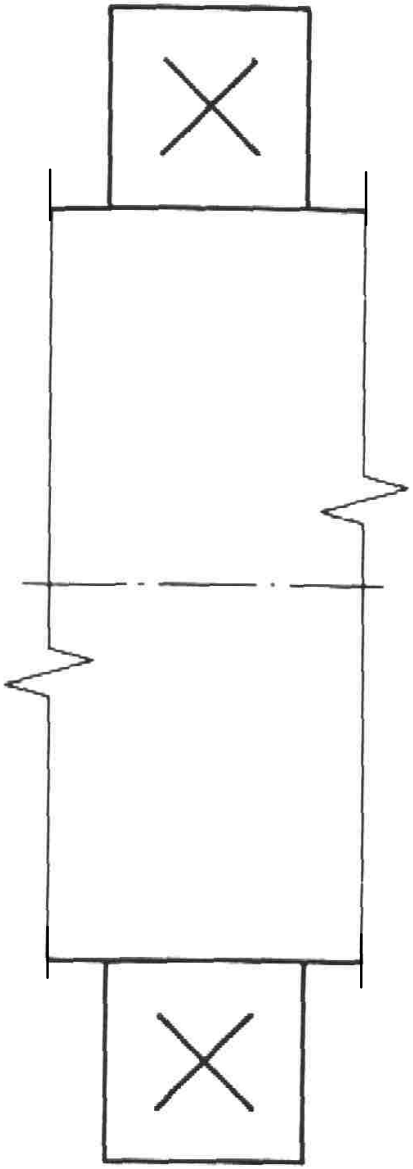


Figura 6.4

6.1.2 Tracejados

Em representações simplificadas, os tracejados devem ser evitados.

Em casos especiais, para uma maior clareza (ex.: em representações mais detalhadas ou em ilustrações para catálogos, de acordo com a ISO 9222-2), **todas as armaduras e elementos similares das juntas de vedação devem ser tracejados** com a mesma orientação e com linhas a traço contínuo fino **ou enegrecidos**.

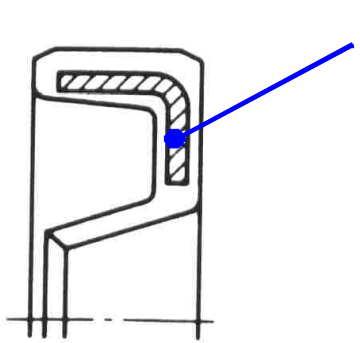


Figura 6.5 – Armadura tracejada

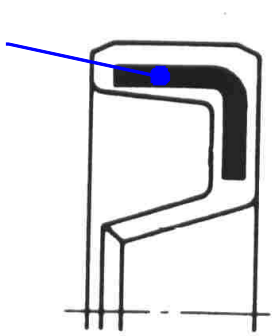


Figura 6.6 – Armadura enegrecida

6.2 Representação simplificada particular (NP EN ISO 9222-2)

Se for necessário mostrar a forma exacta e os detalhes das juntas de vedação (“seals”), por exemplo, em desenhos de conjunto.

A representação simplificada particular mostra mais detalhes de uma junta de vedação, por exemplo, a configuração dos lábios.

6.2.1 Elementos para a representação simplificada particular de juntas de vedação

Quadro 6.1 – Elementos para a representação simplificada de diversas juntas de vedação

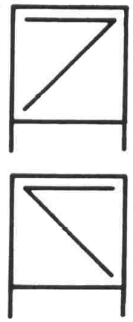
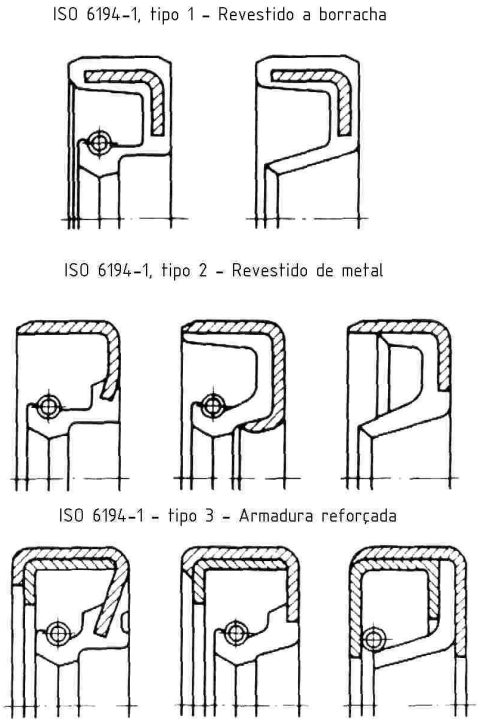
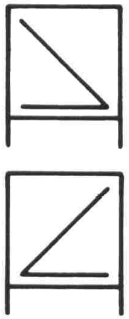
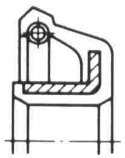
Nº	Elemento	Descrição	Aplicação
1.1		Linha recta contínua longa (paralela a uma geratriz da superfície de vedação)	**O elemento** (junta de vedação ou peça da junta de vedação ou função) **estático** (introduzido com pressão, fixo)
1.2		Linha recta contínua longa (na diagonal em relação ao contorno) [1)]	**O elemento de vedação dinâmica** (lábio) ou função (peça da junta de vedação) Combinado com o símbolo nº1.1, indica a posição do lado da vedação dinâmica contra fluídos, gases e sólidos
1.3		Linha recta contínua curta (em diagonal em relação ao contorno e a 90º relativa-mente ao símbolo nº1.2) [1)]	Em combinação com o símbolo nº1.2, **lábios antipoeiras, raspadores**, etc.
1.4.1		Linha recta contínua curta inclinada dirigida para o centro do quadrado [1)]	**Lábios de vedação de vedantes em U, de anéis em V, de conjuntos de empanque**, etc.
1.4.2		Linha recta contínua curta dirigida para o centro do quadrado	Tal como 1.4.1 **para vedantes em U, anéis em V, conjuntos de empanque**, etc.
1.5		T (macho) (T dentro do U)	**Juntas de vedação sem contacto**, por exemplo, **vedações por labirinto**
1.6		U (fêmea)	

1) O sentido de vedação pode ser indicado através de uma seta.





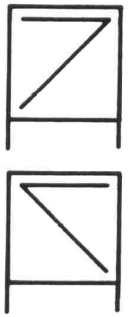
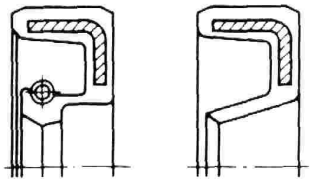
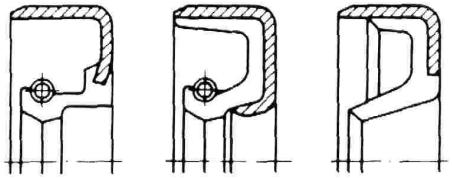
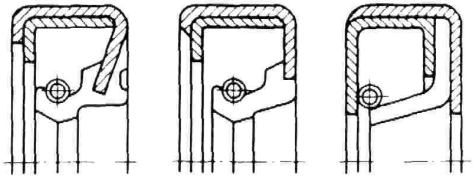
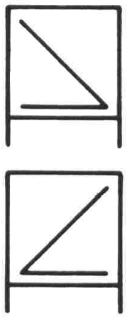
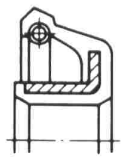
Quadro 6.2 – Representação simplificada particular

Nº	Representação simplificada particular	Aplicação Juntas de vedação para movimentos relativos de rotação	Ilustração [1)]
2.1		 **Anéis de vedação (retentores)** com lábio para veios rotativos, sem lábio antipoeira **Elementos mecânicos de vedação** **(ISO 6194-1)**	
2.2		**Anéis de vedação (retentores)** com lábio para veios rotativos, sem lábio antipoeira Elementos mecânicos de vedação (ISO 6194-1)	

1) Este tipo de ilustração não é, geralmente, utilizado em desenhos técnicos, mas, em contrapartida, é utilizado em catálogos, manuais de utilização, prospectos, etc.



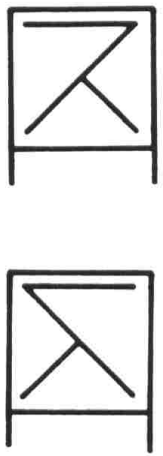
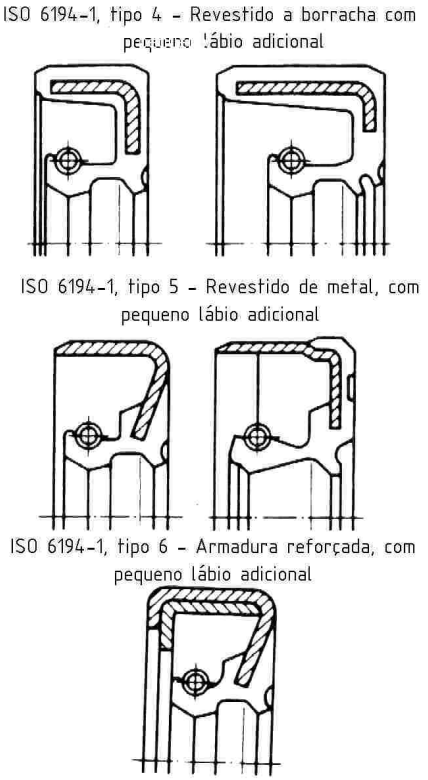
Quadro 6.2 – Representação simplificada particular

Nº	Representação simplificada particular	Aplicação Juntas de vedação para movimentos relativos de translação	Ilustração [1)]
2.1		**Juntas de vedação (vedantes)** para hastes de êmbolos, sem raspador **(ISO 5597)**	ISO 6194-1, tipo 1 – Revestido a borracha  ISO 6194-1, tipo 2 – Revestido de metal  ISO 6194-1 – tipo 3 – Armadura reforçada 
2.2		**Juntas de vedação (vedantes)** para hastes de êmbolos, sem raspador (ISO 5597)	

1) Este tipo de ilustração não é, geralmente, utilizado em desenhos técnicos, mas, em contrapartida, é utilizado em catálogos, manuais de utilização, prospectos, etc.

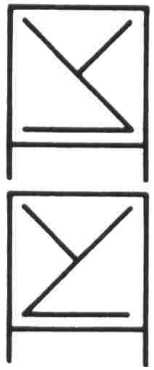
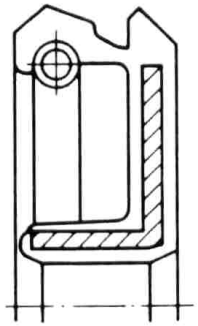
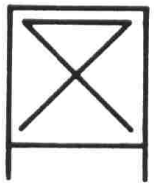
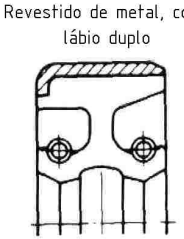
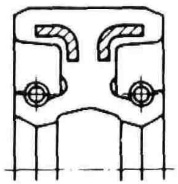
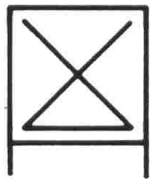
Juntas de vedação para aplicação dinâmica

Quadro 6.2 (continuação)

Nº	Representação simplificada particular	Aplicação Juntas de vedação para movimentos relativos de rotação	Ilustração [1)]
2.3		 **Anéis de vedação (retentores)** com lábio para veios rotativos, com lábio antipoeira **(ISO 6194-1)**	

Juntas de vedação para aplicação dinâmica

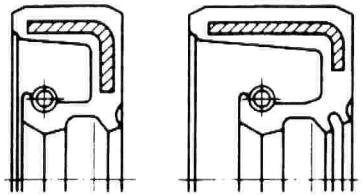
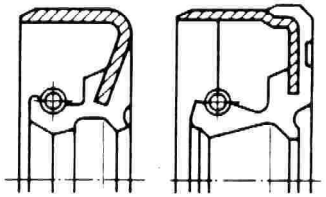
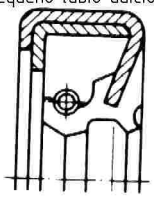
Quadro 6.2 (continuação)

2.4		**Anéis de vedação (retentores)** com lábio para veios rotativos, com lábio antipoeira (ISO 6194-1)	
2.5		**Anéis de vedação (retentores)** com lábio para veios rotativos, sem lábio antipoeira, de duplo efeito Elementos mecânicos de vedação	 Revestido de metal, com lábio duplo  Revestido a borracha, com lábio duplo
2.6		**Anéis de vedação (retentores)** com lábio para veios rotativos, sem lábio antipoeira, de duplo efeito Elementos mecânicos de vedação	

1) Este tipo de ilustração não é, geralmente, utilizado em desenhos técnicos, mas, em contrapartida, é utilizado em catálogos, manuais de utilização, prospectos, etc.

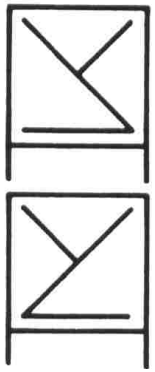
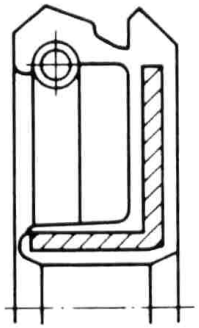
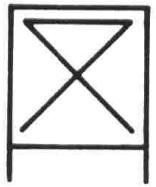
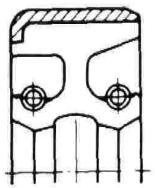
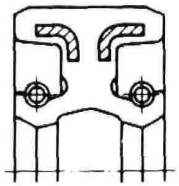
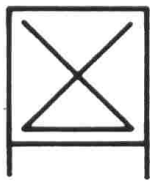
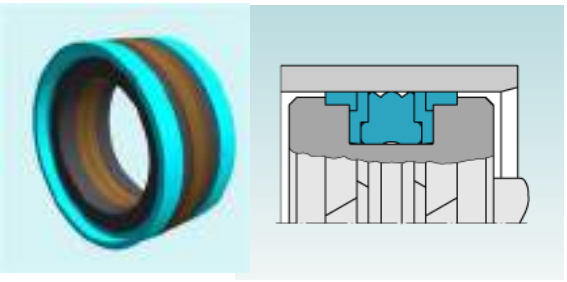
Juntas de vedação para aplicação dinâmica

Quadro 6.2 (continuação)

Nº	Representação simplificada particular	Aplicação Juntas de vedação para movimentos relativos de translação	Ilustração [1)]
2.3		**Juntas de vedação (vedantes)** para hastes de êmbolos, com raspador	ISO 6194-1, tipo 4 – Revestido a borracha com pequeno lábio adicional  ISO 6194-1, tipo 5 – Revestido de metal, com pequeno lábio adicional  ISO 6194-1, tipo 6 – Armadura reforçada, com pequeno lábio adicional 

Juntas de vedação para aplicação dinâmica

Quadro 6.2 (continuação)

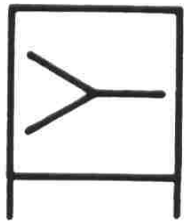
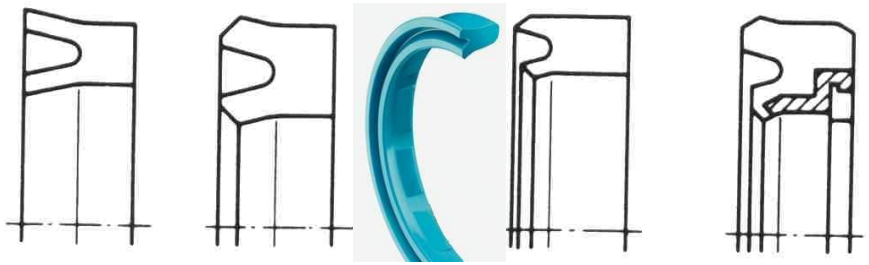
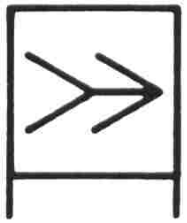
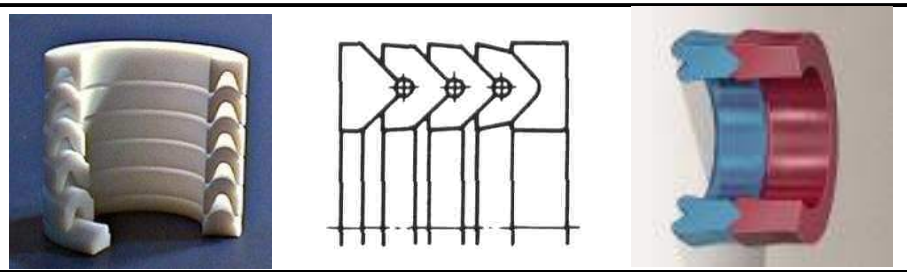
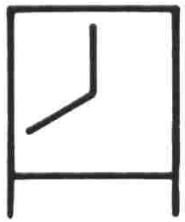
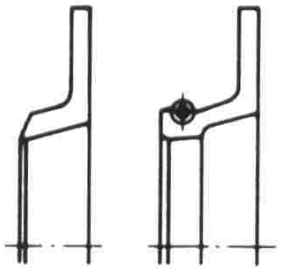
2.4		**Juntas de vedação (vedantes)** para hastes de êmbolos, com raspador	
2.5		**Juntas de vedação (vedantes)** para hastes de êmbolos, de duplo efeito	Revestido de metal, com lábio duplo  Revestido a borracha, com lábio duplo 
2.6		**Juntas de vedação (vedantes)** para hastes de êmbolos, de duplo efeito ISO 6547	

1) Este tipo de ilustração não é, geralmente, utilizado em desenhos técnicos, mas, em contrapartida, é utilizado em catálogos, manuais de utilização, prospectos, etc.

Juntas de vedação para aplicação dinâmica

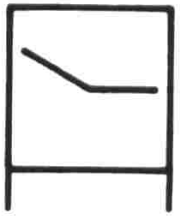
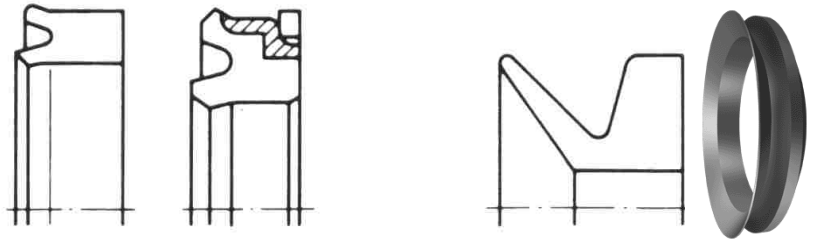
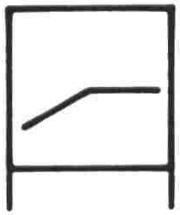
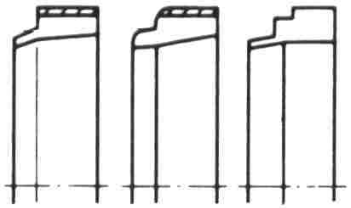
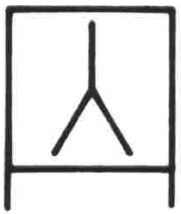
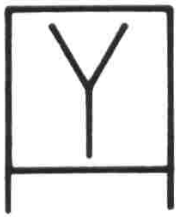
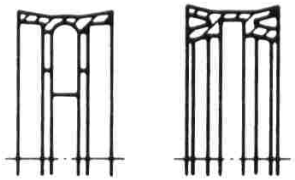


Quadro 6.3 – Representação simplificada particular de **vedantes em U, de conjuntos de empanque e de anéis em V**

Nº	Representação simplificada particular	Aplicação
3.1		
3.2		
3.3		

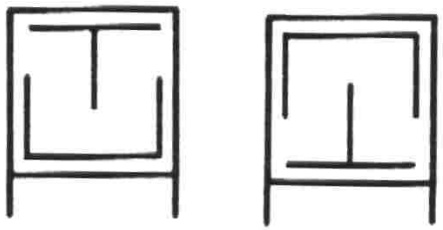
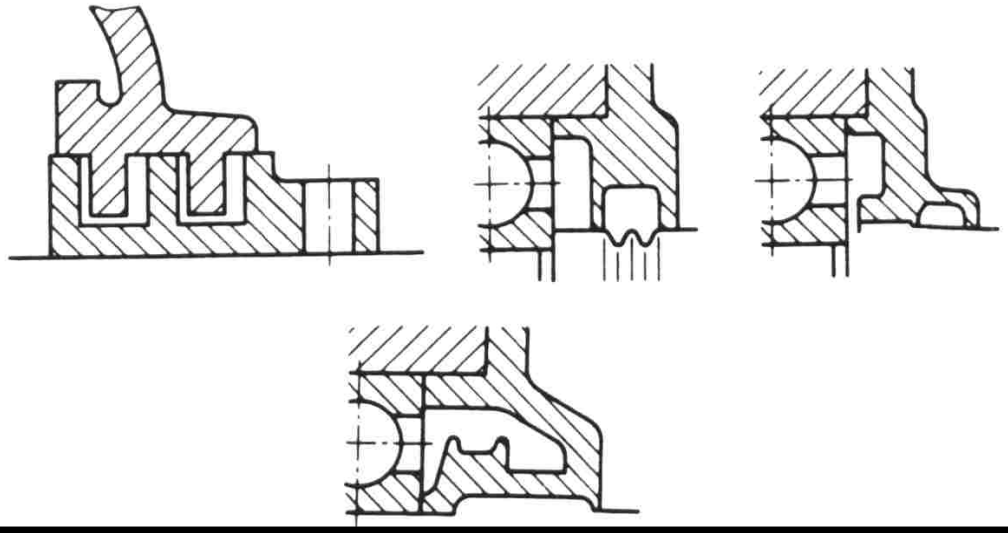
Juntas de vedação para aplicação dinâmica

Quadro 6.3 (continuação)

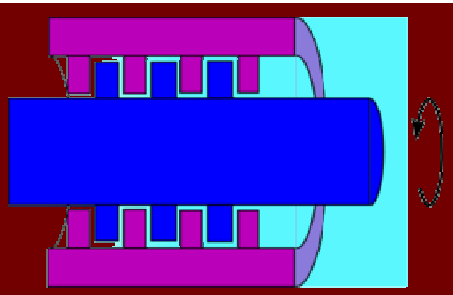
3.4		
3.5		
3.6		
3.7		

Juntas de vedação para aplicação dinâmica

Quadro 6.4 – Representação simplificada particular de **vedações por labirinto** (qualquer que seja o número de labirintos)

Nº	Representação simplificada particular	Aplicação
4.1		







Juntas de vedação para aplicação dinâmica

6.2.4 Exemplos

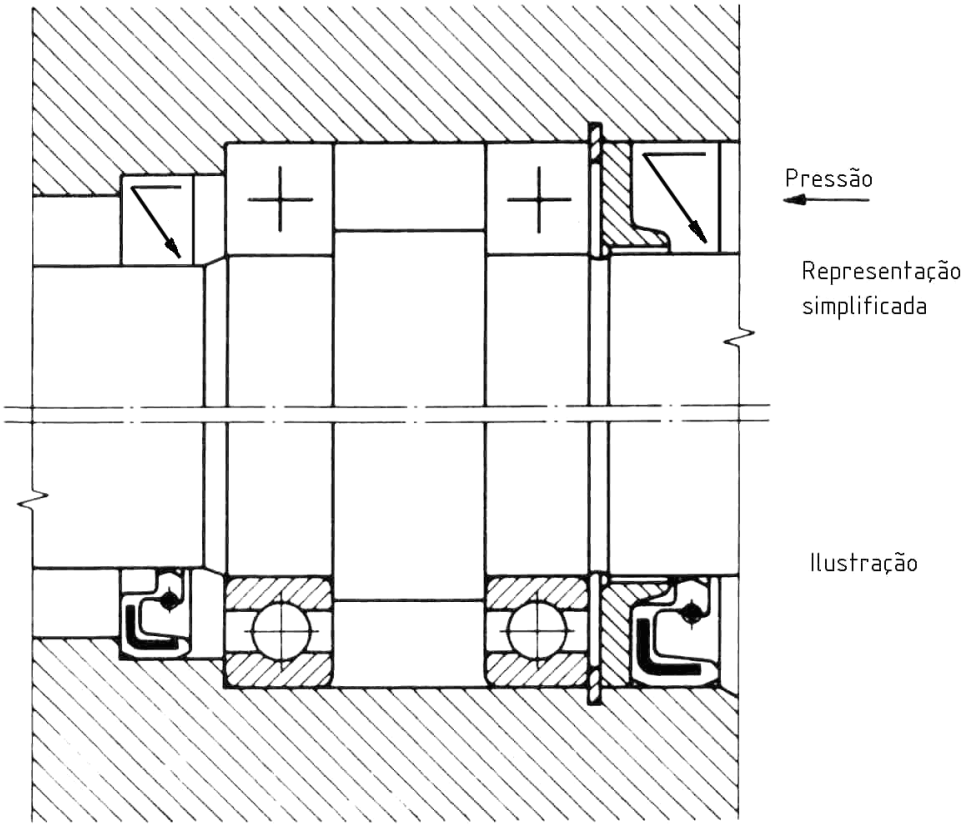


Figura 6.7 – Anéis de vedação (**retentores**) com lábio para veio rotativo (vedação contra fluídos)

Juntas de vedação para aplicação dinâmica

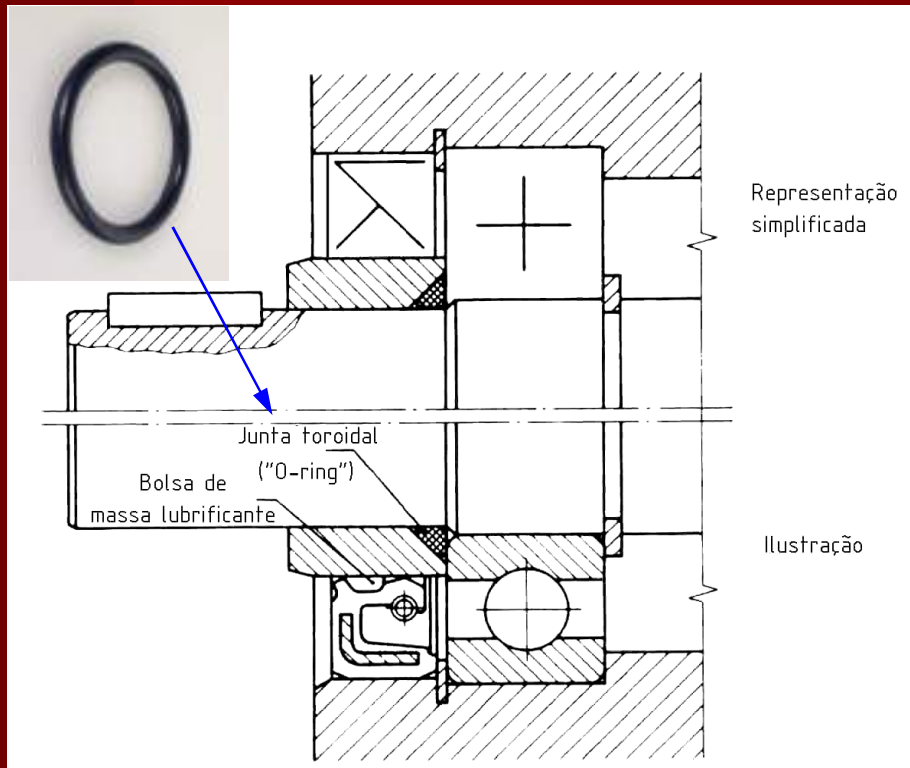


Figura 6.8 – Anel de vedação (**retentor**) com lábio para veio rotativo, com lábio antipoeiras

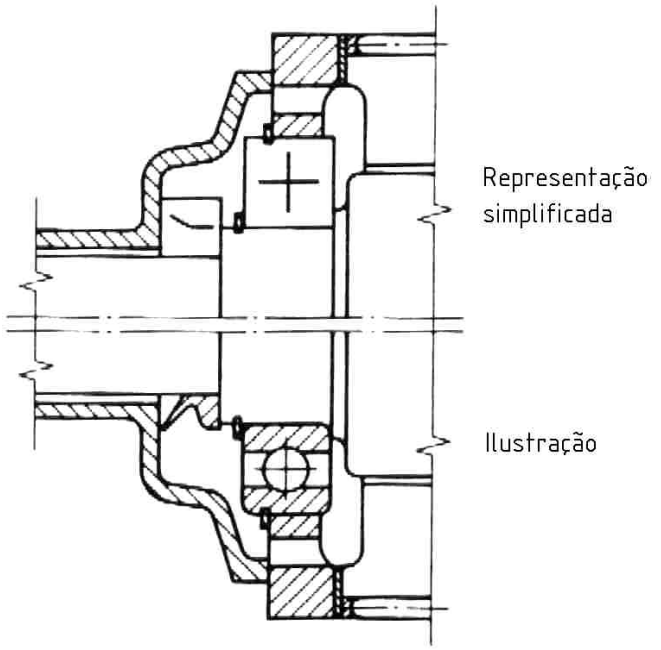


Figura 6.10 – **Anel em V**

Juntas de vedação para aplicação dinâmica

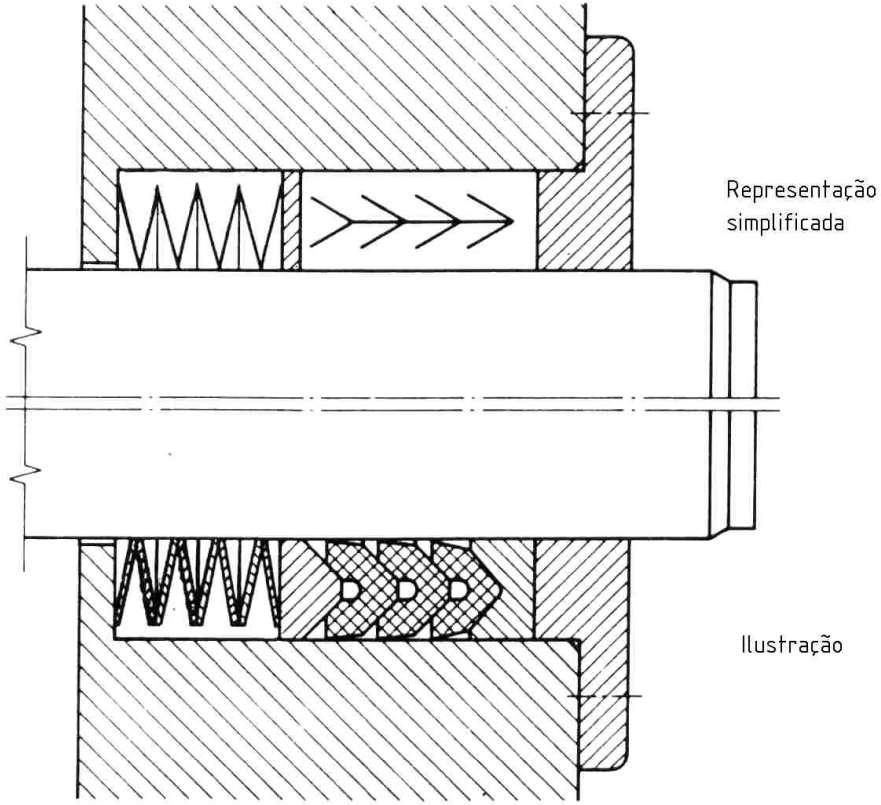


Figura 6.9 – Conjunto de empanque (anilhas elásticas cónicas + vedantes)

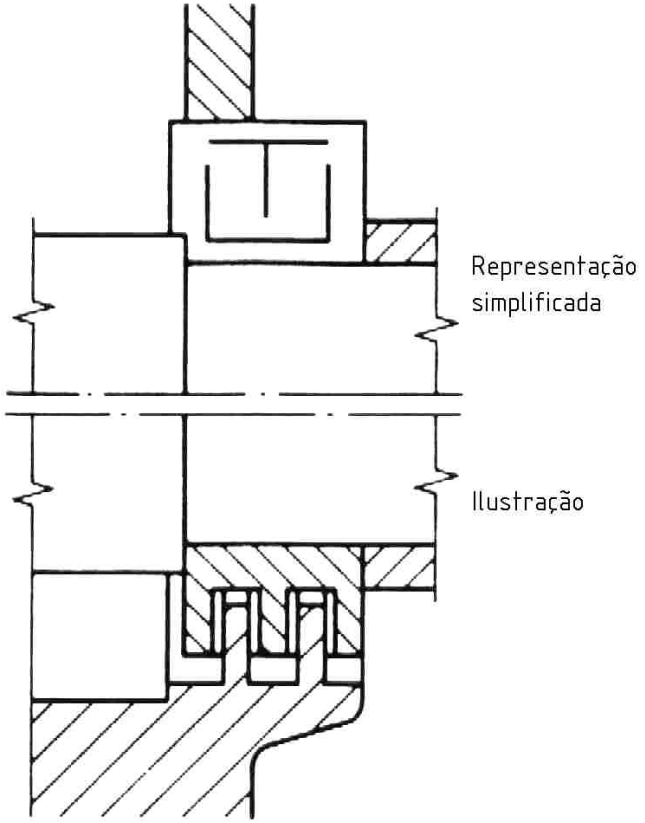


Figura 6.11 – Vedação por labirinto

Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP





Molas

José António Almacinha

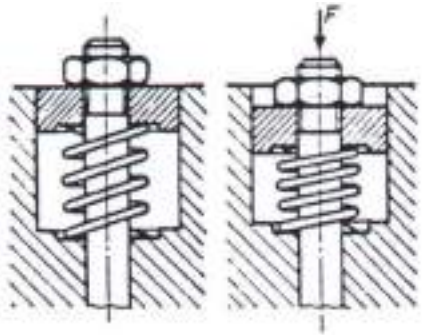
LIGAÇÕES ELÁSTICAS EM GERAL

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 Ligações com molas

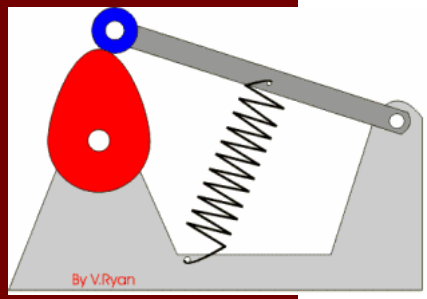


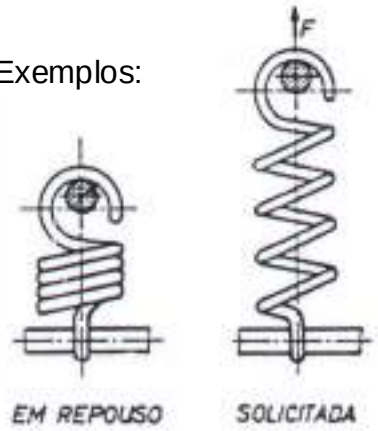
Molas helicoidais DE COMPRESSÃO



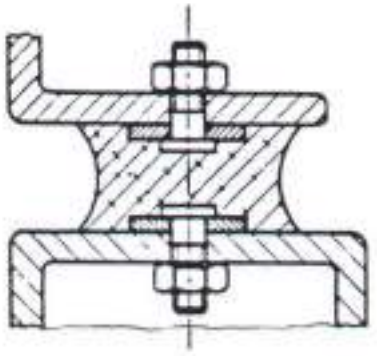
Molas helicoidais DE TRACÇÃO

Exemplos:





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.

Molas

Ver livro DTB-3, pág. 280 e norma NP EN ISO 2162-1

As molas são dispositivos mecânicos destinados a armazenar energia quando são deformados e para restituir a quantidade de energia equivalente quando são libertados.

Quanto ao modo como trabalham (resistência às acções aplicadas), as molas podem ser de compressão, de tracção ou de torção.



Molas

Quanto à forma, as molas podem ser helicoidais, em voluta, de disco, em espiral e de lâminas.





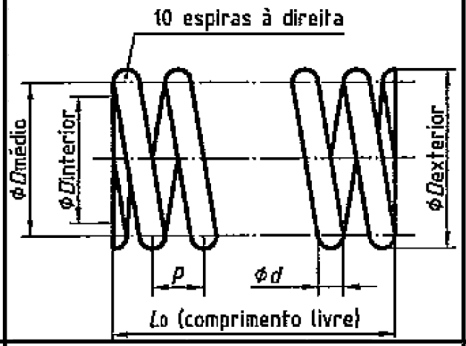
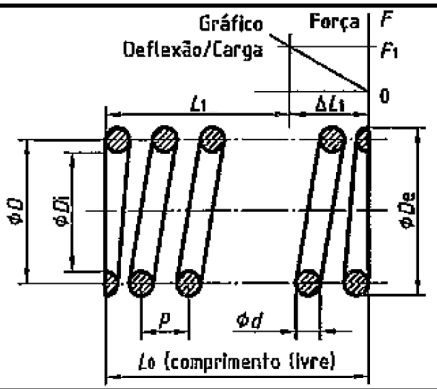
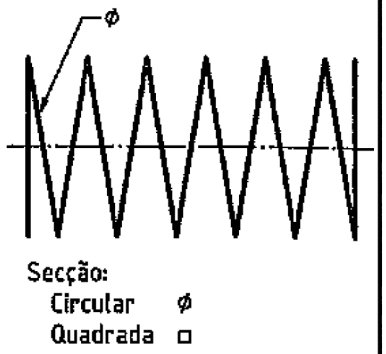
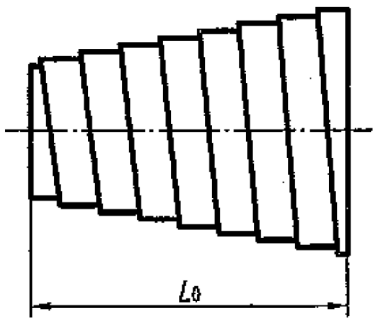
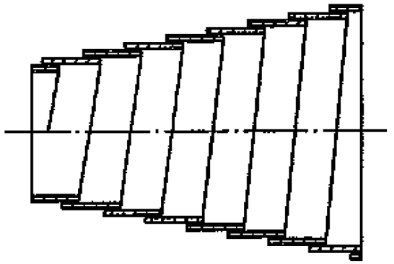
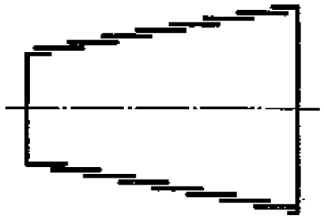




Molas

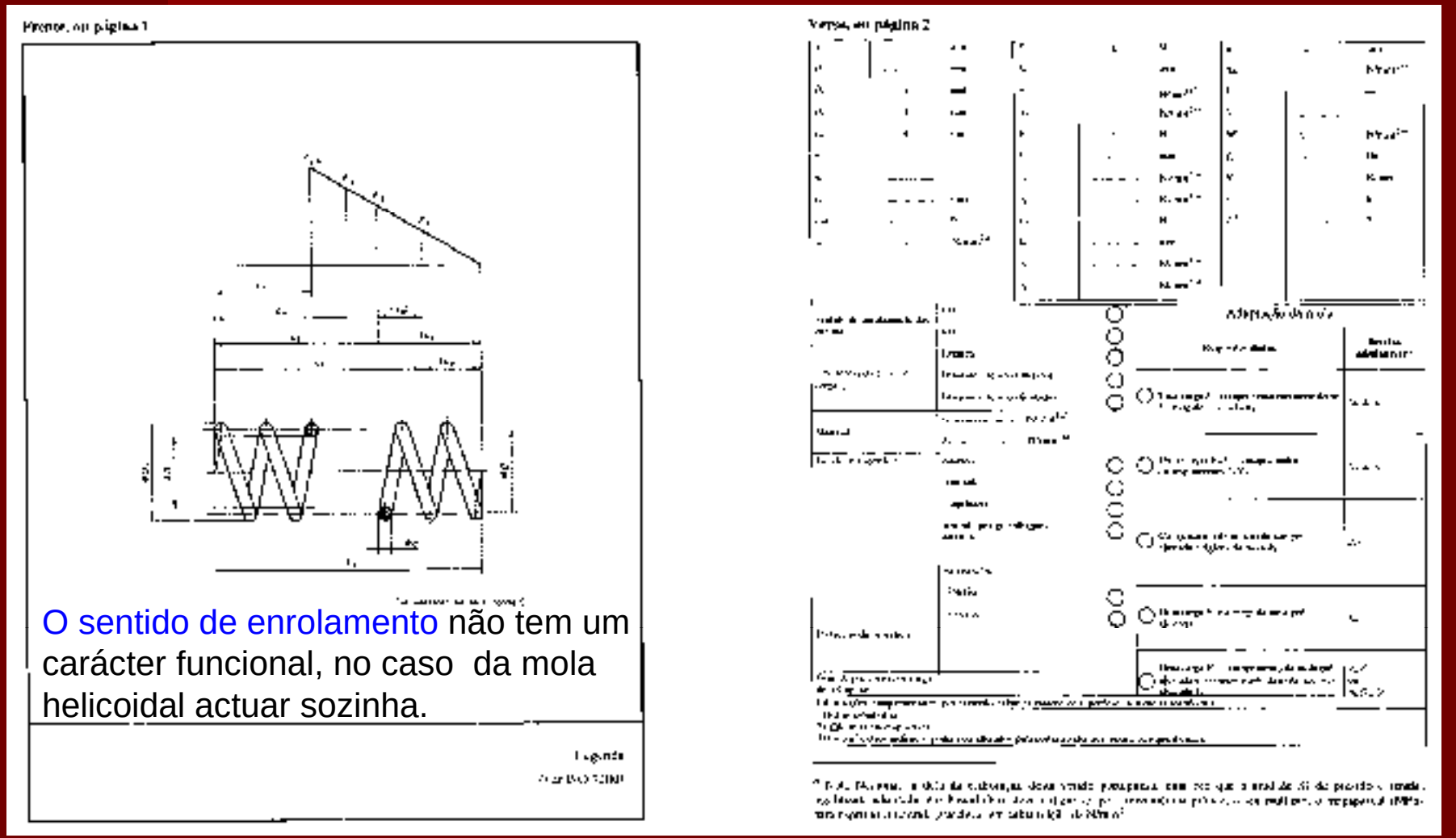
Ver livro DTB-3, pág. 280 e norma NP EN ISO 2162-1

As molas de compressão opõem-se a uma força de compressão aplicada axialmente.

Designação	Representação em vista exterior	Representação em corte	Represent. esquemática
Molas de compressão **Helicoidal cilíndrica**			
Molas de compressão **Helicoidal cónica** Mola em voluta			

Molas

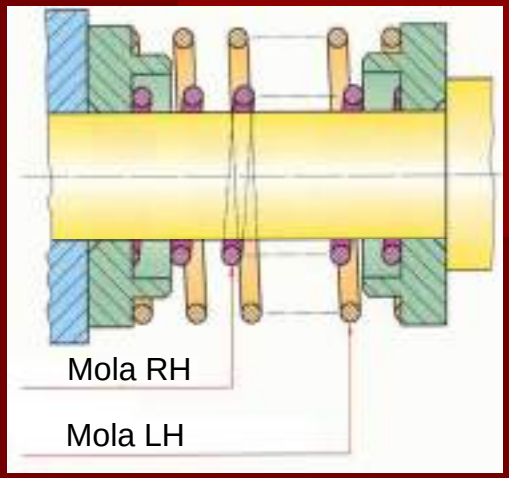
Exemplo de ficha pré-impressa para a apresentação de um conjunto de dados técnicos de uma mola (NP EN ISO 2162-2)



O sentido de enrolamento não tem um carácter funcional, no caso da mola helicoidal actuar sozinha.

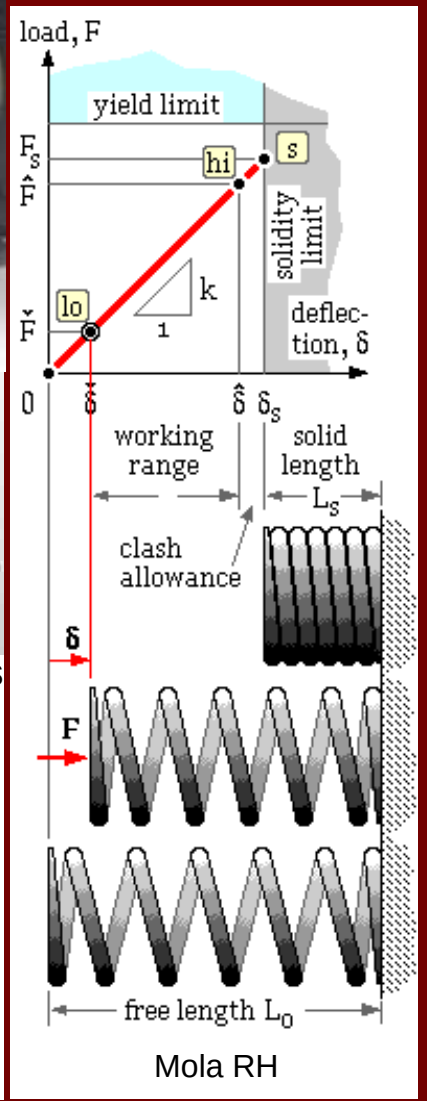
Molas

Exemplos:



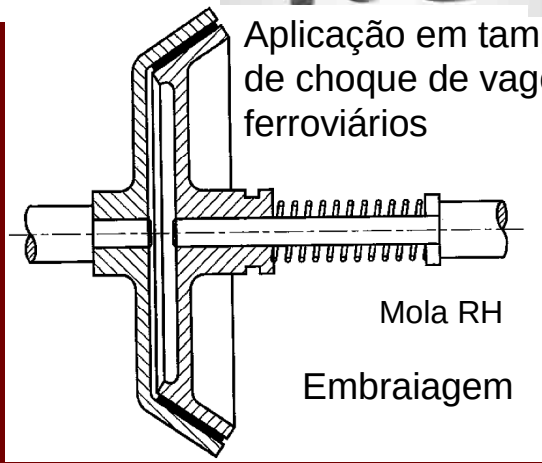










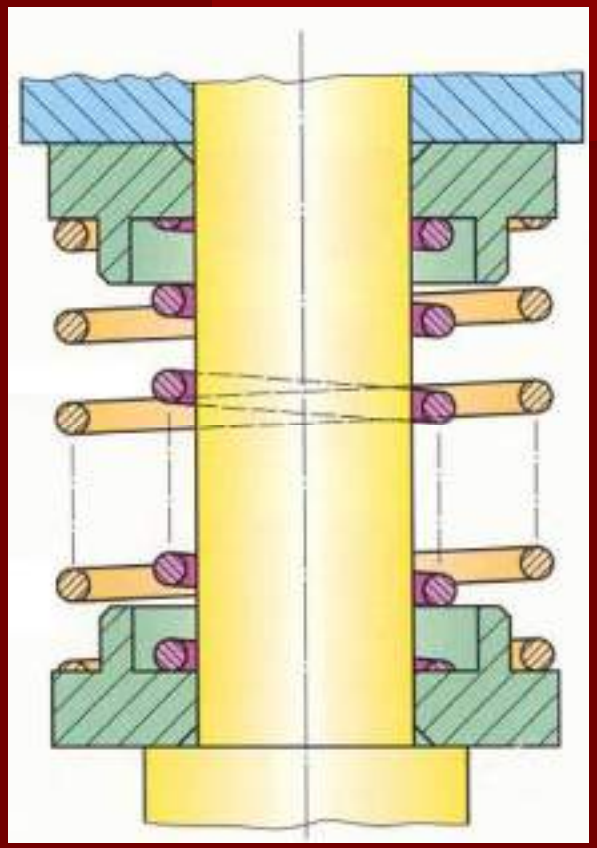


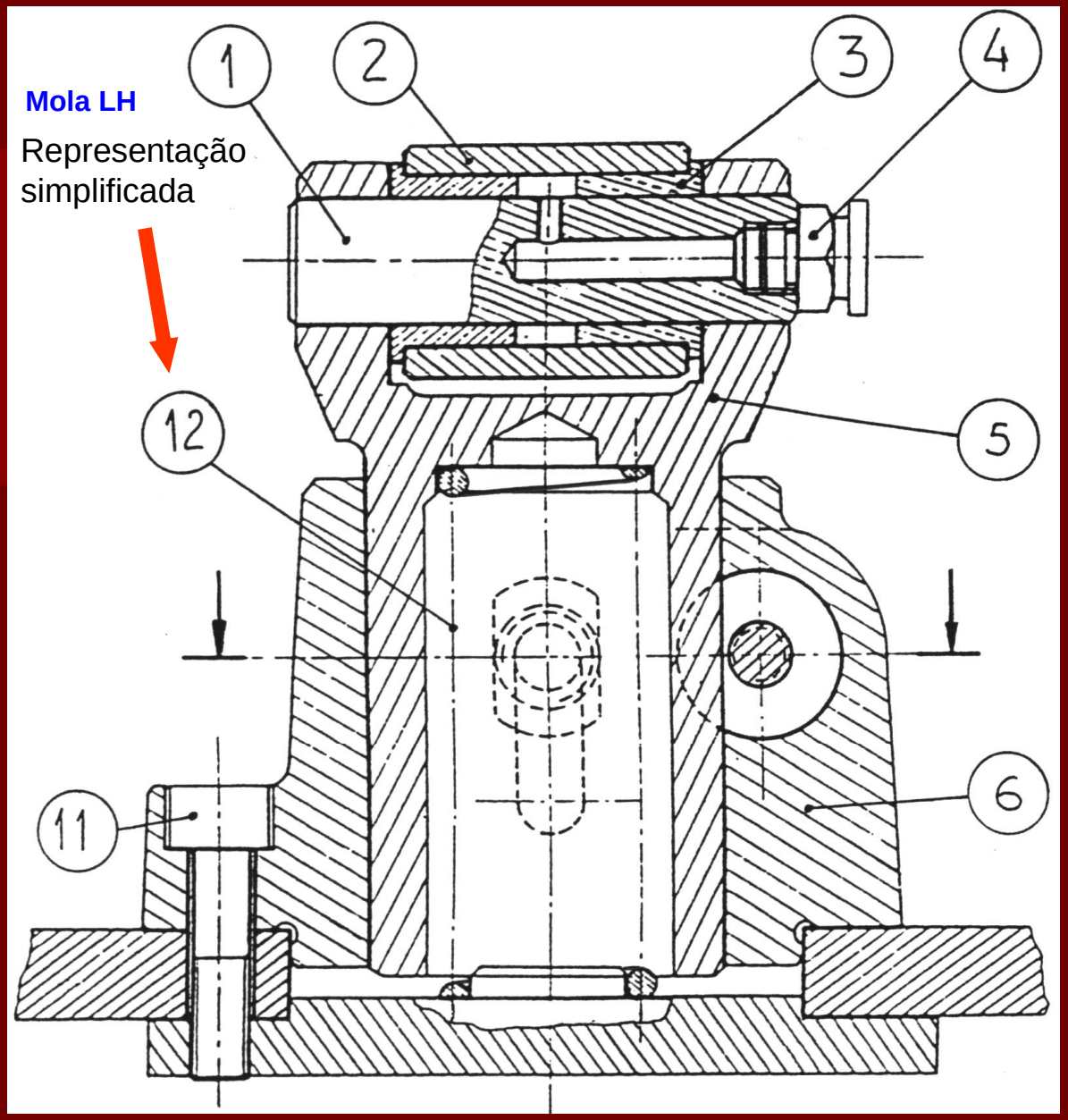
Aplicação em tampões de choque de vagões ferroviários

Embraiagem

O sentido de enrolamento deve ser indicado no caso de molas concêntricas, para evitar a imbricação das suas espiras e suprimir as solicitações de rotação sobre as peças de apoio.

Exemplos de representação em desenho:

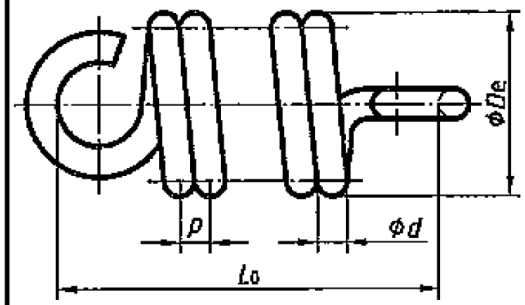
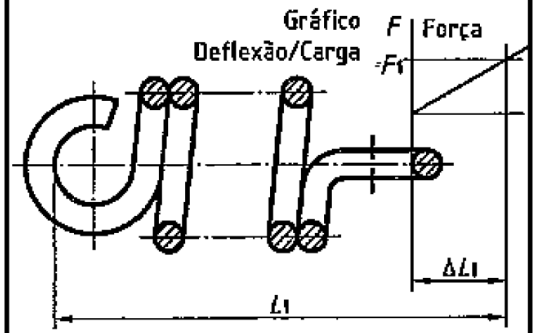
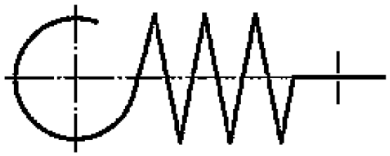




Molas

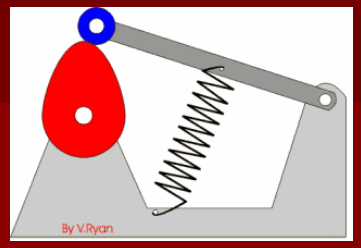
As molas de tracção opõem-se a uma força axial que tende a aumentar o seu comprimento, com ou sem tracção inicial.

A mola de tracção helicoidal é normalmente feita de arame de secção recta circular, enrolado em torno de um eixo, com ou sem espaço entre as espiras.

Designação	Representação em vista exterior	Representação em corte	Represent. esquemática
Molas de tracção **Helicoidal cilindrica**			

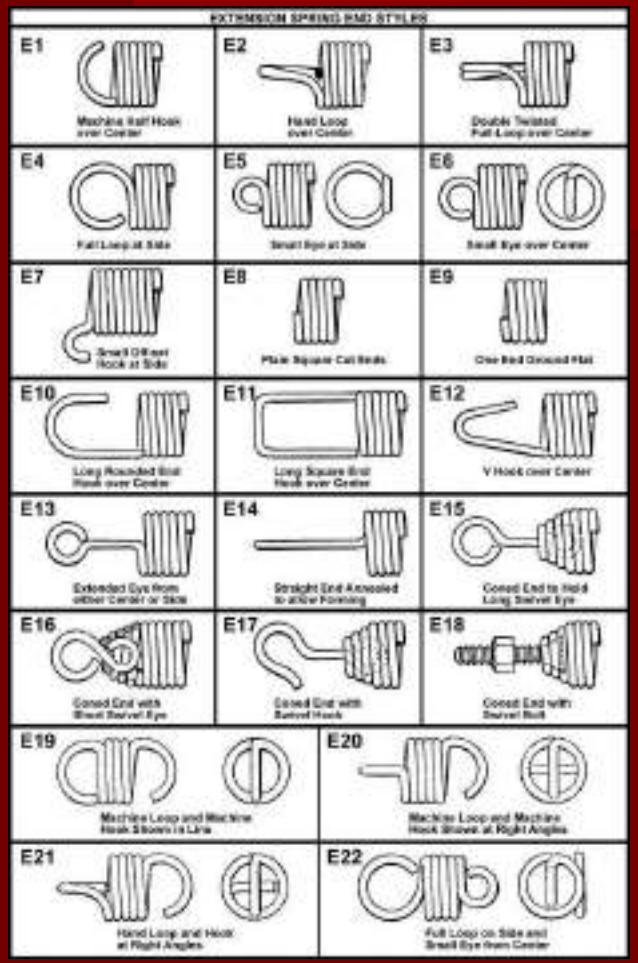
Molas

Exemplos:





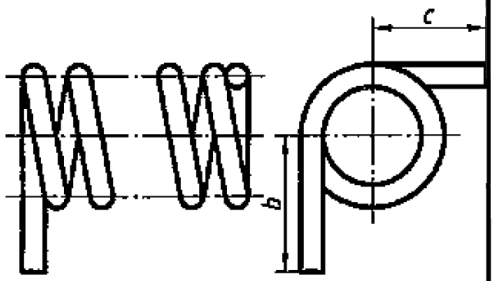
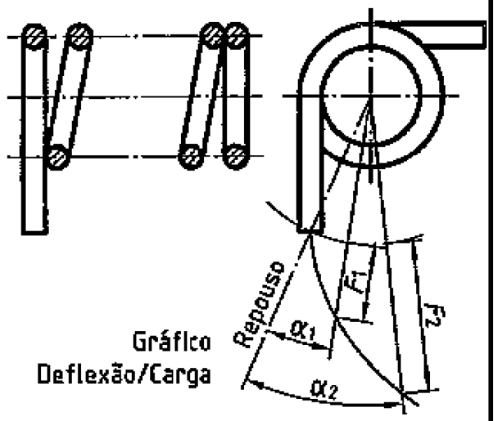
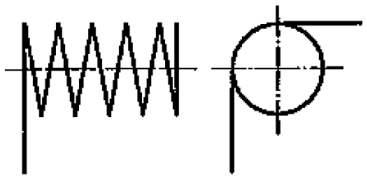






As molas de torção oferecem resistência a um momento torsor em torno do eixo longitudinal da mola.

A mola de torção helicoidal é normalmente feita de arame de secção recta circular, enrolado em torno de um eixo, e com extremidades apropriadas para a transmissão de um momento torsor.

Designação	Representação em vista exterior	Representação em corte	Represent. esquemática
Molas de torção **Helicoidal cilíndrica**			

Molas

Exemplos:







Adequadas para pequenas cargas. Exemplos de aplicações: dobradiças de portas, sistemas de arranque de automóveis, molas da roupa, etc.

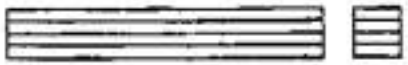
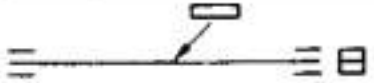


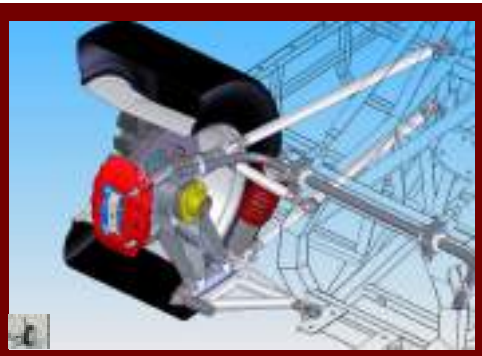


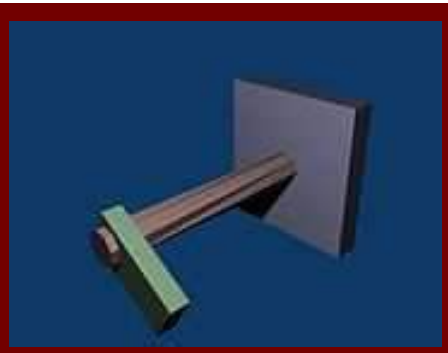
Molas



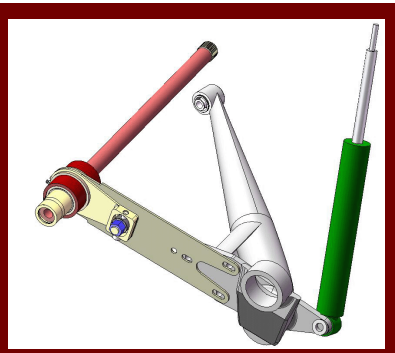
A barra de torção é uma mola feita de barras ou varões rectos de secção recta definida.

Nº.	Tipo de mola	Representação	
		em vista	simplificada
6.2	Barra de torção, com secção recta circular		
6.3	Barra de torção, laminada, com folhas de secção rectangular		

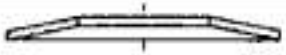
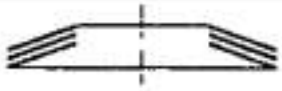
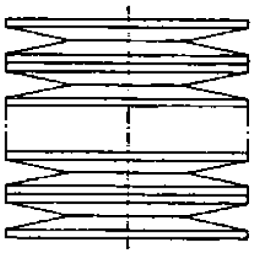
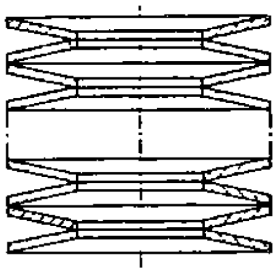
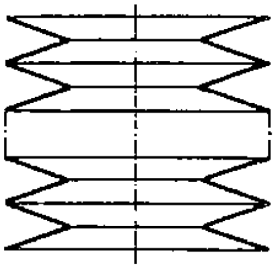






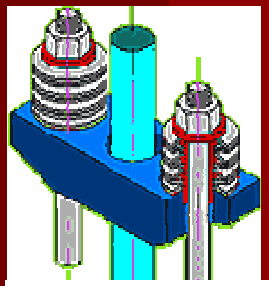


A anilha elástica cónica ("Belleville") ou mola de disco, em forma de cone, com uma espessura de material constante, é utilizada como uma mola de compressão.

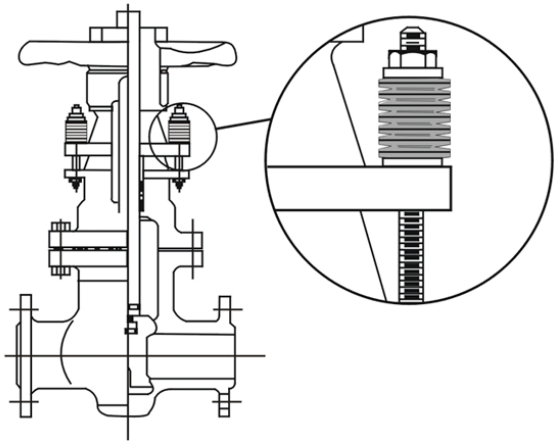
Nº.	Tipo de mola	Representação		
		em vista	em corte	simplificada
7.1	Anilha elástica cónica, simples			
7.2	Anilhas elásticas cónicas (empilhadas no mesmo sentido)			
7.3	Anilhas elásticas cónicas (empilhadas em oposição) Montagem de anilhas elásticas cónicas em coluna			

Molas

Exemplos:



Molas que ocupam pouco espaço sob fortes cargas.





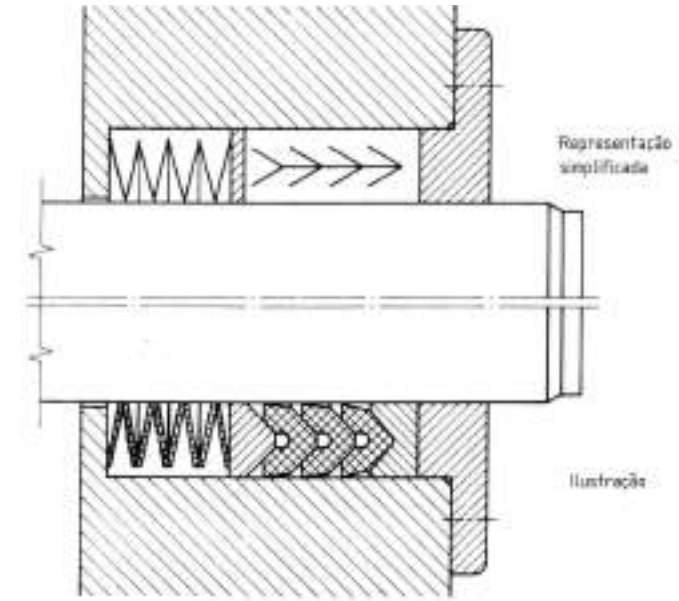


Empilhadas no mesmo sentido, pode aumentar-se a carga, mantendo a mesma deformação.

Empilhadas em oposição, pode aumentar-se a deformação, mantendo a mesma carga.



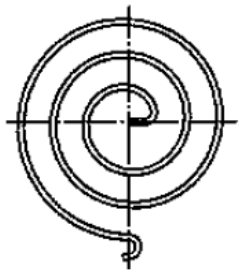
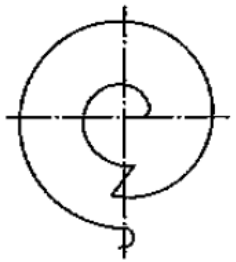




Molas

A mola em espiral é geralmente feita num material plano ou rectangular enrolado, sobre si mesmo, em forma de espiral.

É enrolada para exercer um momento de reacção em torno do eixo da mola, proporcional ao desvio angular.

Designação	Representação em vista exterior	Representação em corte	Represent. esquemática
Molas em espiral com fita de secção recta rectangular			

Molas

Exemplos:

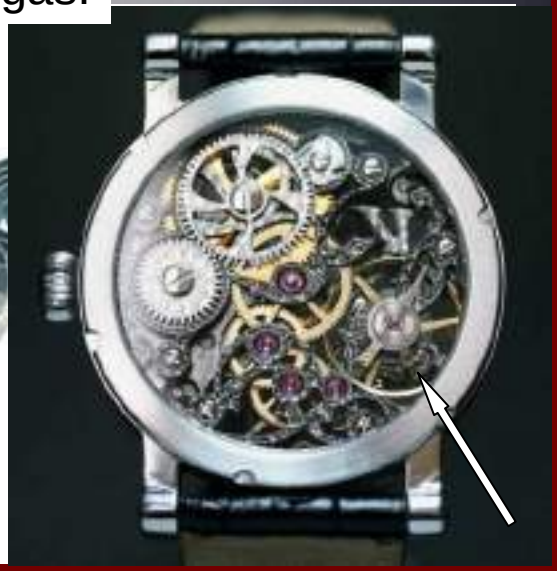




Adequadas para pequenas cargas.

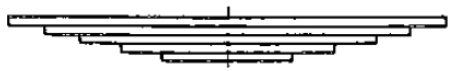
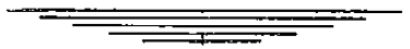
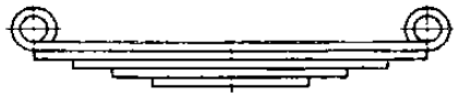
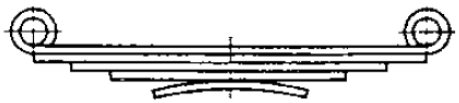




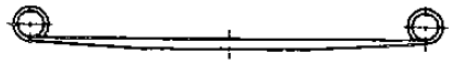
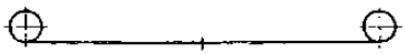
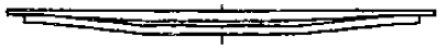
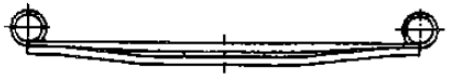
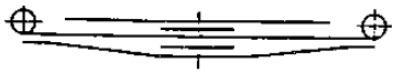


Molas

As molas de lâminas são feitas de uma ou mais lâminas de material plano ou parabólico com diferentes comprimentos, dispostas umas por cima das outras, e tendo em conta a variação do momento flector ao longo da lâmina.

Nº.	Tipo de mola	Representação	
		em vista	simplificada
9.1	Mola de lâminas sem olhais		
9.2	Mola de lâminas com olhais		
9.3	Mola de lâminas com olhais e mola auxiliar superior		
9.4	Mola de lâminas com olhais e mola auxiliar inferior		

Molas

9.5	Mola parabólica de lâmina simples com olhais		
9.6	Mola parabólica de lâminas múltiplas sem olhais		
9.7	Mola parabólica de lâminas múltiplas com olhais		
9.8	Mola parabólica de lâminas múltiplas com olhais e mola auxiliar superior		
9.9	Mola parabólica de lâminas múltiplas com olhais e mola auxiliar inferior		







Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP





Engrenagens

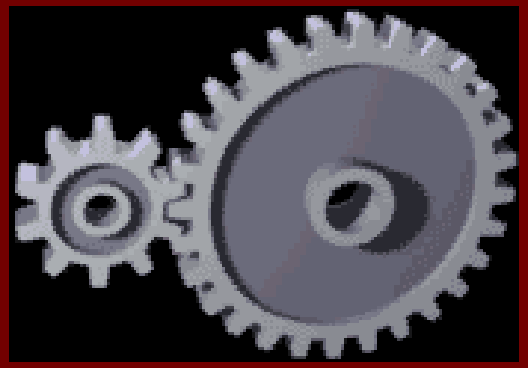




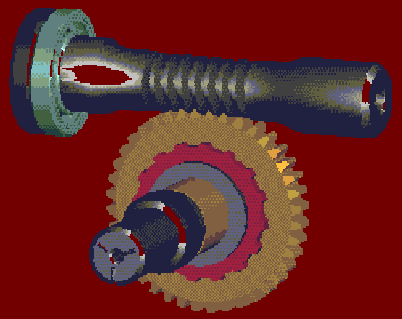
José António Almacinha

Engrenagens

As transmissões mecânicas por engrenagens (“gear pairs”), mecanismos elementares formados por duas rodas dentadas que giram em torno de eixos com posições relativas invariáveis, constituem a solução técnica com um carácter mais universal, podendo ser aplicadas entre veios paralelos, veios concorrentes ou veios não complanares.











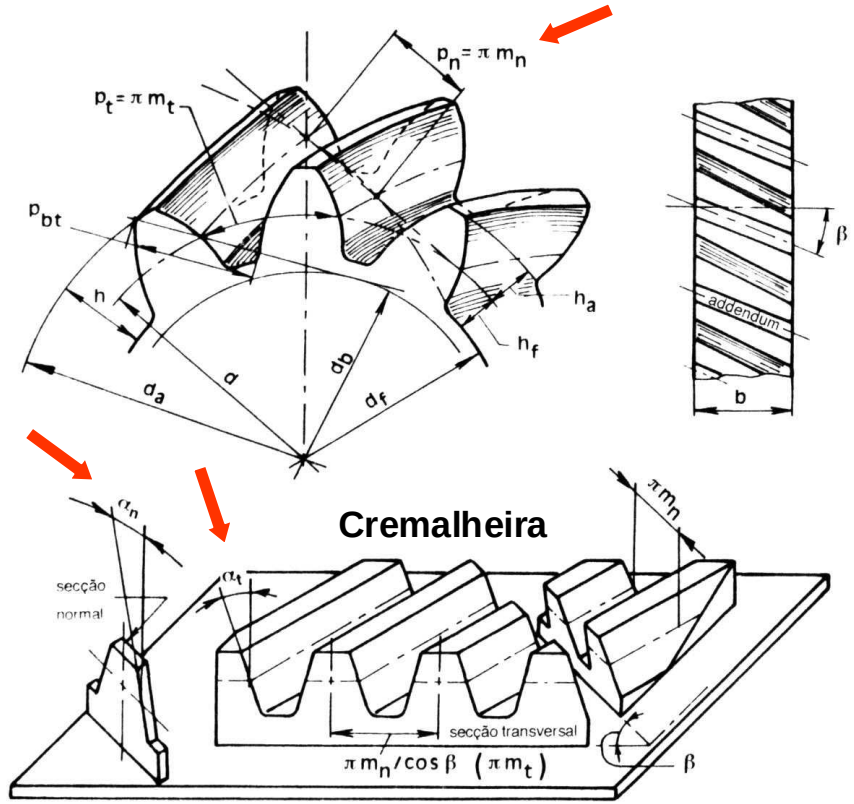


8.1 - Parâmetros característicos de uma engrenagem

α - ângulo de pressão: normal - α_n (**20°**); tangencial - α_t

m_n - módulo normal (m_0 - módulo de talhagem)

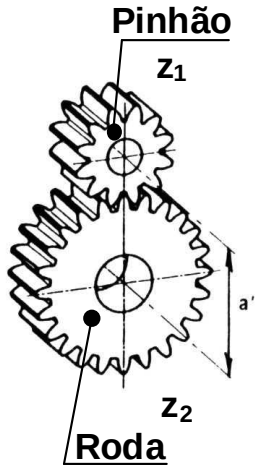
$m_n = p_n / \pi$ é especificado com valores racionais para que os diâmetros primitivos d e as distâncias entre eixos a' sejam também números racionais. O módulo [mm] é também uma medida das proporções das características dos perfis dentados.



$\pi\, d = z\, \pi\, m$

$d = z\, m$

$a' = (z_1 + z_2)\, m / 2$

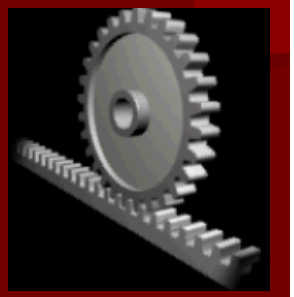


Engrenagem

Figura 8.1 - Alguns parâmetros característicos das rodas dentadas cilíndricas.

En





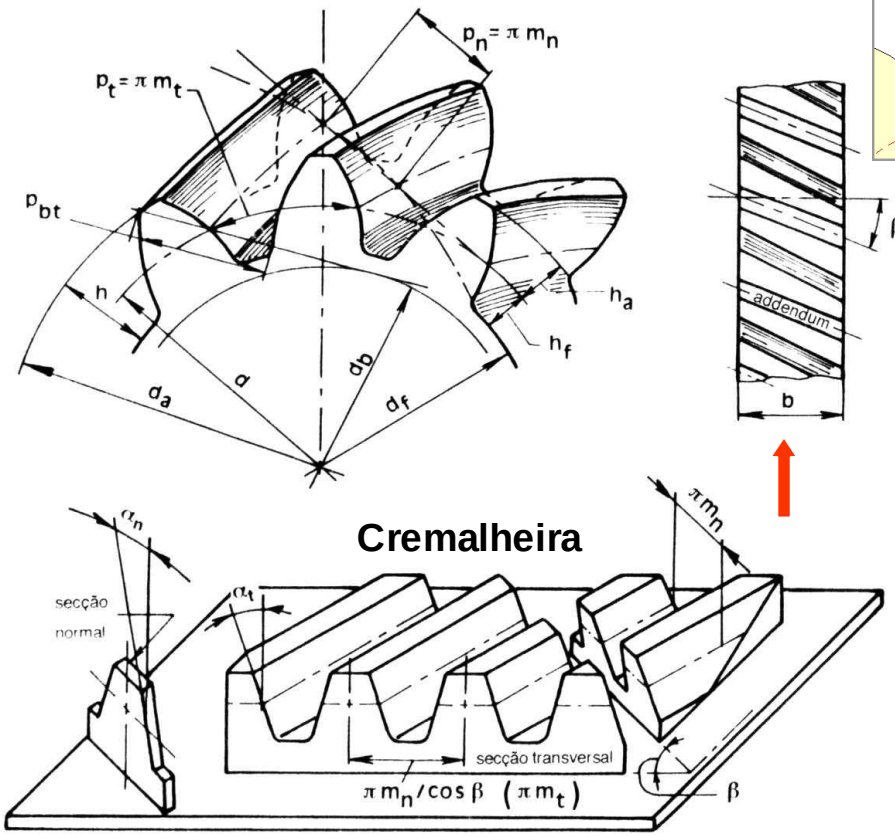


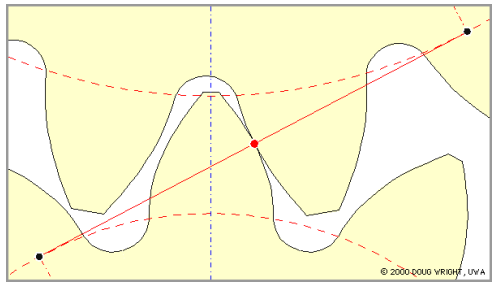
β - ângulo de hélice primitiva (**$0° \le \beta \le 45°$**)

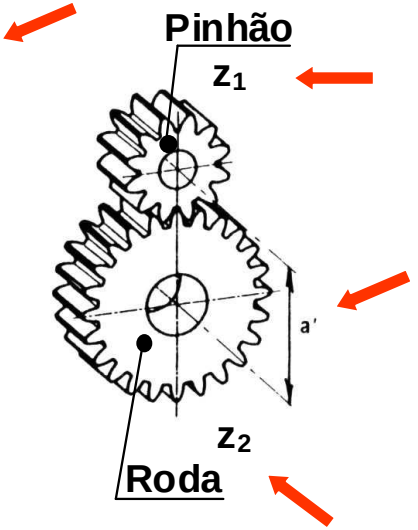
z_1 e z_2 - números de dentes

b_1 e b_2 - larguras dos dentados (**$b = (6 \text{ a } 16)\, m_n$**, normal/, **$b = 10\, m_n$**)

a' - entreeixo de funcionamento



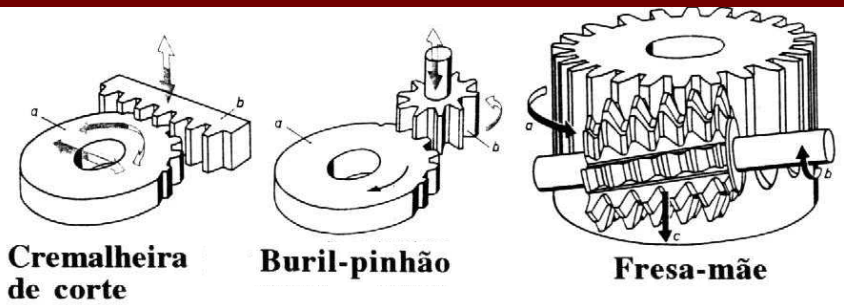




Engrenagem

Figura 8.1 - Alguns parâmetros característicos das rodas dentadas cilíndricas.

Engrenagens



x_1 e x_2 - coeficientes de desvio

Um dentado diz-se corrigido, quando a linha primitiva de talhagem da cremalheira de corte não coincide com a sua linha de referência (linha em relação à qual $s_{P0} = e_{P0}$). A distância $x\,m_n$ entre essas duas linhas designa-se por **desvio** ou correcção absoluta.

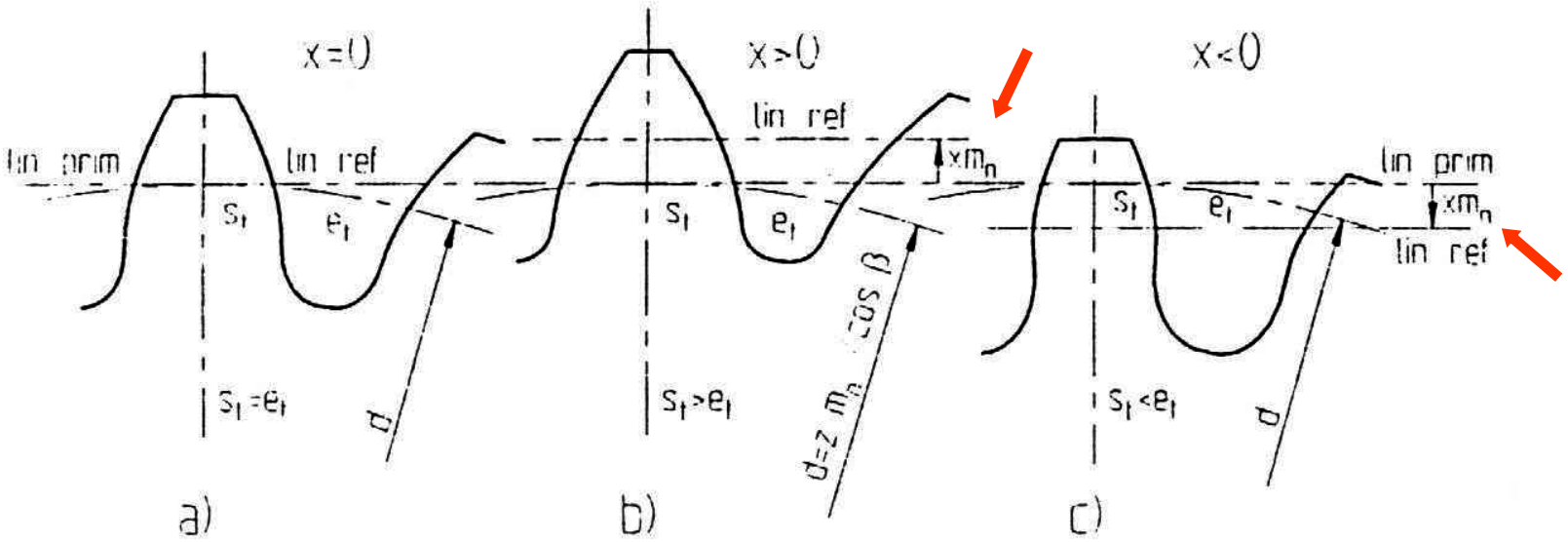
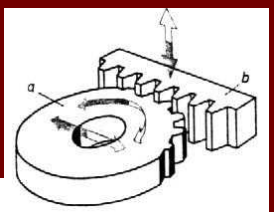


Figura 8.2 - Comparação entre dentados: a) dentado normal ($x = 0$); b) dentado corrigido positivamente ($x>0$); c) dentado corrigido negativamente ($x<0$).



8.2 - Características dimensionais do dentado da engrenagem

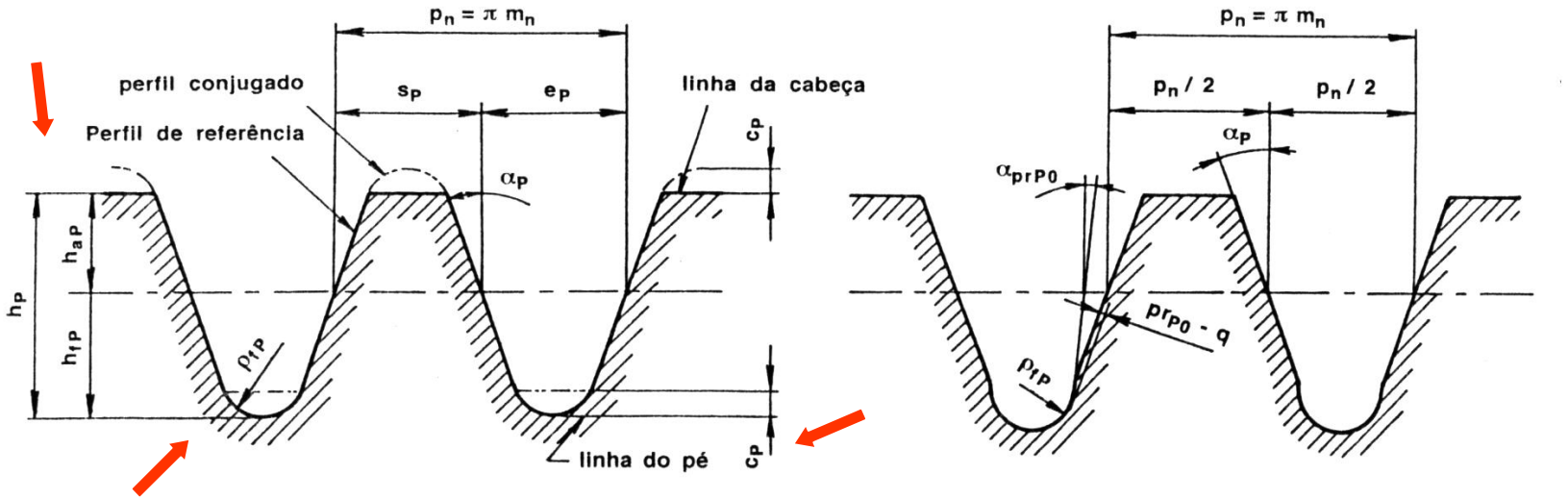


Figura 8.3 - Perfis de referência do dentado normalizados.

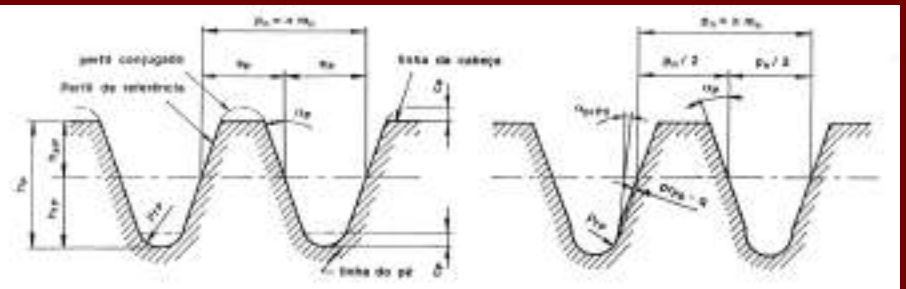


h_{aP} - altura da cabeça do dente (addendum);
h_{fP} - altura do pé do dente (dedendum);
h_P - altura do dente;
ρ_{fP} - raio de concordância do pé do dente;
c_P - folga no fundo do dente entre os perfis de referência e conjugado.

Engrenagens

$h_{aP*} = h_{aP} / m_n$ $\quad h_{fP*} = h_{fP} / m_n$

$\rho_{fP*} = \rho_{fP} / m_n$ $\quad c_{P*} = c_P / m_n$



Quadro 8.1 - Tipos de perfis de referência (c/ características adimensionais)

TIPOS	α_P	h_{aP}^*	h_{fP}^*	ρ_{fP}^*	c_P^*	APLICAÇÕES
A	20°	1	1.25	0.38	0.25	Recomendado, fundamentalmente, para a transmissão de grandes binários.
B	20°	1	1.25	0.30	0.25	Aplicados para a transmissão de solicitações normais. O tipo **C** é utilizado principalmente quando a maquinagem é executada através de fresa-mãe normalizada.
C	20°	1	1.25	0.25	0.25	
D	20°	1	1.40	0.39	0.40	Recomendado para rodas de transmissões de grandes binários, com grandes exigências de exactidão, que devem ser submetidas a um posterior acabamento de "shaving" ou de rectificação dos flancos dos dentes.
E	20°	1	1.35	0.30	0.35	Usa-se para garantir um aumento da resistência à flexão na base dos dentes, sendo a operação de acabamento executada por cremalheira de corte.
F	20°	1.2	1.50	0.30	0.30	Utiliza-se em engrenagens da indústria naval, para permitir um funcionamento silencioso.
G	22.5°	1	1.25	0.40	0.25	São utilizados quando os flancos dos dentes podem ser submetidos a esforços de contacto muito elevados.
H	25°	1	1.25	0.318	0.25	







8.3 - Definição de alguns parâmetros associados à caracterização das rodas dentadas e da engrenagem

i = 1 - Pinhão
i = 2 - Roda

d_i - diâmetros primitivos de corte (de referência).

$$d_i = z_i \, m_n / \cos \beta \qquad i = 1, 2$$

As noções de linha e diâmetro primitivo de corte são essencialmente cinemáticas, estando ligadas à condição de rolamento sem escorregamento entre a ferramenta de corte e a roda dentada, o que implica a igualdade de arcos percorridos, nos dois corpos, pelo ponto de contacto.

d_{ai} - diâmetros da cabeça (ou de addendum).

$$d_{ai} = m_n (z_i / \cos \beta + 2 x_i + 2 h_{aP}^* - 2 k_i^*) \qquad i = 1, 2$$

d_{fi} - diâmetros do pé (ou de dedendum

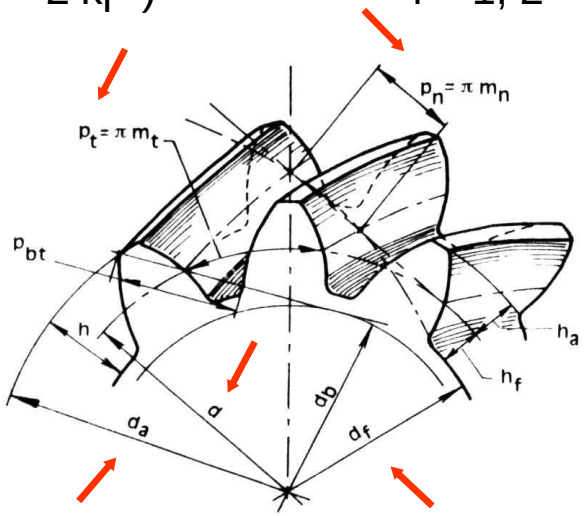
$$d_{fi} = m_n (z_i / \cos \beta + 2 x_i - 2 h_{fP}^*)$$

p_n - passo primitivo normal.

$$p_n = \pi \, m_n$$

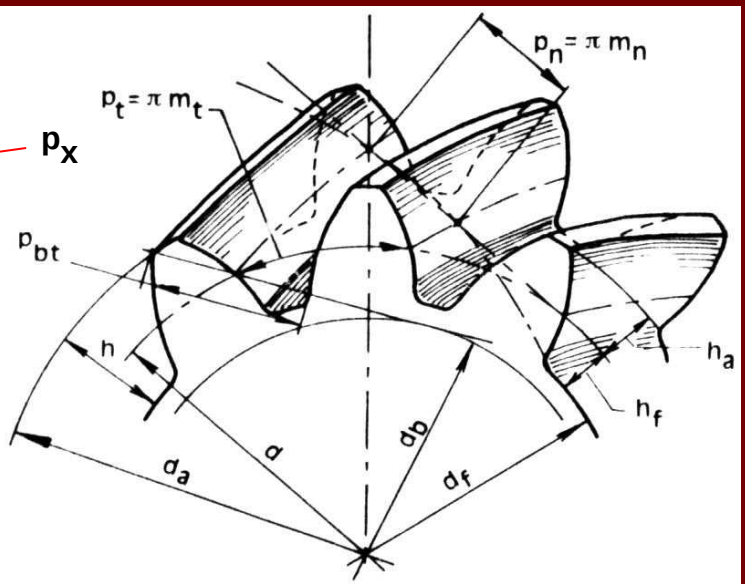
p_t - passo primitivo transversal.

$$p_t = \pi \, m_t$$



Engrenagens





p_X - passo axial.

$$p_X = \pi \, m_t / \tan \beta$$

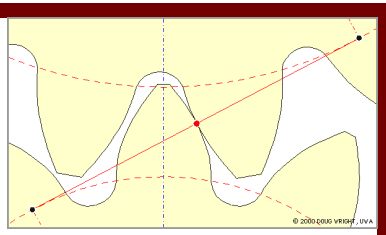
O passo axial é a distância entre os pontos de intersecção de uma qualquer paralela ao eixo de uma roda helicoidal com dois quaisquer flancos homólogos consecutivos.

p_{Zi} - passo helicoidal.

$$p_{Zi} = z_i \, m_n \, \pi / \sin \beta \qquad i = 1, 2$$

O passo helicoidal é a distância entre dois pontos de intersecção consecutivos de uma hélice com uma geratriz do cilindro sobre o qual ela se desenvolve.

Er









a - entreixo normal.

$$a = (z_1 + z_2)\ m_t / 2$$

Se o entreeixo é imposto ***a'***, tem de se determinar o ângulo de pressão transversal de funcionamento α'_t, através da expressão:

$$\alpha'_t = \arccos (a / a' \cos \alpha_t)$$

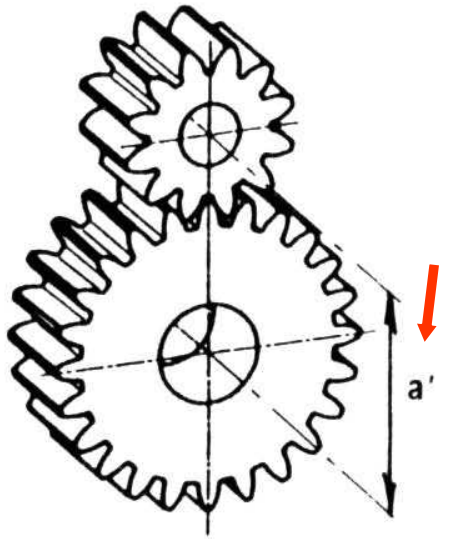
Se o entreeixo não é imposto e o dentado tem correcção de dentado, o ângulo de pressão α'_t é determinado a partir da expressão da sua involuta:

$$\text{inv}\ \alpha'_t = \tan \alpha'_t - \alpha'_t = \text{inv}\ \alpha_t + 2 \tan \alpha_n (x_1 + x_2) / (z_1 + z_2)$$

a' - entreeixo de funcionamento.

Se o entreeixo não é imposto:

$$a' = a \cos \alpha_t / \cos \alpha'_t$$

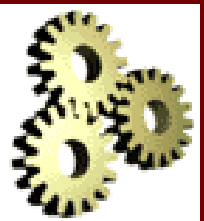


d'_i - diâmetros primitivos de funcionamento.

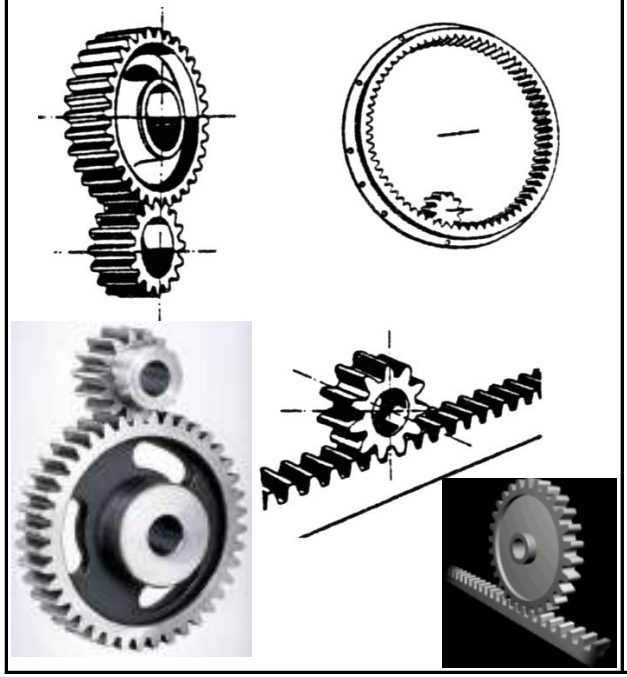
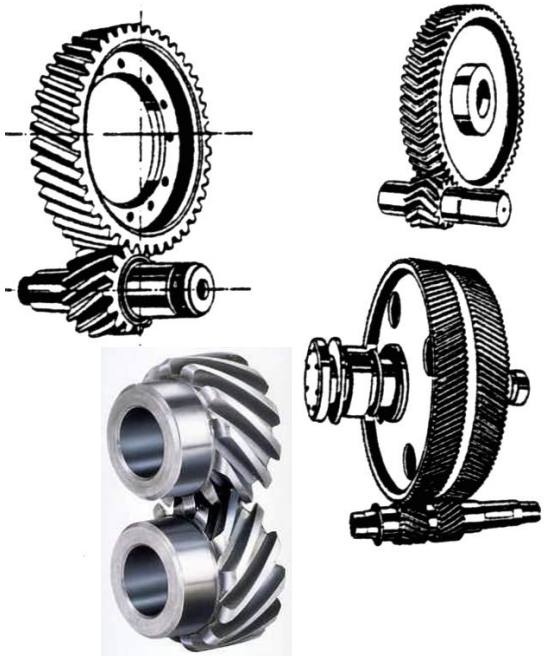
$$d'_i = d_i \cos \alpha_t / \cos \alpha'_t \qquad i = 1, 2$$

k - alteração do addendum.

$$k^* = (x_1 + x_2) - (z_1 + z_2) (\cos \alpha_t / \cos \alpha'_t - 1) / (2 \cos \beta)$$

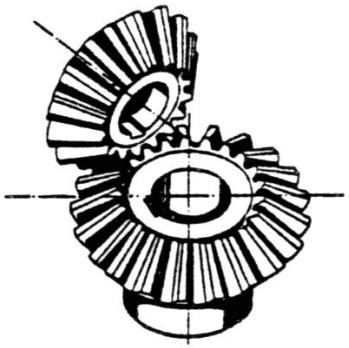
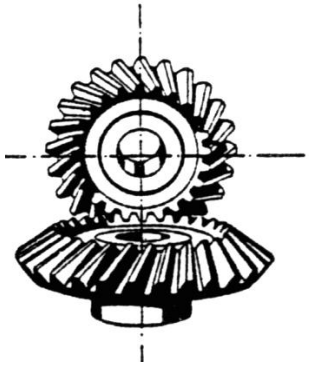
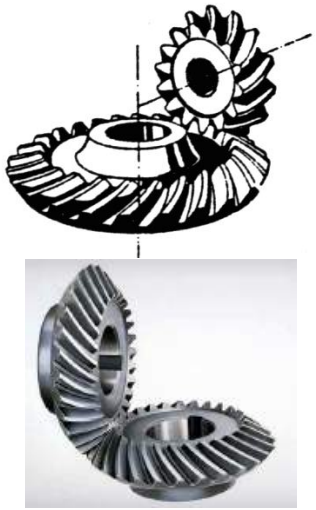


Quadro 8.2 - Diferentes tipos de engrenagens.

ENGRENAGENS PARALELAS OU CILÍNDRICAS (EIXOS PARALELOS)		
DENTADO RECTO	DENTADO HELICOIDAL	OBSERVAÇÕES
		Para mecanismos com um ou mais andares de transmissão e com as seguintes características limites nominais: Razões de transmissão até 8:1 (10:1), por andar. Potências até 15 000 kW a 22 400 kW. Velocidades tangenciais no primitivo de funcionamento até 150 a 200 m/s. O rendimento, por andar, situa-se entre 95% e 99% (98%).



Quadro 8.2 (continuação) - Diferentes tipos de engrenagens.

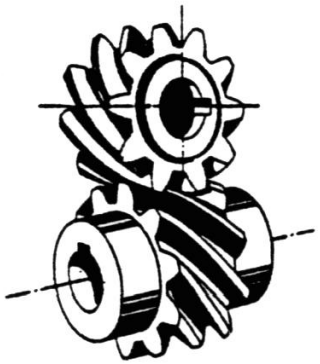
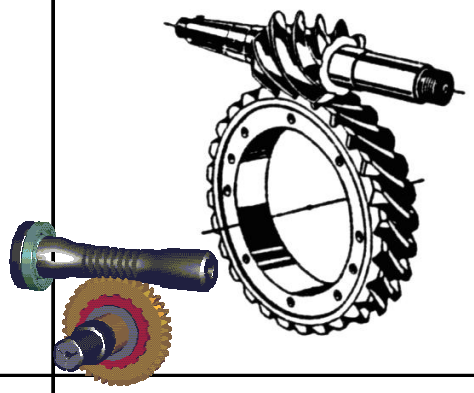
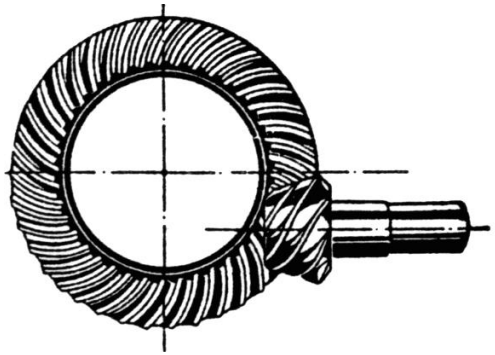
ENGRENAGENS CONCORRENTES OU CÓNICAS (EIXOS CONCORRENTES)			
DENTADO RECTO	DENTADO INCLINADO	DENTADO ESPIRAL	OBSERVAÇÕES
			Para razões de transmissão até 6:1 (8:1). Potências até 370 (recto) a 740 kW (inclinado). Velocidades tangenciais no primitivo de funcion. até 50 a 75 (150) m/s. Para aumentar a capacidade de carga (até 3 700 kW) e o rendimento, diminuindo o ruído, utilizam-se dentes espirais. O rendimento é idêntico ao das engrenagens cilíndricas (97% a 99%).







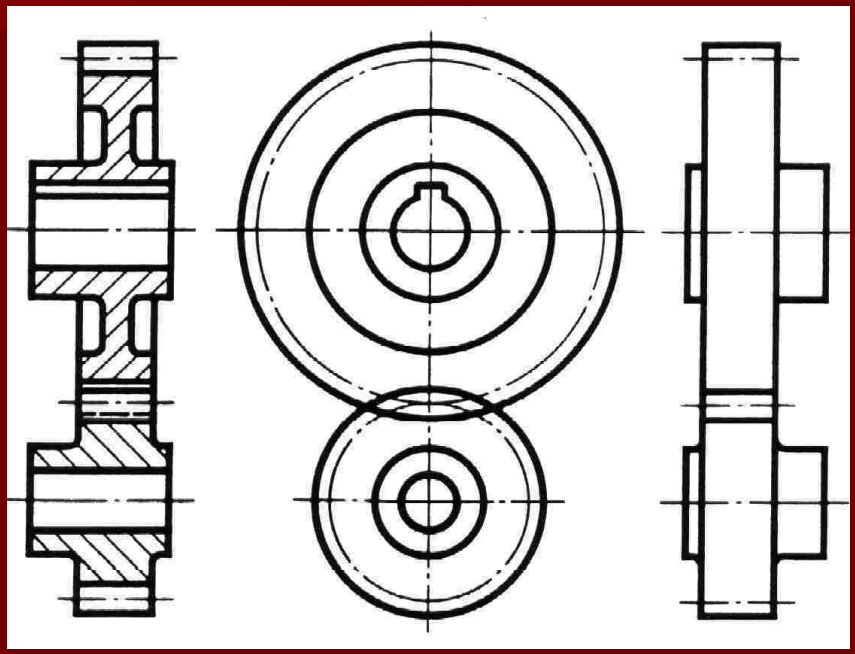
Quadro 8.2 (continuação) - Diferentes tipos de engrenagens.

ENGRENAGENS ESQUERDAS (EIXOS NÃO COMPLANARES)		
DENTADO HELICOIDAL	PARAFUSO SEM-FIM / RODA DE COROA	DENTADO HIPÓIDE
		
OBSERVAÇÕES: Razões de transmissão até 5:1 e pequenos entreeixos, mas também (20:1 a 100:1). Para a transmissão de baixas potências (até 75 kW), pois o contacto entre dentes inicial é do tipo pontual. Veloc. tangenciais no primitivo de funcionamento até 25 a 50 m/s. Os rendimentos aproximam-se dos registados nas engrenagens cilíndricas helicoidais (até 95%).	Razões de transmissão de 10:1 até 60:1 (100:1). Potências até 560 a 750 kW. Velocidades tangenciais no primitivo de funcionamento até 60 a 70 m/s. O rendimento situa-se entre 45% e 95%, sendo superior para menores razões de transmissão. Baixos níveis de ruído e de vibrações.	Razões de transmissão até 10:1, (20:1 a 100:1), pois o número de dentes do pinhão pode descer até 5. Para pequenas distâncias entre eixos, com uma redução de ruído. Potências até 740 kW. Veloc. tang. no prim. de func. até 40 a 75 m/s. Rendimentos ligeiramente inferiores aos registados nas engrenagens cónicas, desde (60%) até 85% a 95% e um aquecimento um pouco mais elevado.



8.4 Representação convencional de engrenagens (NP EN ISO 2203)

Uma roda de uma engrenagem é representada (excepto em corte axial) como uma peça maciça não dentada, tendo por único acrescento, o traçado da superfície primitiva, com uma linha a traço longo-ponto fino.



Engrenagem (“gear pair”)

8.4.1 - Desenhos de detalhe (Rodas isoladas)



- **Em vista**, representa-se como uma roda não dentada, limitada pela superfície de cabeça.
- **Em corte axial**, representa-se como uma roda de dentado recto, com dois dentes diametralmente opostos, representados não cortados (mesmo no caso de dentado não recto, ou de um nº ímpar de dentes).
- **A superfície primitiva** representada com linha a traço longo-ponto fino.



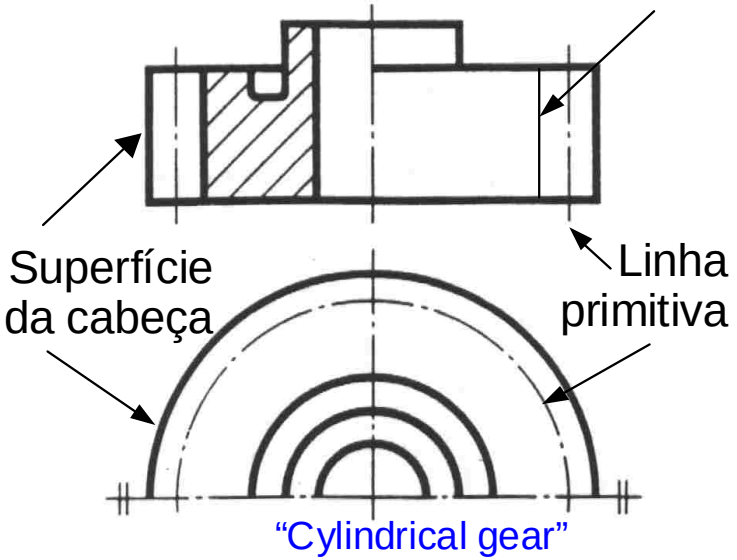


Figura 8.5 – Roda cilíndrica



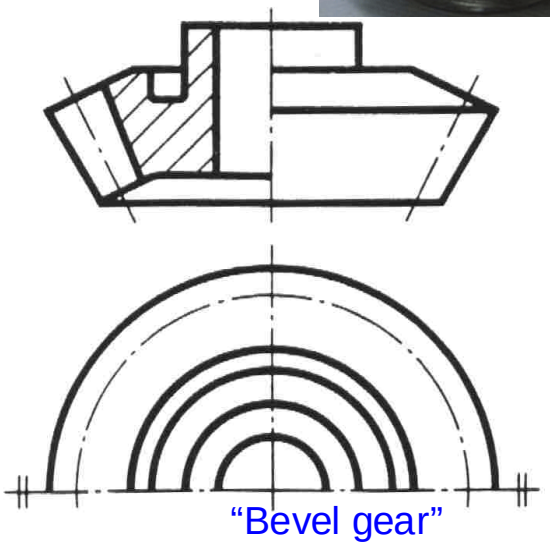


Figura 8.6 – Roda cónica

Engrenagens







O contorno aparente da superfície primitiva estende-se para além do contorno da roda, em ambos os lados



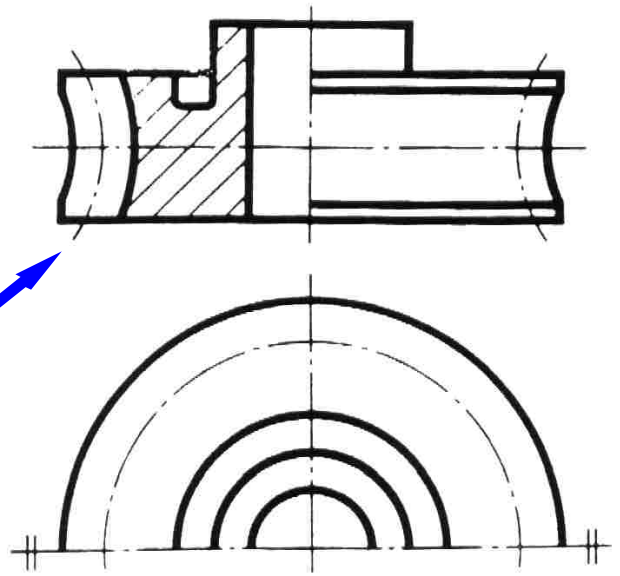
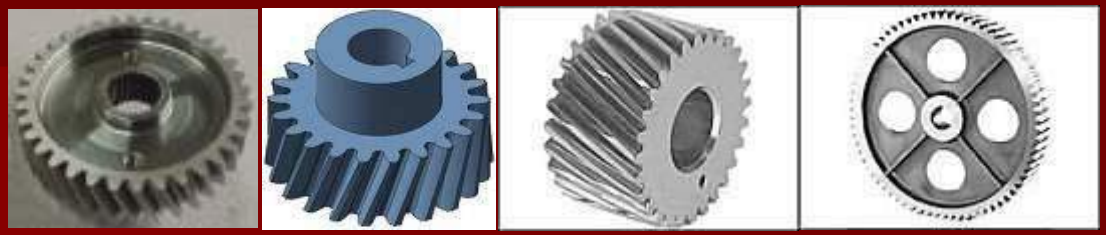
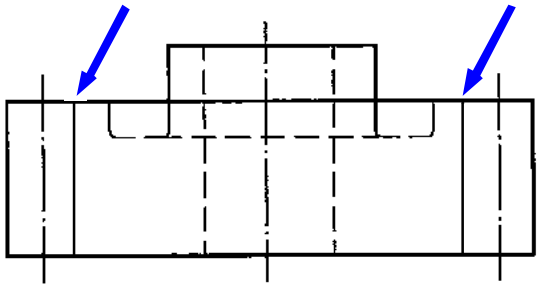


Figura 8.7 – Roda de coroa ("worm wheel")

Engrenagens



Geralmente, a **superfície do pé** não se representa, excepto nas vistas em corte.



Se necessário, representar a superfície do pé, também em vistas não cortadas, com linha a traço contínuo fino.

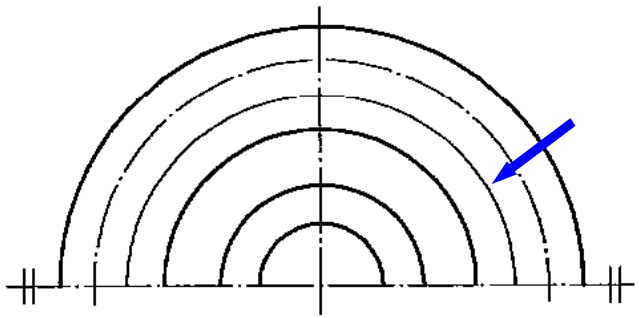


Fig. 8.8 – Vista de roda dentada s/ e c/ representação da superfície do pé

Engrenagens





Rodas em vista, com representação da superfície do pé, a traço contínuo fino:

Se necessário, representar um ou dois dentes a traço contínuo grosso.

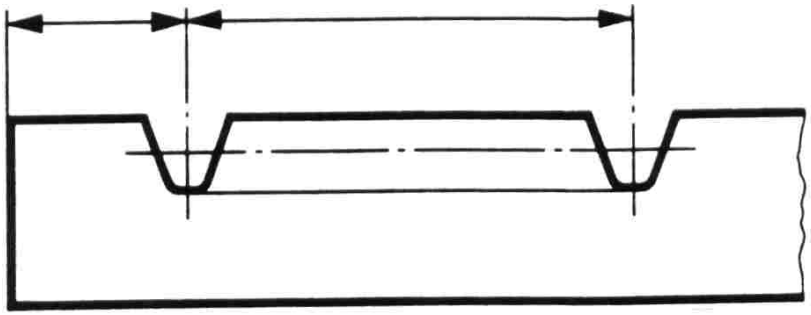


Figura 8.9 – Cremalheira ("rack")

"Gear Wheel"

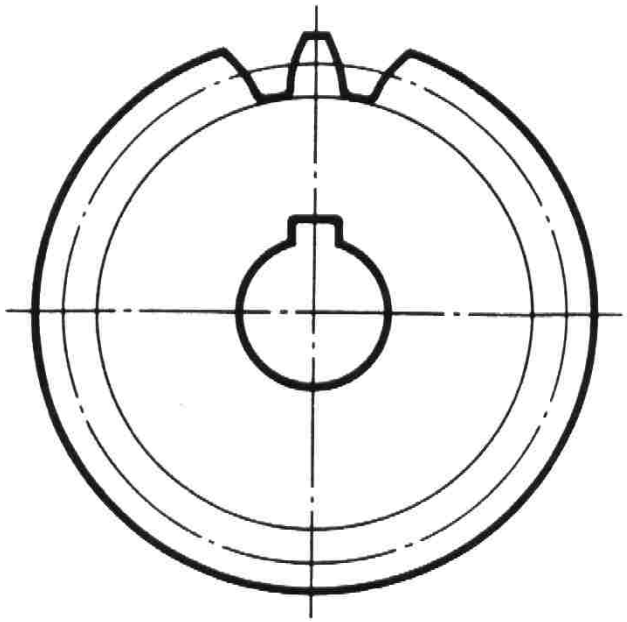
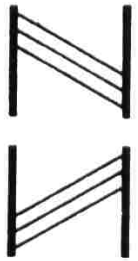


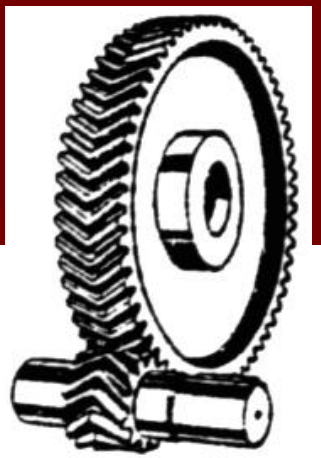
Figura 8.10 – Roda dentada

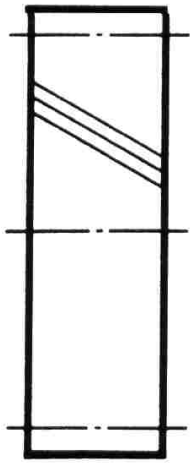
Engrenagens

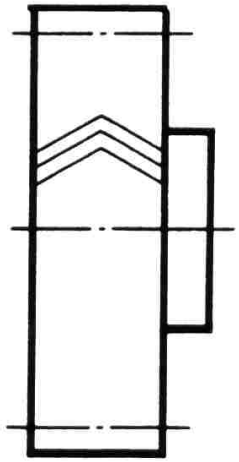
Quadro 8.2

Dentado	Símbolo
Helicoidal à direita ("Helical to the right") Helicoidal à esquerda ("Helical to the left")	
Em espinha ("Double helical")	
Espiral ("Spiral")	









"Helical gear"

"Double helical (Herringbone) gear"

Fig. 8.11 – Representação da orientação do dentado

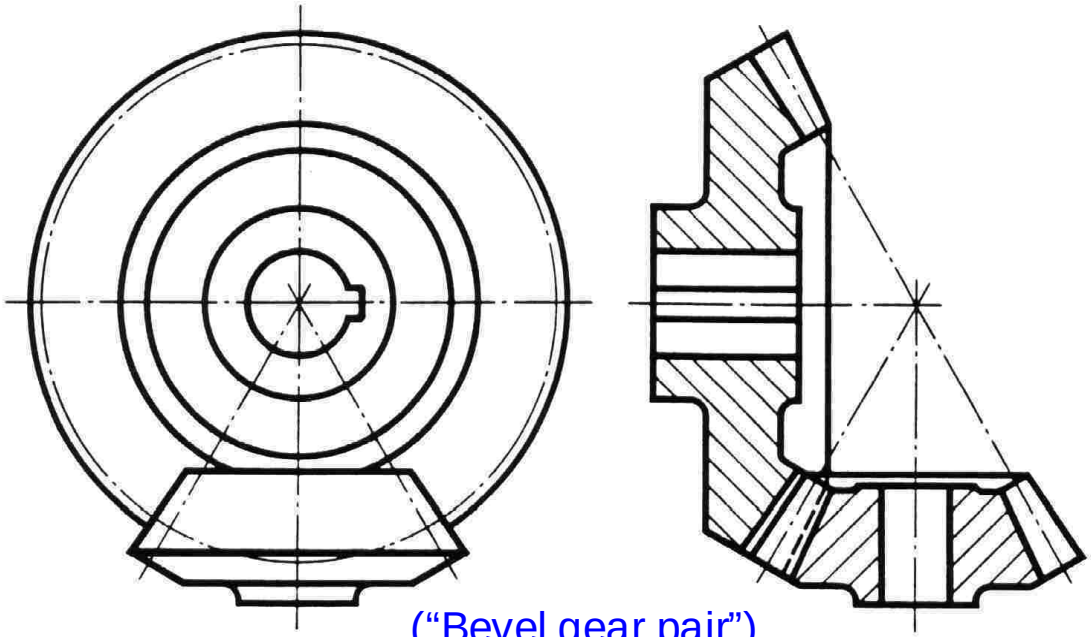
Nota: Na representação de rodas conjugadas, mostrar o símbolo apenas numa única roda.





8.4.2 Desenhos de conjunto (engrenagens)

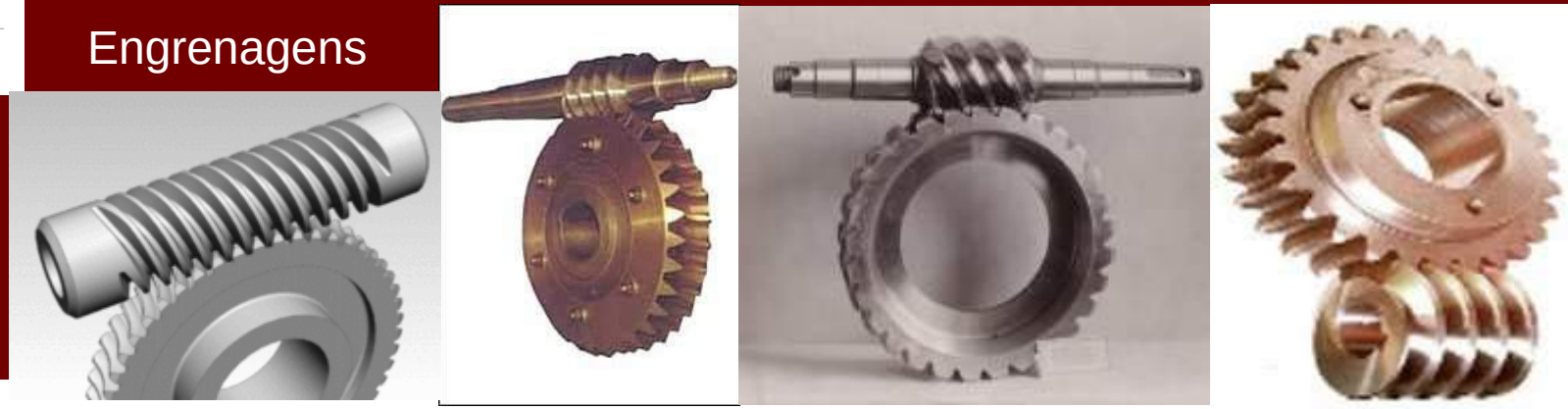
Em engrenagens de rodas cónicas, em projecção paralela ao eixo, deve prolongar-se a linha da superfície primitiva até ao ponto de intersecção com o eixo.



("Bevel gear pair")

Figura 8.13 – Engrenagem cónica

Engrenagens



("Worm gear pair")

Não é admissível que qualquer uma das duas rodas de uma engrenagem seja, **na zona de engrenamento**, escondida pela outra, excepto em dois casos particulares.

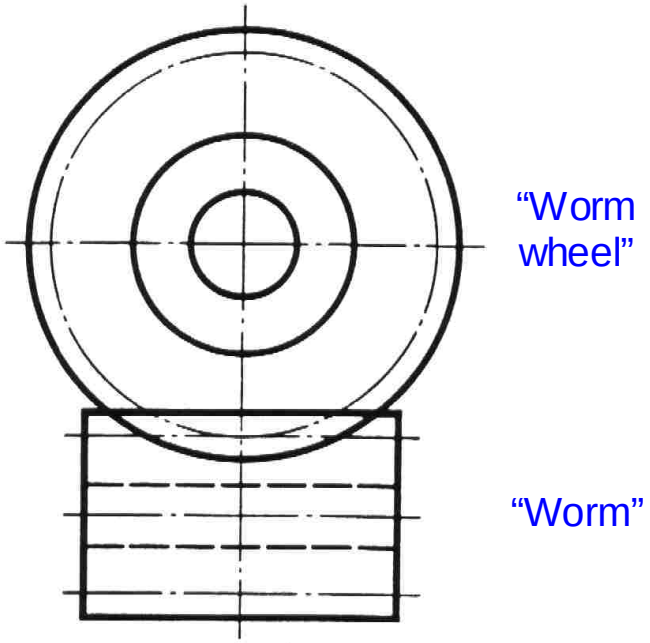


Fig. 8.12 – Parafuso sem-fim - Roda de coroa

Não é admissível que qualquer uma das duas rodas de uma engrenagem seja, **na zona de engrenamento**, escondida pela outra, excepto nos dois casos seguintes:

1) Se uma das rodas, **situada totalmente à frente da outra**, esconde, efectivamente, parte desta;
2) Se as rodas estão representadas **em corte axial**, no qual uma delas, escolhida arbitrariamente, é admitida parcialmente escondida pela outra.



A representação dos contornos e arestas escondidas pode ser omitida, se ela não for indispensável à clareza do desenho.

("Bevel gear pair")

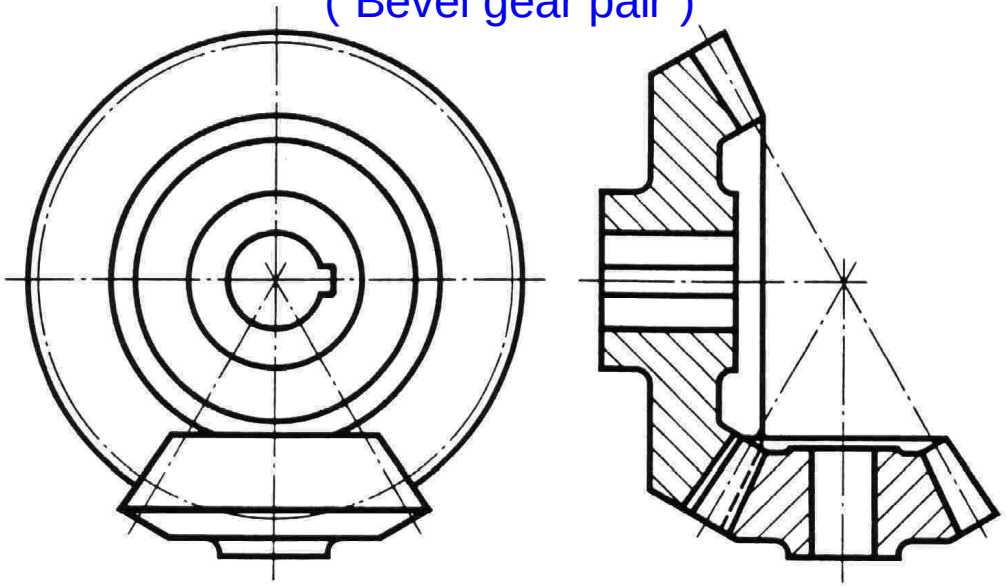


Figura 8.13 – Engrenagem cónica

Engrenagens



Se uma das rodas se **situar totalmente à frente da outra**, vai esconder, efectivamente, parte desta;

("Hypoid gear pair")

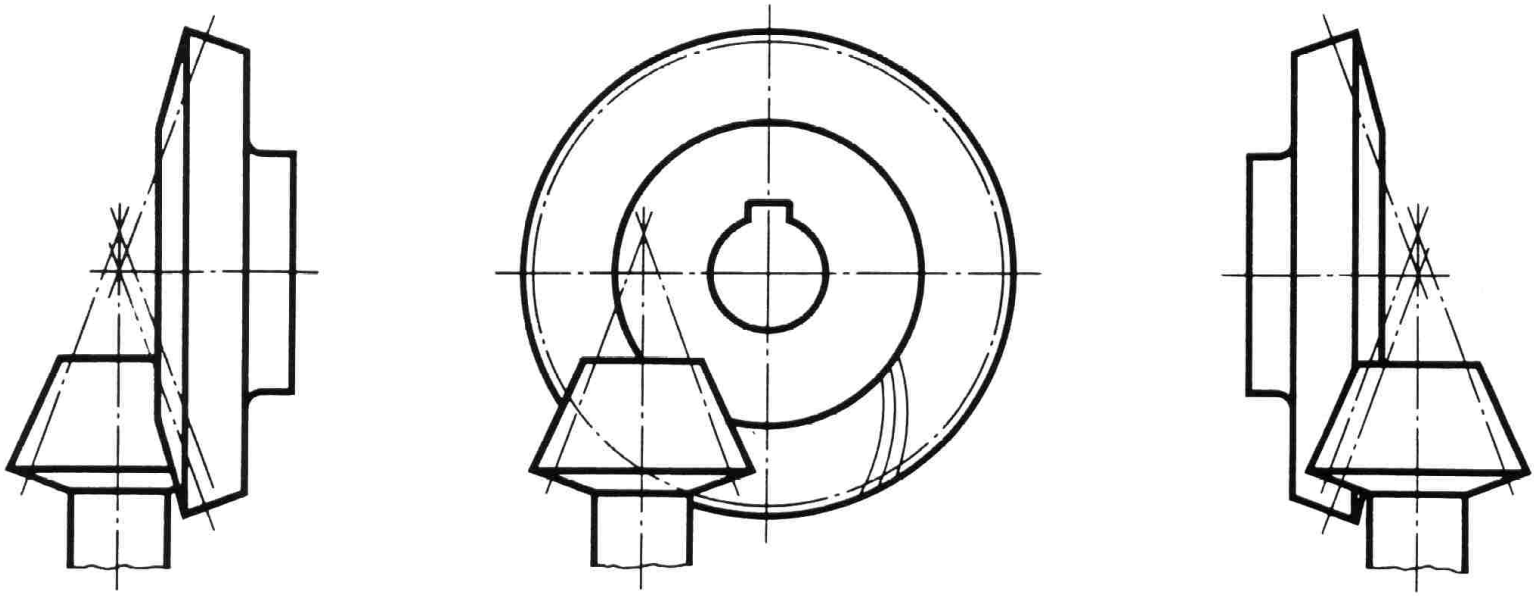


Fig. 8.14 - Engrenagem esquerda (eixos não complanares) de dentado hipóide

Uma das rodas situa-se totalmente à frente da outra.

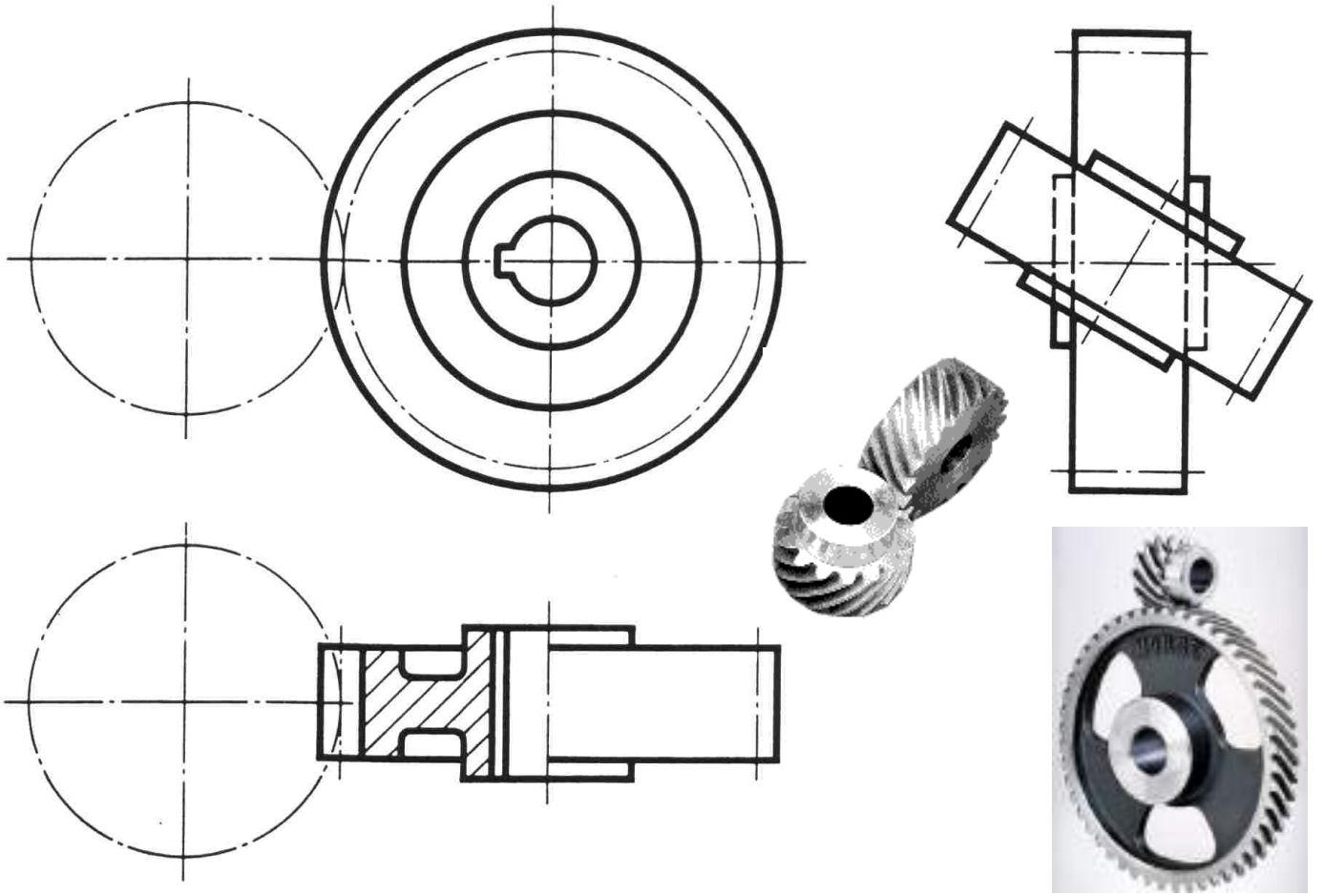
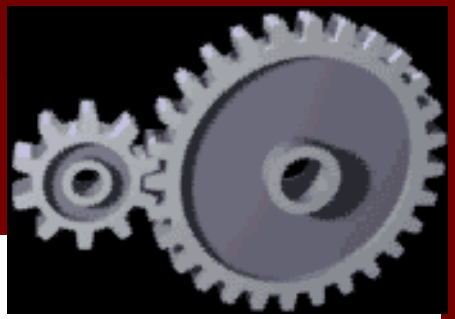


Figura 8.15 - Engrenagem esquerda (de eixos não complanares) de dentado helicoidal ("Crossed helical gears")

Os contornos e arestas escondidas podem ser omitidos, se não forem indispensáveis para a clareza do desenho.

Engrenagens





8.4.2.1 Engrenagem exterior de rodas cilíndricas

("External (cylindrical) gear pair")

"Spur gear pair"

"Helical gear pair"

"Double-helical gear pair"

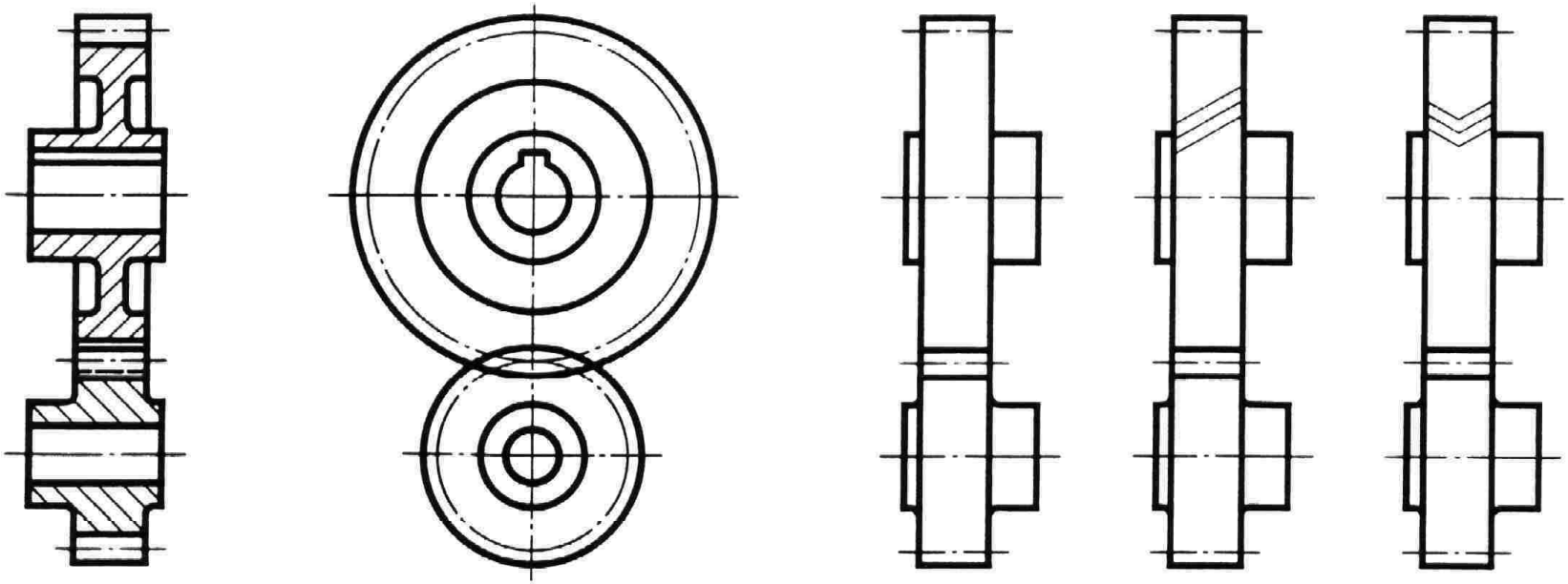


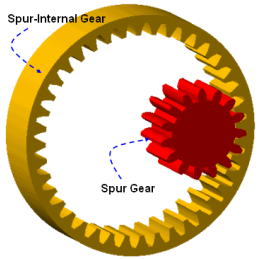
Fig. 8.16 – Representações de engrenagens cilíndricas, em vista e em corte

Engrenagens





8.4.2.2 Engrenagem interior de rodas cilíndricas





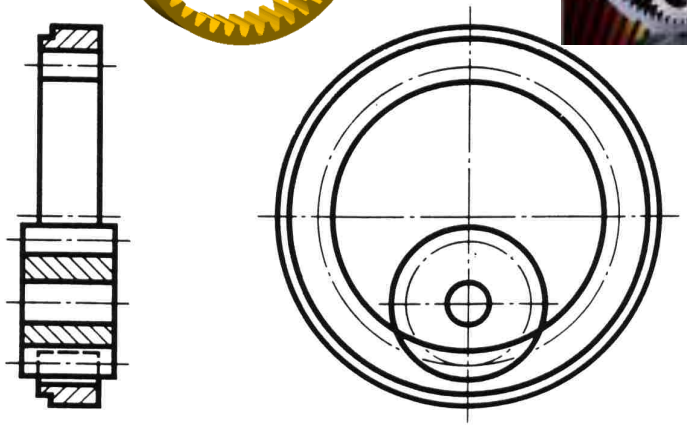


Fig. 8.17 – Engrenagem cilíndrica interior

("Internal (cylindrical) gear Pair")

8.4.2.3 Engrenagem de roda com cremalheira

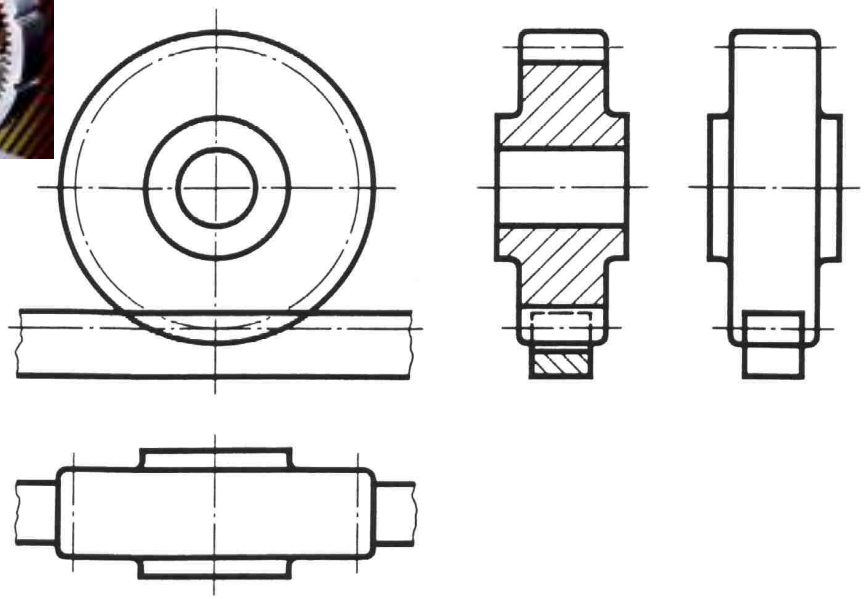


Figura 8.18 – Engrenagem de roda (pinhão) com cremalheira

("Rack and pinion gear pair")

8.4.2.4 Engrenagem de rodas cónicas, com intersecção dos eixos segundo um ângulo qualquer

("Bevel gear pair")





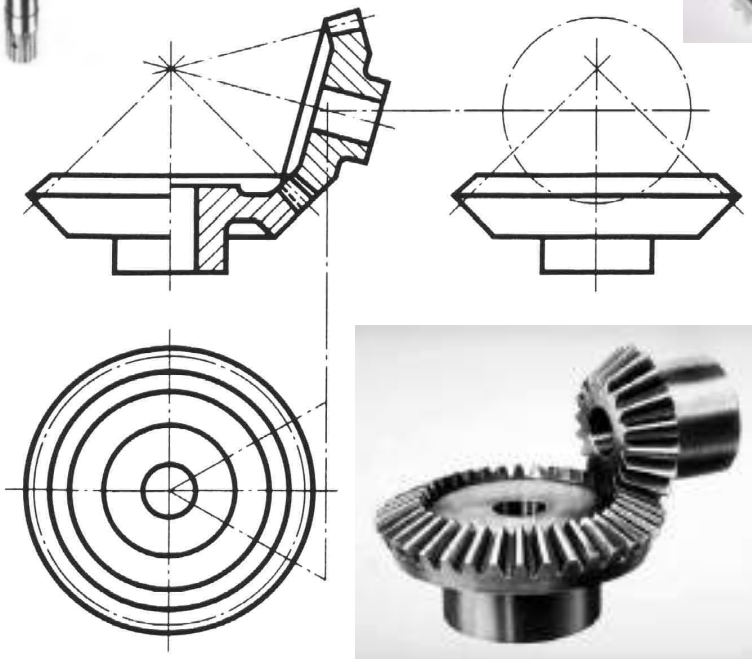
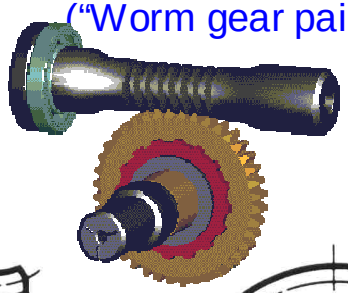


Figura 8.19 – Engrenagem cónica (de eixos concorrentes)

("Bevel gears (with intersecting axes)")

8.4.2.5 Engrenagem com parafuso sem-fim cilíndrico, em corte

("Worm gear pair")





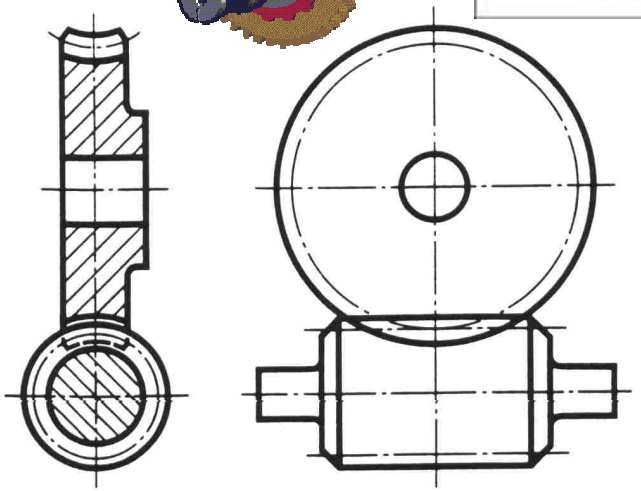
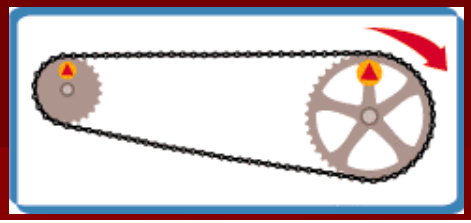


Fig. 8.20 – Engrenagem de parafuso sem-fim e roda de coroa

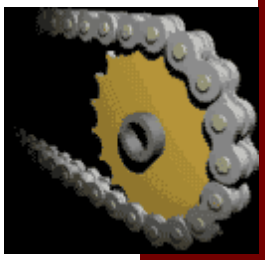
("Worm and wormwheel")

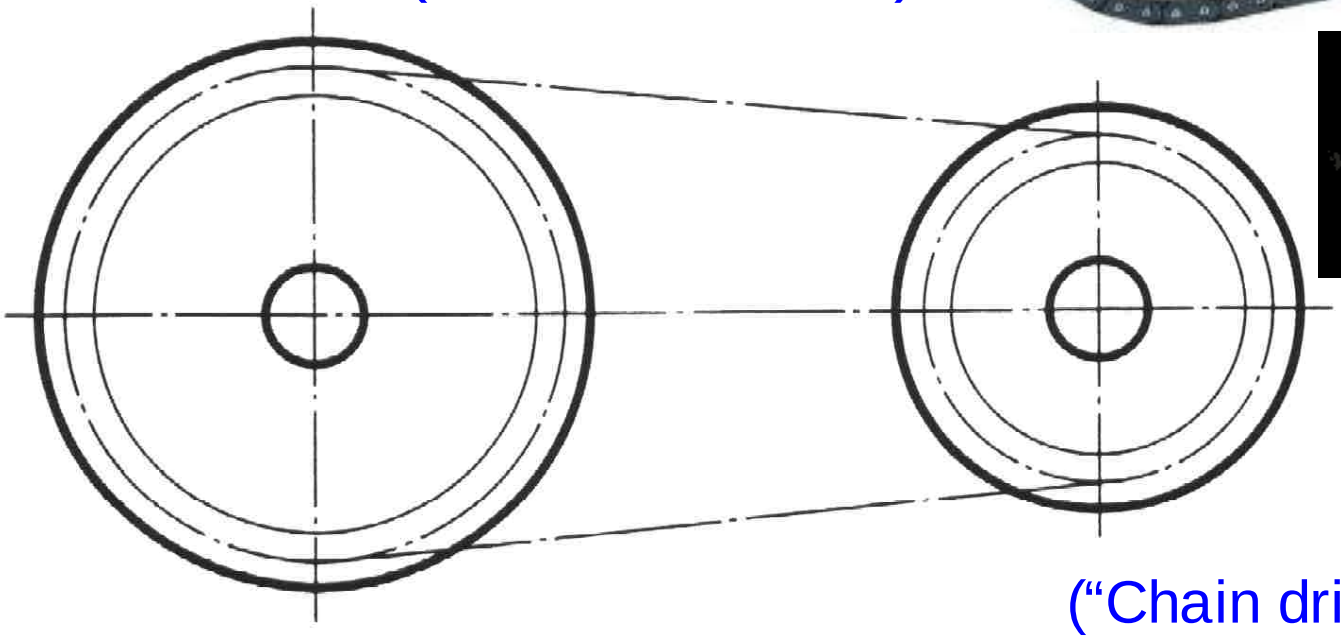




8.4.2.5 Rodas para corrente

("Chain wheels")





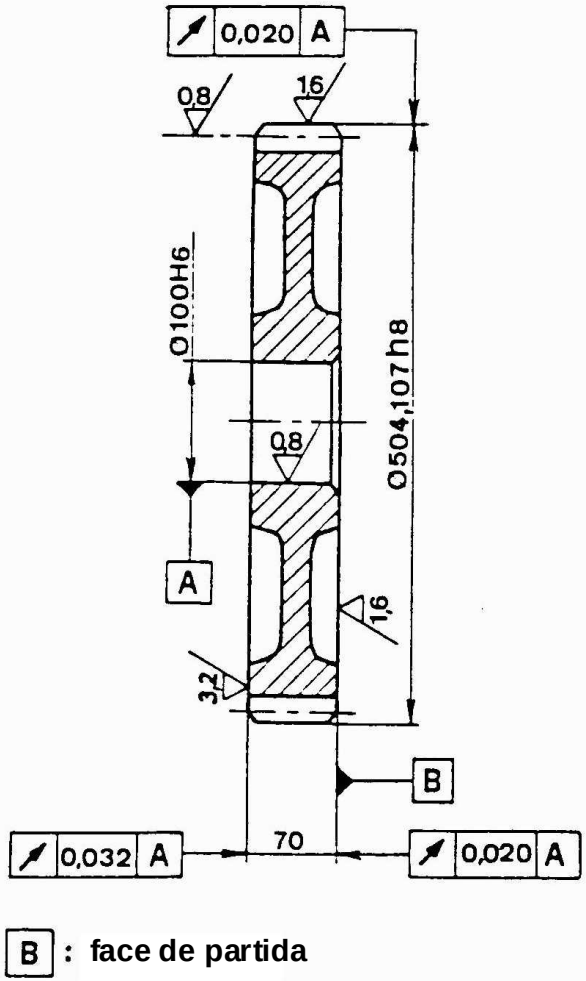
("Chain drive")

Figura 8.21 – Rodas dentadas para corrente

Eng

Exemplo sobre as **indicações a fornecer, pelo projectista, ao fabricante da engrenagem, de acordo com a norma ISO 1340).**



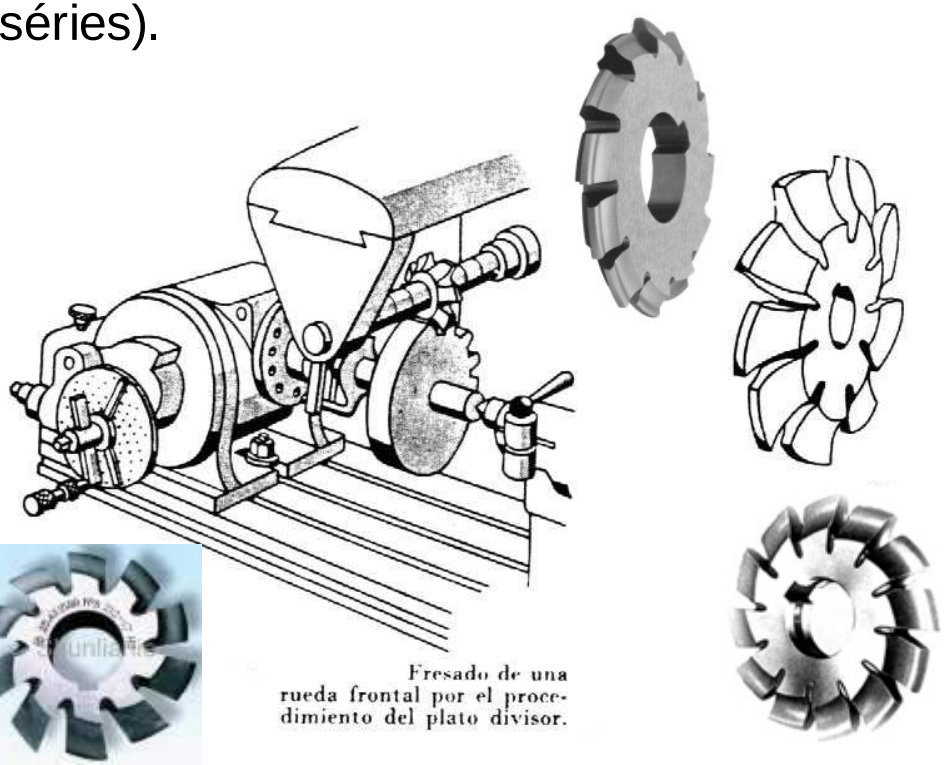


Características do dentado	
Módulo	5
Número de dentes	97
Cremalheira de referência	ISO 53 - 20°
Ângulo de hélice	9.8969° 9° 53' 49"
Sentido da hélice	à direita
Diâmetro primitivo de corte	492.327
Coeficiente de desvio	+ 0.201
Cota tangencial sobre k dentes (k = 12)	- 0.055 177.525 - 0.166
Classe	6
Entre - eixo	300 ± 0.026
Roda conjugada	z = 20
...	...
...	...
...	...

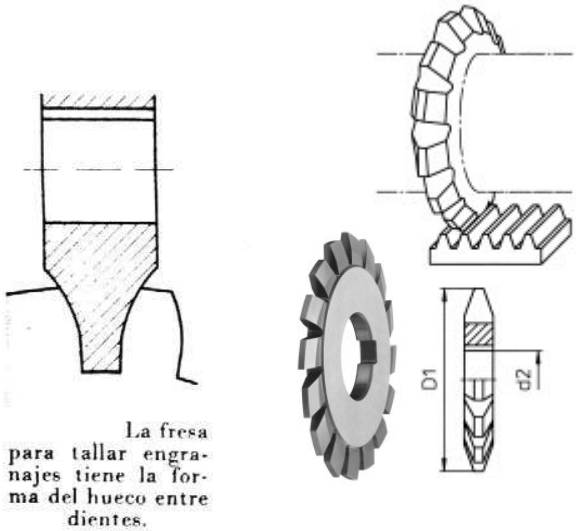
Fig. 8.4 - Indicações a fornecer ao fabricante da engrenagem (ISO 1340)

Produção dos dentados rectos e helicoidais das rodas cilíndricas

Fresagem com fresa de forma (processo menos preciso e para pequenas séries).



Fresado de una rueda frontal por el procedimiento del plato divisor.



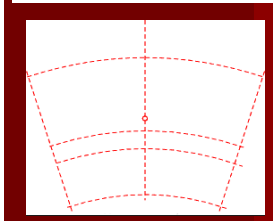
La fresa para tallar engranajes tiene la forma del hueco entre dientes.

Fresa de forma

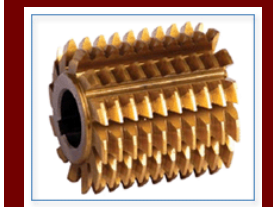
("Gear milling cutter")

Produção dos dentados rectos e helicoidais das rodas cilíndricas (continuação)

Perfil em evolvente

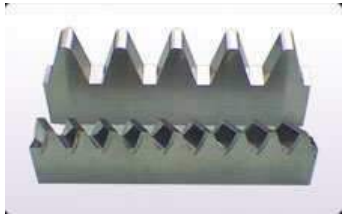






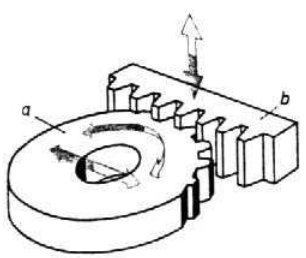


Talhagem por um processo de geração de dentado através de cremalheira de corte, buril-pinhão ou fresa-mãe.

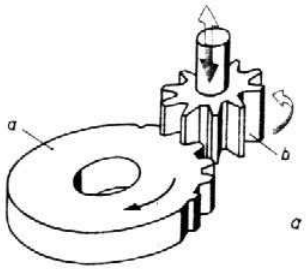


Cremalheira de corte

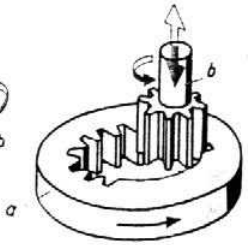
(“Rack cutter”)



Proceso del trabajo en el mortajado por rodamiento con el útil de peine. *a*) Cuerpo de rueda; *b*) peine.



Proceso del trabajo en el mortajado por rodamiento de un dentado exterior empleando como útil la rueda cortante. *a*) Cuerpo de rueda; *b*) rueda cortante.



Proceso del trabajo en el mortajado por rodamiento de un dentado interior, empleando la rueda cortante. *a*) Cuerpo de rueda; *b*) rueda cortante.

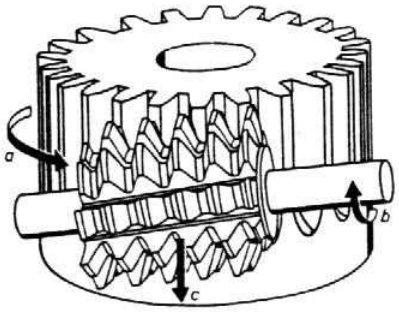


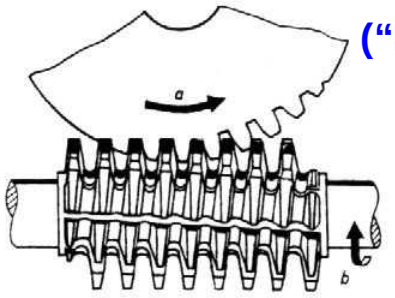
Buril-pinhão

(“Pinion cutter”)

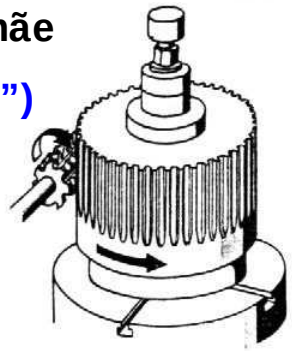
Fresa-mãe

(“Hob”)

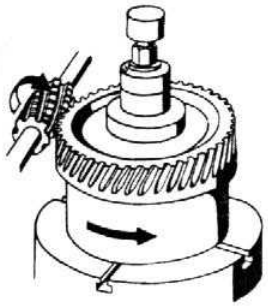




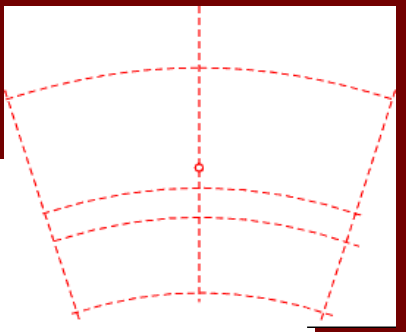
Proceso de trabajo en el fresado continuo. *a*) Movimiento de rotación del cuerpo de rueda; *b*) movimiento de rotación de la fresa; *c*) movimiento vertical de avance de la fresa.



Fresado de una rueda frontal por el procedimiento de rodamiento.

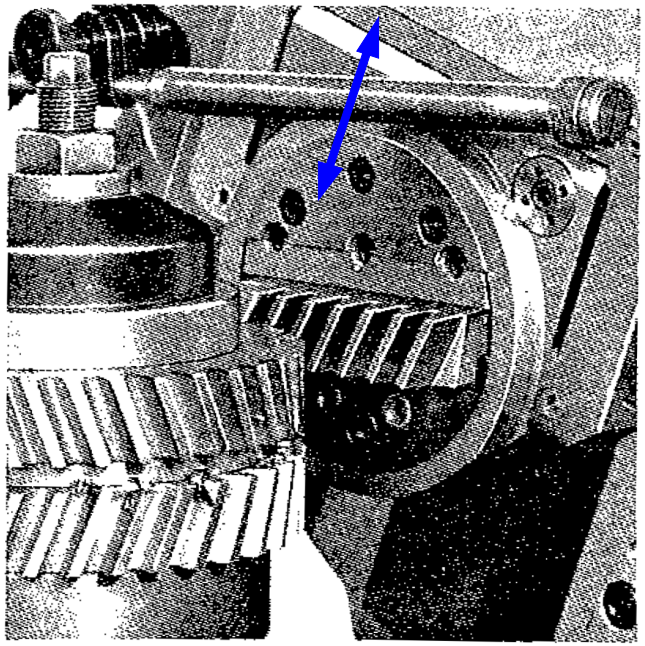


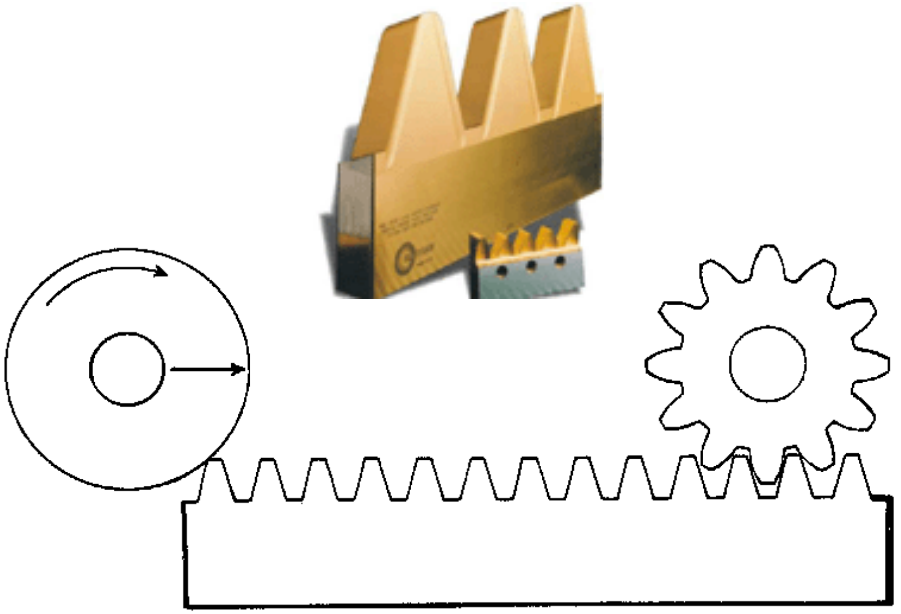
Fresado de una rueda frontal con dientes inclinados por el procedimiento de rodamiento.



Método de geração por cremalheira de corte

A **cremalheira de corte** tem um movimento vertical alternativo.

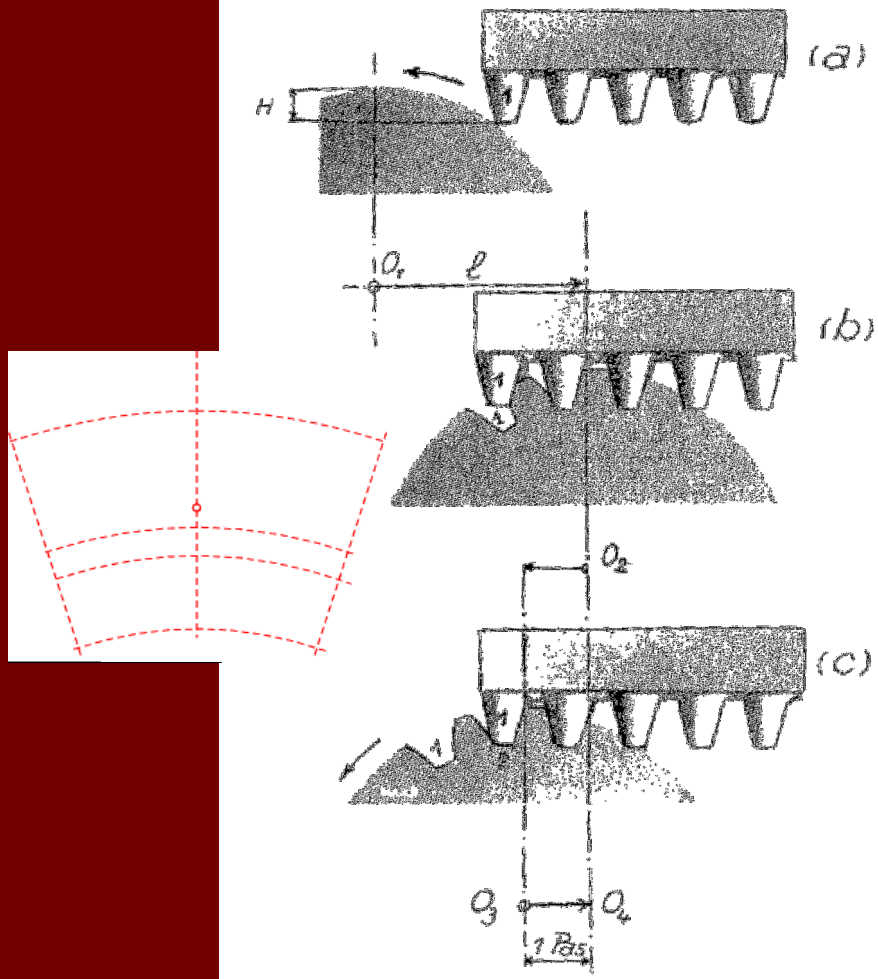


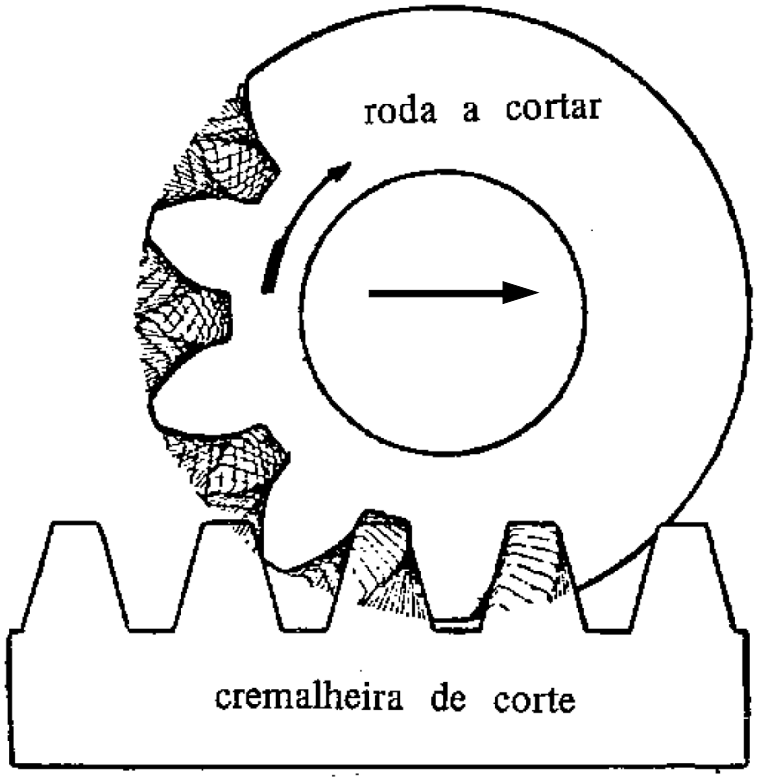


A **roda a talhar** sofre uma rotação conjugada com uma translação do seu suporte.

Engrenagens







Os dois movimentos de roda efectuam-se durante a fase de recuo da ferramenta de corte (cremalheira).



Talhagem por um processo de geração



Talhagem por geração de dentado com fresa-mãe.

Talhagem por um processo de geração



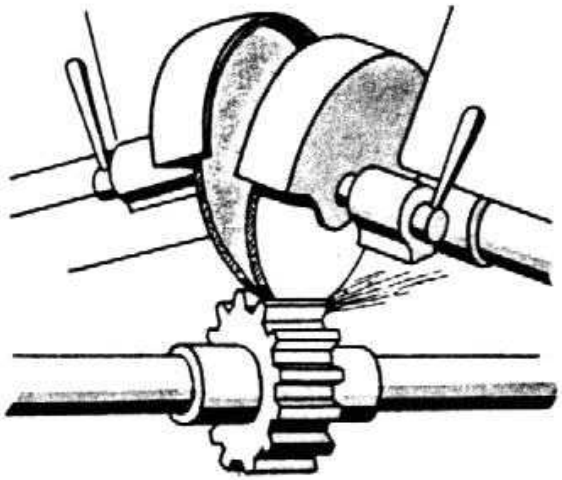




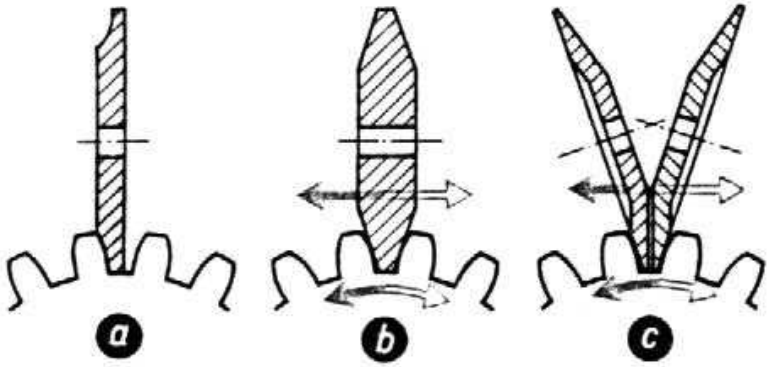
Talhagem por geração de dentado com buril-pinhão.

Produção dos dentados rectos e helicoidais das rodas cilíndricas

As rodas de qualidade são submetidas a um **processo de acabamento por rectificação**.



Máquina de esmerilar ruedas dentadas, provista de muelas de plato.



Procedimiento para esmerilar ruedas frontales. *a*) Esmerilado de forma; *b*) esmerilado de rodamiento con *una* muela; *c*) esmerilado de rodamiento con muelas de plato.

Acabamento por rectificação

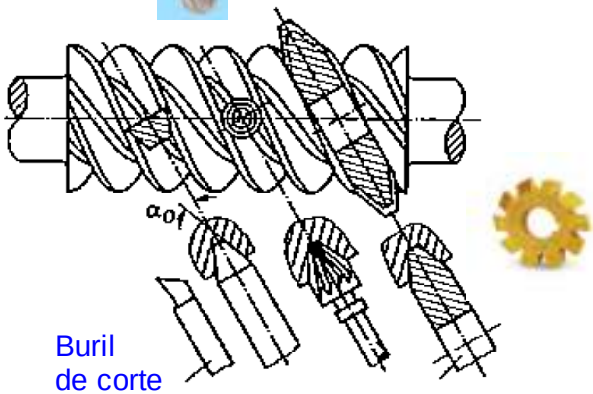
Produção dos dentados do parafuso sem-fim e da roda de coroa

Os **parafusos sem-fim** podem ser abertos:



- **no torno mecânico**

  (processo com fraco rendimento, não utilizado na produção em série)

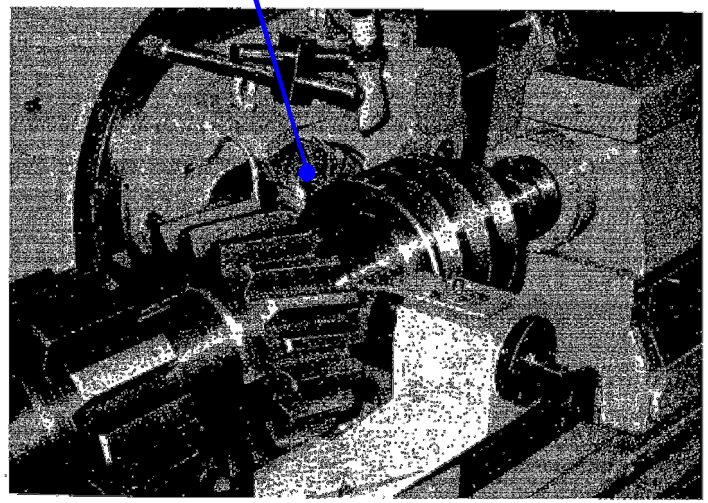


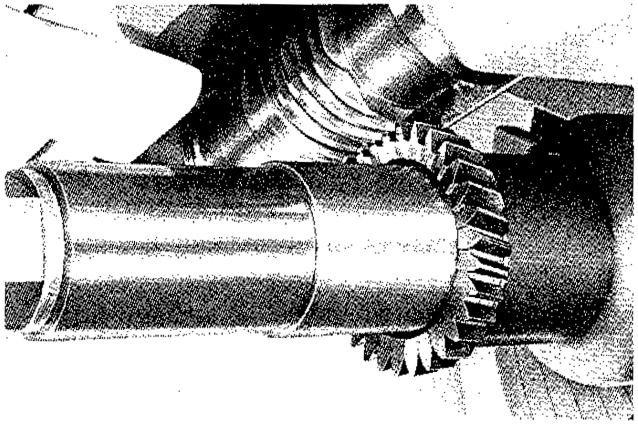
Buril
de corte

Fresa de disco









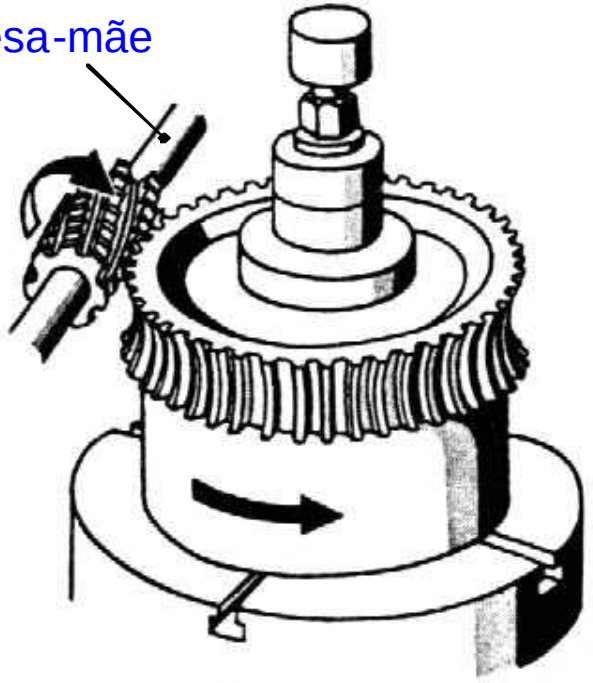
- **por talhagem com uma fresa de disco**

- **por talhagem com um buril-pinhão**

Produção dos dentados do parafuso sem-fim e da roda de coroa



As **rodas de coroa** podem ser talhadas por geração com uma **fresa-mãe**.







Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP



Ligações por Rebites



José António Almacinha

1 – Normas

ISO 1051: 1999 – Rivet shank diameters.

NP 264 – Rebites. Tipos normalizados

NP 193 a NP 197 – Rebites de aço p/ caldeiraria ou p/ construção metálica. (anuladas)

NP 245 a NP 251 – Rebites para chapa.

NP 252 – Furos para rebites.

DIN 101: 1993 – Rivets; technical specifications

DIN 124: 1993 – Steel round head rivets with nominal diameters from 10 to 36 mm

DIN 302: 1993 – Countersunk head rivets; nominal diameters 10 to 36 mm

DIN 660: 1993 – Round head rivets; nominal diameters 1 to 8 mm.

DIN 661: 1993 – Countersunk head rivets; nominal diameters 1 to 8 mm

DIN 662:1993 – Mushroom head rivets; nominal diameters 1,6 to 6 mm

DIN 674:1993 – Flat round head rivets; nominal diameters 1,4 to 6 mm

DIN 675:1993 – Flat countersunk head rivets; nominal diameters 3 to 5 mm

NF E 27-151/152/153/154: 1952 - Rebites.

NF E 27-155/156 - Rebites p/ construções mecânica, metálica e caldeiraria.

"AS LIGAÇÕES POR REBITES SÃO LIGAÇÕES PERMANENTES USADAS EM CALDEIRARIA; CONSTRUÇÃO NAVAL, CONSTRUÇÃO CIVIL, ETC."

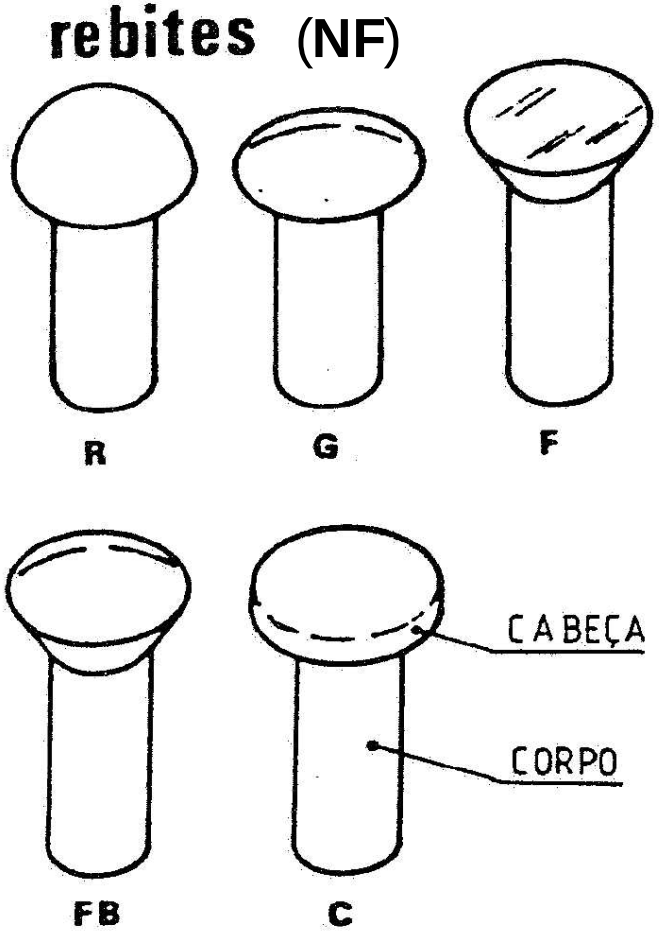
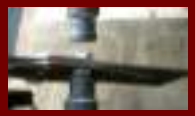


Figura 1 – Tipos de rebites (rivets)

Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP

Ligações por rebites











Ligações por rebites

2 – Generalidades

Um **rebite** é uma peça cilíndrica com uma cabeça numa das extremidades,.

Faz a **ligação permanente** de peças (chapas de caldeiras ou de construção naval, estruturas de aço, etc.).

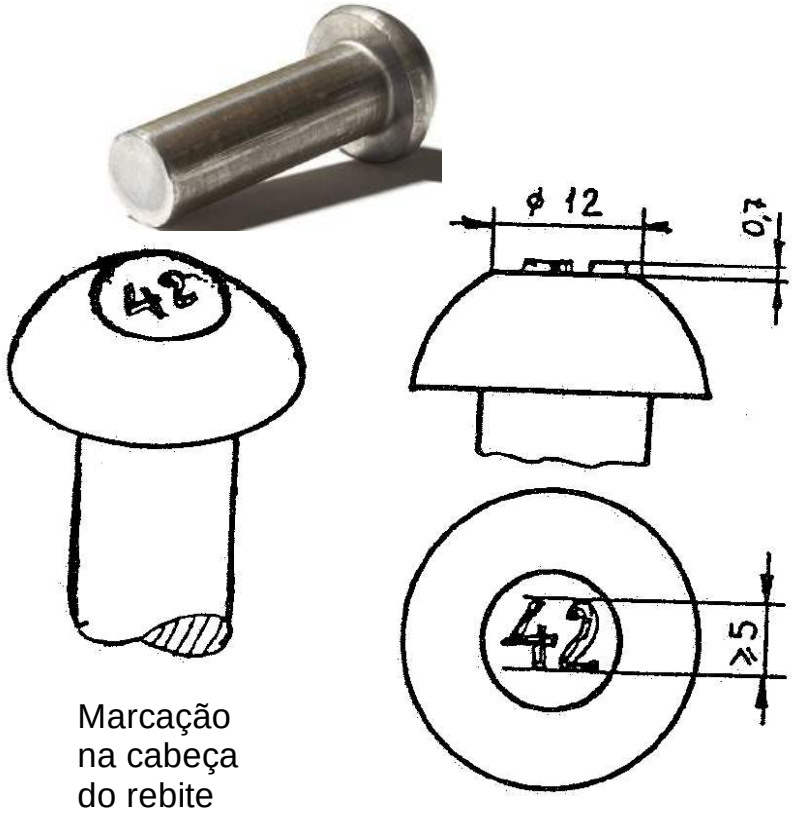
3 – Materiais e classes dos materiais

Os rebites são feitos em materiais resistentes e dúcteis, tais como:

Quadro 1 - Aços

Classe de material Símbolo	Resistência nominal à tracção MPa		Dureza Brinnel HB min.	Resiliência KCV a 20º±5º em J / cm²
	min.	max.		
24	360	440	–	–
26	410	490	–	–
37 R	360	440	105	–
42 R	410	490	120	70

As classes dos **aços 37 R** e **42 R** são objecto de marcação nas cabeças dos rebites.



Marcação na cabeça do rebite

Figura 2 – Marcação da classe de material 42 R (ver DIN 101)

Cobre (ver NP 243), **latão** (ver NP 244), **alumínio** e suas ligas, **aços inoxidáveis** e outras ligas.

4 – Aplicações gerais

O **rebite** é colocado num **furo comum** às peças a ligar e, através da deformação plástica do seu corpo (ou espiga), a frio ou a quente, forma-se uma **contracabeça.**

As **ligações por rebites** têm vindo a ser substituídas por ligações por **soldadura**, pois esta tem as seguintes vantagens:

- muito maior produtividade, e
- maior resistência mecânica da ligação.

As **ligações por rebites** são ainda usadas em:

- ligações onde o efeito térmico da soldadura se torna inconveniente;
- ligações de peças que são de difícil soldadura;
- ligações de peças metálicas com peças não metálicas (madeira, couro, etc.).

5 – Rebitagem

O **corpo do rebite** é deformado, **a frio ou a quente**, por acção da força exercida por uma ferramenta embutideira, manual ou automática, que provoca a **formação de uma contracabeça**.

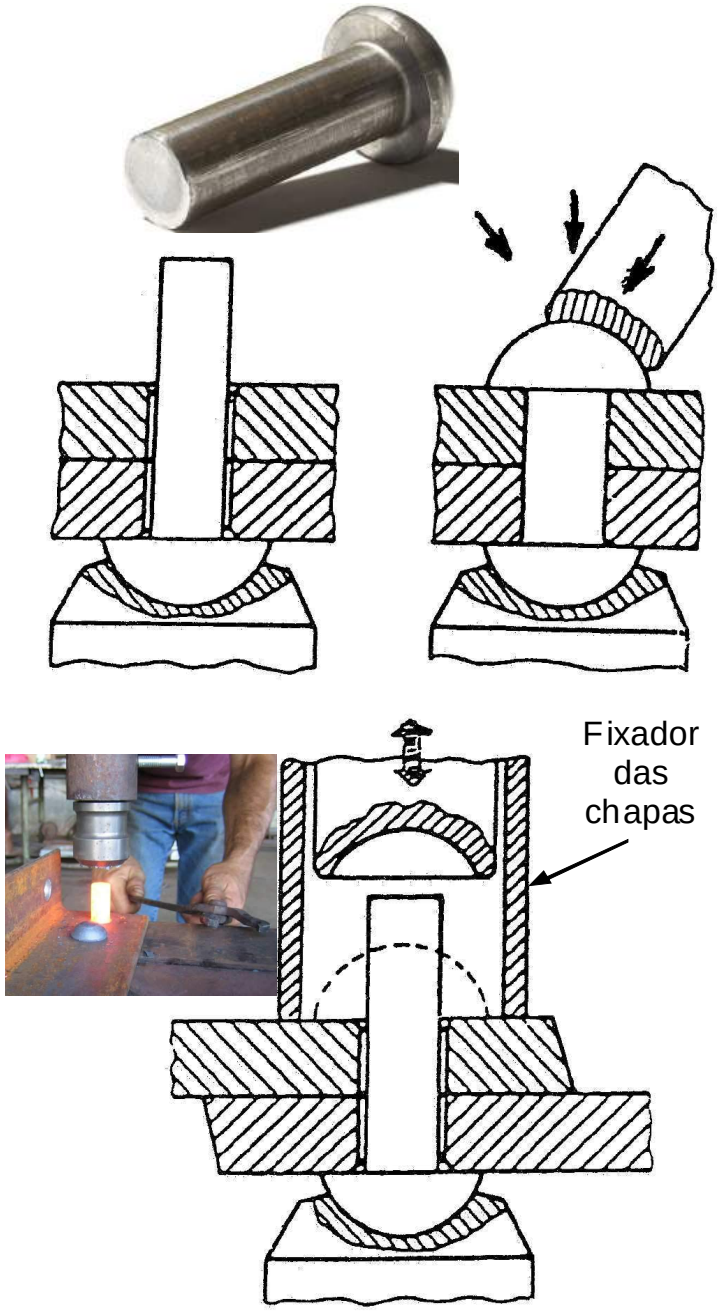


Figura 3 – Operação de cravação (rebitagem)

5 – Rebitagem (continuação)

O **corpo do rebite** é deformado, **a frio ou a quente**, com a **formação de uma contracabeça**.

A **rebitagem a frio** é usada para pequenos rebites com diâmetros ***d* < 10 mm**.

A **rebitagem a quente** é usada para rebites com diâmetros ***d* ≥ 10 mm**.

Os **furos** para a colocação dos rebites podem ser obtidos por:

- furação (**c/ broca**), com diâmetros d_1:

$$d + 0{,}5 < d_1 < d + 1$$

- furação (**c/ punção**), com diâmetros d_1:

$$d + 1 < d_1 < d + 2$$

Na **rebitagem a frio**, os furos devem ter diâmetros:

$$d_1 \approx 1{,}05\, d$$

Na **rebitagem a quente**, os furos devem ter diâmetros:

$$d_1 \approx 1{,}1\, d$$

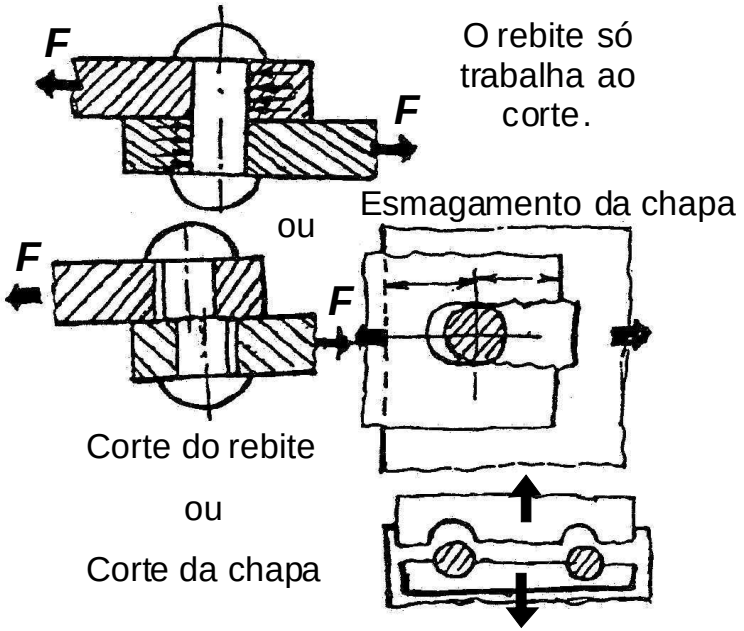


Figura 4 – Ligação por obstáculo (com rebitagem a frio)

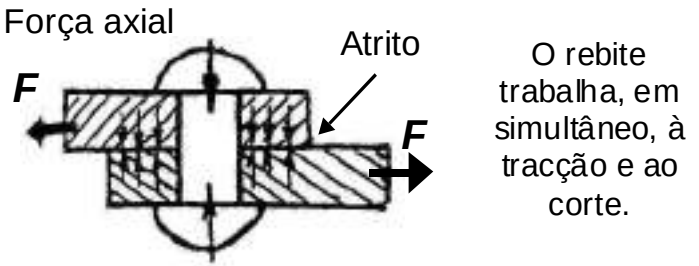


Figura 5 – Ligação por obstáculo e por atrito (com rebitagem a quente)

6 – Tipos de rebites e suas dimensões para desenho

O **diâmetro *d*** dos rebites é seleccionado em função da **maior espessura *s*** registada nas várias peças a ligar.

Deve ser sempre ***d* ≥ *s***, sendo aconselhável escolher:

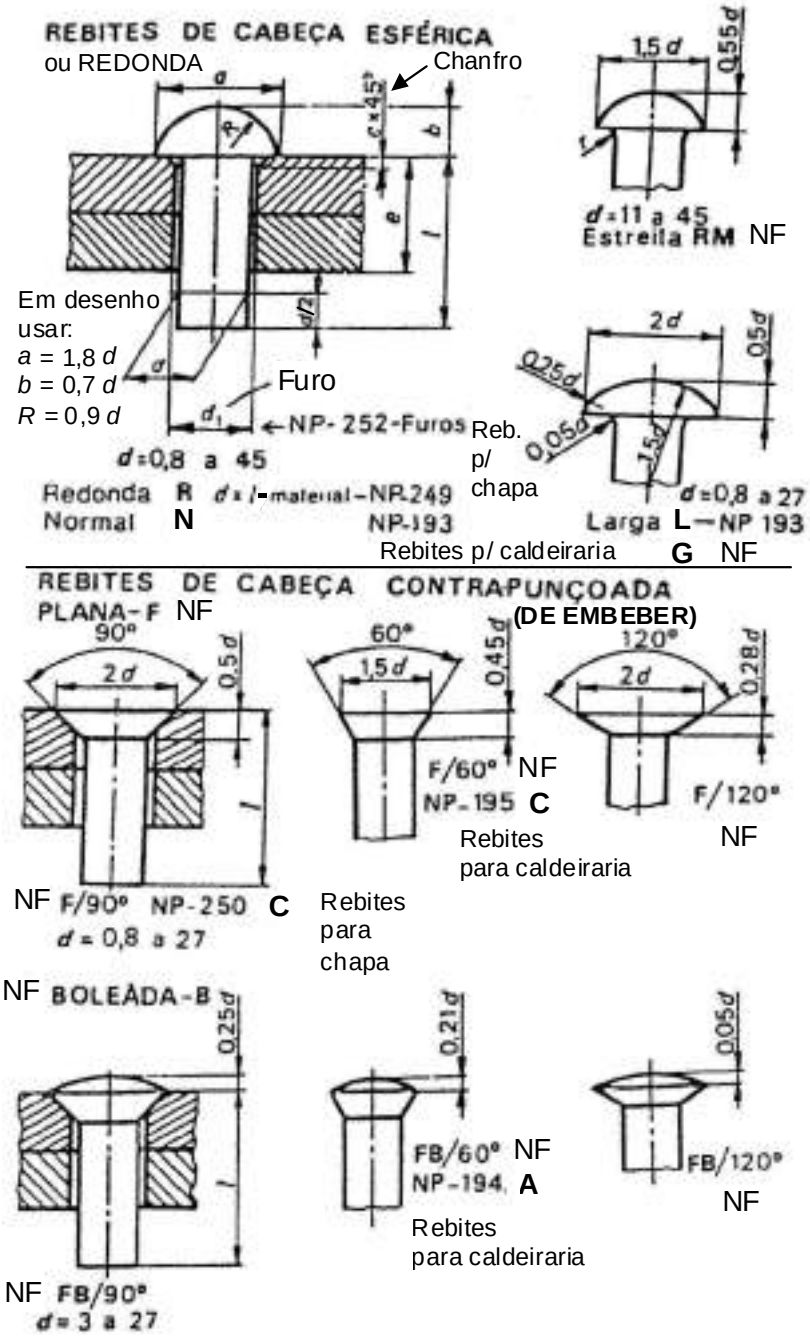
- ***d* ≥ 1,6 *s***, p/ **aplicações gerais**, e
- ***d* ≈ 45 *s* / (15 + *s*)** ou

  ***d* ≈ 7 √*s* – 4**, p/ **rebites de resistência e de juntas vedantes**.

OBSERVAÇÕES:

- A espessura total máxima ***e*** das peças ligadas é de ***e* ≤ 4 *d*** (no máximo **5 *d***), caso contrário, o ajustamento do rebite torna-se difícil e a sua cabeça pode soltar-se.
- Os rebites devem ser do mesmo material das peças a ligar, para evitar a formação de uma F.E.M. de contacto e a consequente corrosão.

Quadro 2 – Tipos de rebites



O comprimento ***l*** dos rebites pode ser determinado:

$$l \geq 1{,}1\, e + \Delta l$$

em que:

e - soma das espessuras das peças.

Δl - parte do corpo destinada à formação da contracabeça:

- esférica: $\Delta l = 1{,}5\, d$
- de embeber: $\Delta l = 0{,}6\, d$

7 – Designação

Rebite, tipo da cabeça, *d* x *l* – classe de material - norma

Exemplo:

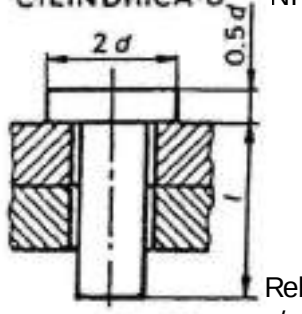
Rebite R 8 x 20 – 37R – NP 249

8 – Desenhos de ligações por rebites

Devem ser realizados nas escalas: 1:1, 1:5, 1:10 e 1:20.

Quadro 2 – Tipos de rebites (continuação)

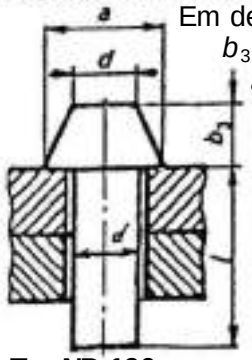
REBITES DE CABEÇA CILÍNDRICA-C NF



Reb. p/ chapa

Ch – NP-251

CABEÇA TRONCO-CÓNICA



Em desenho:
$b_3 = 0{,}65\, d$
$a = 1{,}6\, d$

T – NP 196
Rebites p/ caldeiraria

Diâmetros nominais						Comprimento	
d	d_1 Furo	*a*	*b*	*c*	b_3	*l* de	*l* a
1,6	2	2,8	1,2	-	-	3	9
2	2,5	3,5	1,5	-	-	4	10
2,5	3	4,5	2	-	-	3	11
3	3,5	5,5	2,5	0,5	-	4	12
(3,5)	4	6,5	2,5	0,5	-	5	14
4	4,7	7	3	0,5	-	6	20
5	5,8	9	4	0,5	-	8	32
6	7	11	4,5	1	5	10	35
(7)	7,5	12	5	1		11	40
8	9	14	5,5	1	7	12	40
10	11	17	7	1	8	16	50
12	13	21	8	1	8,5	22	60
(14)	15	24	10	1,5	9,5	25	80
16	17	28	11	2	11,5	30	85
(18)	19,5	31	12	2		32	100
20	21,5	34	14	2	13,5	32	120
(22)	24	38	16	2	15,5	32	140
24	26	41	17	2,5	18	40	160
(27)	29	46	19	2,5	20	50	180
30	32	51	21	3		50	180
(33)	35	56	23	3	22,5	50	200
36	38	61	25	3			

Comprimentos *l* : 3, 4, 5, 6, 8, (9), 10, (11), 12, 14, 16, 20, (22), 25, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200.

Ligações por rebites



Ligações por rebites



Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP

Ligações por rebites







9 – Tipos de ligações rebitadas

Considerando furos d_1 e chapas de espessura s, deverá usar-se:

- $a \approx 2{,}5\ d_1$; $(2\ d_1 \le a \le 3\ d_1)$.
- $c \approx 1{,}8\ d_1$; $(1{,}5\ d_1 \le c \le 2{,}5\ d_1)$: distância aos bordos, na direcção normal a F
- $P \approx 3{,}5\ d_1$; $(3\ d_1 \le P \le 7\ d_1)$ em ambientes muito agressivos; $(3\ d_1 \le P \le 10\ d_1)$ em ambientes pouco ou moderadamente agressivos.

de acordo com REAE de 1986.

9.1 – Junta sobreposta com uma fiada de rebites (junta simples)

(ver figura 6)

- Sobreposição das chapas: $2\ a$

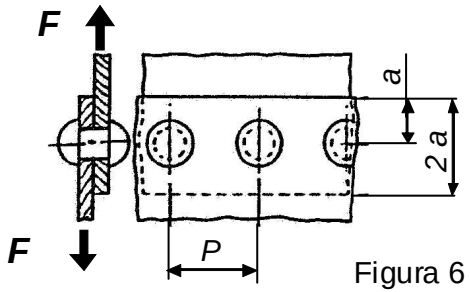


Figura 6

9.2 – Junta sobreposta com duas fiadas de rebites desencontrados (junta dupla em zigue-zague)

(ver figura 7)

- Distância entre fiadas: $b \approx 2{,}5\ d_1$
- Sobreposição das chapas: $2\ a + b$

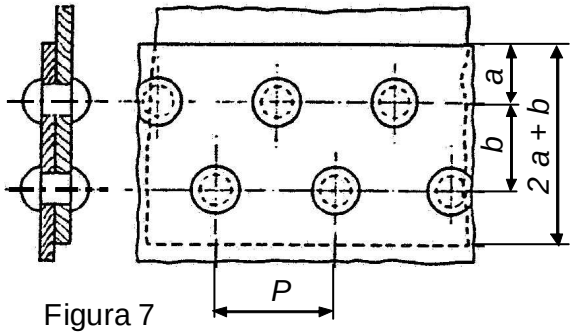


Figura 7

9.3 – Junta sobreposta com duas fiadas de rebites alinhados (junta dupla em cadeia)

(ver figura 8)

- Distância entre fiadas: $b \approx 3\ d_1$
- Sobreposição das chapas: $2\ a + b$

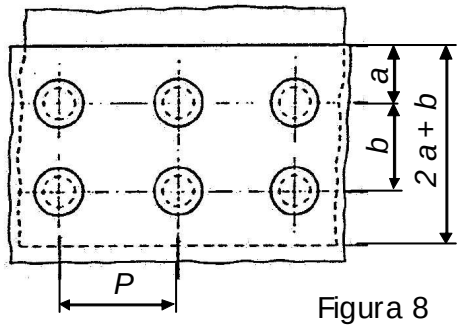


Figura 8

Ligações por rebites

9.4 – Junta topo-a-topo com cobrejunta simples
(ver figura 9)

- Distância entre fiadas: ***b*** = 2 *a* ≈ 5 d_1
- Esp. da cobrejunta: ***s'*** = (1 … 1,25) *s*

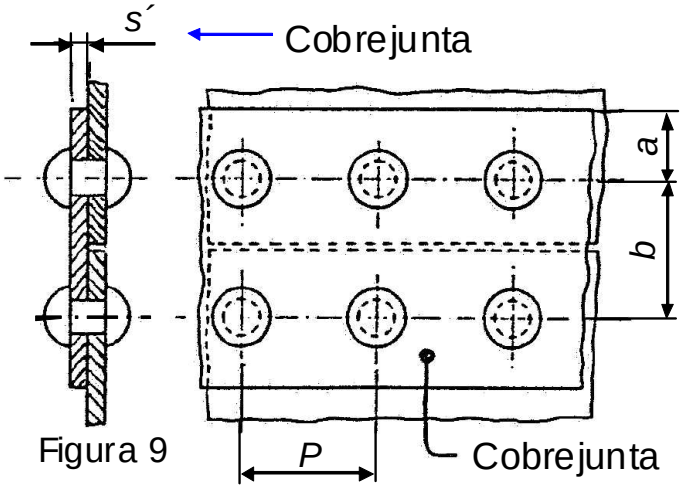


Figura 9

9.5 – Junta topo-a-topo com cobrejunta dupla
(ver figura 10)

- Distância entre fiadas: ***b*** = 2,5 d_1
- Esp. das cobrejuntas: ***s'*** = (0,6…0,7) *s*

A distância entre fiadas ***b*** pode variar entre 3 $d_1 \leq$ ***b*** $\leq 7\ d_1$, em ambientes muito agressivos, e 3 $d_1 \leq$ ***b*** $\leq 10\ d_1$, em ambientes pouco ou moderadamente agressivos (REAE).

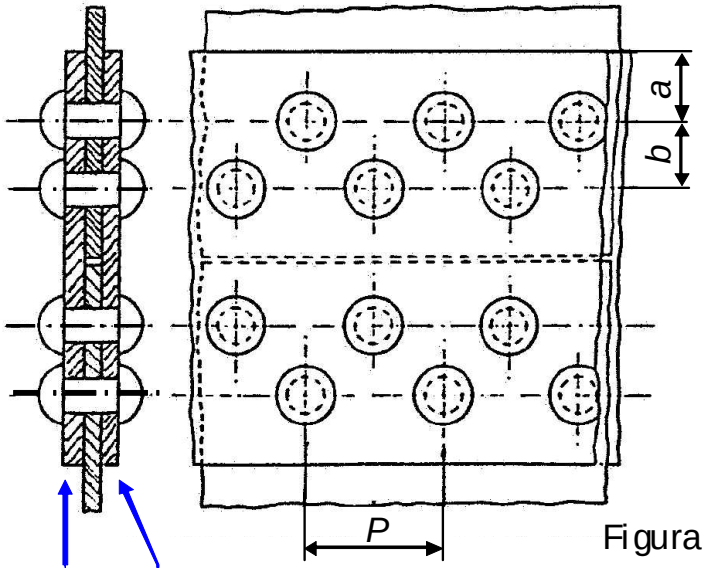
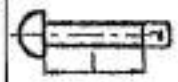
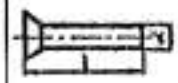
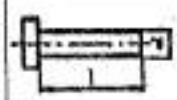
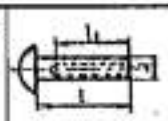
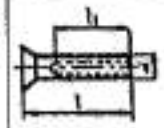
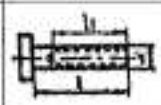
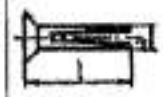


Figura 10

Cobrejunta dupla (junta em zigue-zague)

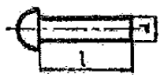
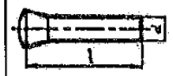
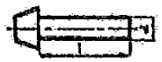
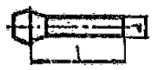
Ligações por rebites

Quadro 3 – Rebites para Chapa (NP)

Norma	Representação	Denominação	Designação	Diâmetro (mm)	Material		Campo de utilização
					Designação	Norma	
NP 249 (1961)		Rebite com cabeça esférica	R d x l – mat. – NP 249	1,6 a 9	Aços 33 e 37 Cobre (C-Cu) Latão (Cu Zn)	NP 191 NP 243 NP 244	Em aplicações gerais.
NP 250 (1961)		Rebite com cabeça contrapunçoada plana	C d x l – mat. – NP 250	1,6 a 9	Aço 37 Cobre (C-Cu) Latão (Cu Zn)	NP 191 NP 243 NP 244	Quando interessa alojar a cabeça do rebite na peça a ligar.
NP 251 (1961)		Rebite com cabeça cilíndrica chata	Ch d x l – mat. – NP 251	1,6 a 9	Aços 33 e 37 Cobre (C-Cu) Latão (Cu Zn)	NP 191 NP 243 NP 244	Em caldeiraria pequena.
NP 245 (1961)		Rebite semitubular com cabeça esférica	R d x l x l_1 – mat. – NP 245	3 a 5	Aço 37 Cobre (C-Cu) Latão (Cu Zn)	NP 191 NP 243 NP 244	Quando um acesso difícil não permite a cravação pelo processo utilizado com os rebites maciços.  Quando o acesso é impossível a um dos lados, utiliza-se uma carga explosiva no furo cilíndrico interior (ex.: Construção aeronáutica).
NP 246 (1961)		Rebite semitubular com cabeça contrapunçoada plana: – tipo normal – tipo largo	Cn d x l x l_1 – mat. – NP 246 Cl d x l x l_1 – mat. – NP 246	3 a 5	Aço 37 Cobre (C-Cu) Latão (Cu Zn)	NP 191 NP 243 NP 244	
NP 247 (1961)		Rebite semitubular com cabeça cilíndrica chata	Ch d x l x l_1 – mat. – NP 247	3 a 6,3	Aço 37 Cobre (C-Cu) Latão (Cu Zn)	NP 191 NP 243 NP 244	
NP 248 (1961)		Rebite bifurcado com cabeça contrapunçoada plana: – tipo normal – tipo largo	Cl d x l – mat. – NP 248 Cn d x l – mat. – NP 248	3 a 5	Aço 37 Cobre (C-Cu) Latão (Cu Zn)	NP 191 NP 243 NP 244	Quando um dos lados da cravação é de acesso difícil. Quando não convém que as peças a rebitar sofram choques.

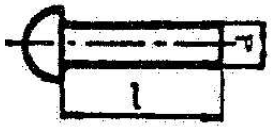
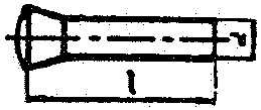
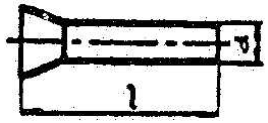
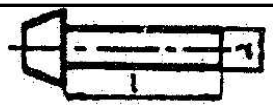
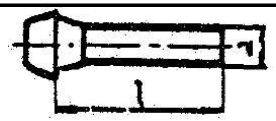
Ligações por rebites

Quadro 4 – Rebites para Caldeiraria ou para Construção metálica (NP)

Norma	Representação	Denominação	Designação	Diâmetro (mm)	Material		Campo de utilização
					Designação	Norma	
NP 193 (1959)		Rebite com cabeça esférica: – tipo normal – tipo largo	N *d* x *l* – mat. – NP 193 L *d* x *l* – mat. – NP 193	10 a 32 13 a 32	Aços 33, 37, 42, 48 Aços 33 e 42	NP 191 NP 191	**N** – Em construções e estruturas metálicas correntes. **L** – Em construções metálicas com exigências de vedação.
NP 194 (1959)		Rebite com cabeça contrapunçoada abaulada	A *d* x *l* – mat. – NP 194	8 a 32	Aços 33, 42 e 48	NP 191	Na construção naval, quando existem exigências excepcionais de vedação ou interesse em que a cabeça fique pouco saliente.
NP 195 (1959)		Rebite com cabeça contrapunçoada plana	C *d* x *l* – mat. – NP 195	10 a 32	Aços 33, 37, 42, 48	NP 191	Na construção metálica, quando interessa ter a cabeça à face.
NP 196 (1959)		Rebite com cabeça tronco-cónica	T *d* x *l* – mat. – NP 196	6,3 a 32	Aços 33, 42 e 48	NP 191	Na construção naval, quando não existem requisitos de vedação ou de pequena saliência da cabeça.
NP 197 (1959)		Rebite com cabeça tronco-cónica e haste encalcada	E *d* x *l* – mat. – NP 197	8 a 28	Aços 33, 42 e 48	NP 191	Na construção naval, com furação feita com um saca-bocados.

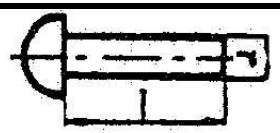
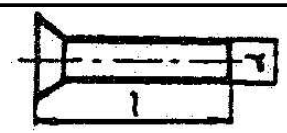
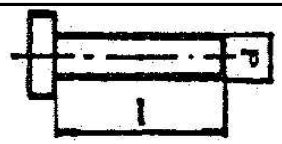
Ligações por rebites

Quadro 5 – Correspondência aproximada entre as normas NP e NF sobre rebites

Normas NP	Representação	Denominação NP	Normas NF	Símbolo da cabeça	Diâmetro (mm)
NP 193 (1959)		Rebite com cabeça esférica: - tipo normal **N** - tipo largo **L**	 E 27-153 E 27-152	 **R** **G**	 0,8 a 45 0,8 a 12
NP 194 (1959)		Rebite com cabeça contrapunçoada abaulada **A**	E 27-154	**FB/60** **FB/90** **FB/120**	9 a 22 0,8 a 12 2,5 a 10
NP 195 (1959)		Rebite com cabeça contrapunçoada plana **C**	E 27-154	**F/60** **F/90** **F/120**	9 a 22 0,8 a 12 2,5 a 10
NP 196 (1959)		Rebite com cabeça tronco-cónica **T**			
NP 197 (1959)		Rebite com cabeça tronco-cónica e haste encalcada **E**			

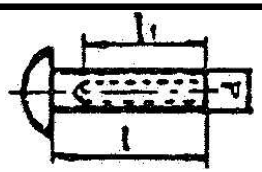
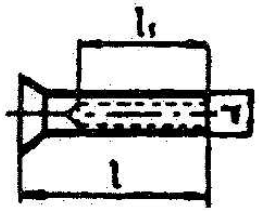
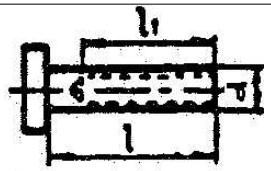
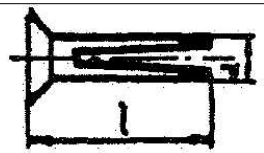
Ligações por rebites

Quadro 5 – Correspondência aproximada entre as normas NP e NF sobre rebites

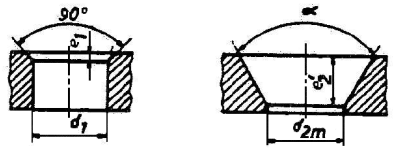
Normas NP	Representação	Denominação NP	Normas NF	Símbolo da cabeça	Diâmetro (mm)
NP 249 (1961)		Rebite com cabeça esférica **R**	E 27-153	**R**	0,8 a 45
NP 250 (1961)		Rebite com cabeça contrapunçoada plana **C**	E 27-154	**F/60** **F/90** **F/120**	9 a 22 0,8 a 12 2,5 a 10
NP 251 (1961)		Rebite com cabeça cilíndrica chata **Ch**	E 27-151	**C**	

Ligações por rebites

Quadro 5 – Correspondência aproximada entre as normas NP e NF sobre rebites

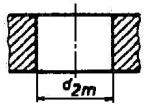
Normas NP	Representação	Denominação NP	Normas NF	Símbolo da cabeça	Diâmetro (mm)
NP 245 (1961)		Rebite semitubular com cabeça esférica **R**	E 27-152	**Gf**	0,8 a 12
NP 246 (1961)		Rebite semitubular com cabeça contrapunçoada plana: - tipo normal **Cn** - tipo largo **Cl**	E 27-154	**F/60f** **F/90f** **F/120f**	9 a 22 0,8 a 12 2,5 a 10
NP 247 (1961)		Rebite semitubular com cabeça cilíndrica chata **Ch**	E 27-151	**Cf**	0,8 a 10
NP 248 (1961)		Rebite bifurcado com cabeça contrapunçoada plana: - tipo normal **Cn** - tipo largo **Cl**			

Quadro 6 – Dimensões dos furos para rebites, em função do diâmetro nominal do rebite (NP 252)

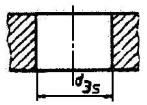


CABEÇA ESFÉRICA
NP-193 (1959)

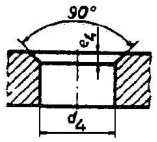
CABEÇA CONTRA-PUNÇOADA
NP-194 e 195 (1959)



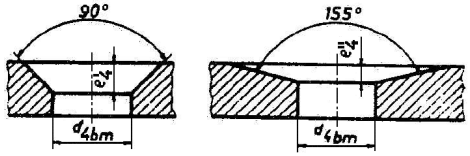
CABEÇA TRONCO-CÓNICA
NP-196 (1959)



CABEÇA TRONCO-CÓNICA E HASTE ENCALCADA
NP-197 (1959)



CABEÇA ESFÉRICA E CILÍNDRICA CHATA
NP-245, 247, 249 e 251 (1961)



CABEÇA CONTRAPUNÇOADA PLANA
NP-246, 248 e 250 (1961)

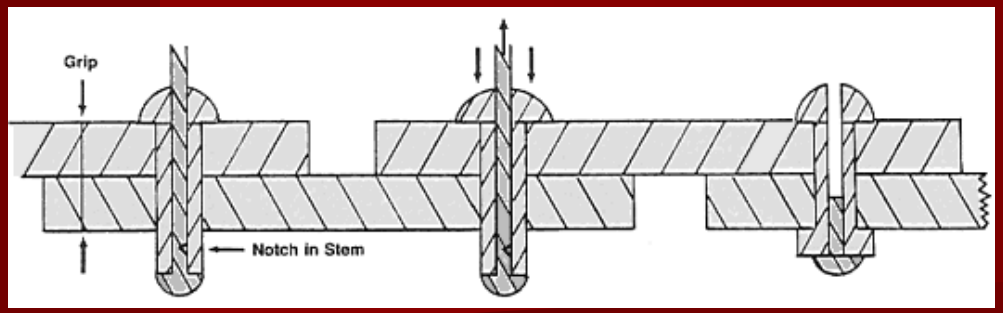
Dimensões em mm

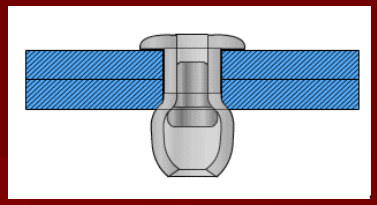
d	d_1		e_1[4]	d_{2m}[3]	d_{2s}[3]	d_1		e_4[4]
	d_{1s}[3]	d_{1bm}[3]				d_{4s}[3]	d_{4bm}[3]	
1,6						2,0	1,7	
2,0						2,5	2,2	
2,5						3,0	2,7	
3,0						3,5	3,2	0,5
(3,5)						4,0	3,8	0,5
4,0						4,7	4,3	0,5
5,0						5,8	5,4	0,5
6,3				6,8		7,3	6,7	1,0
(7)						8,0	7,5	1,0
8				8,5	9,0	9,0	8,5	1,0
10	11,0	10,5	1,0	10,5	11,0			
11	12,5	12,0	1,0	12,0	12,5			
(13)	14,5	14,0	1,5	14,0	14,5			
16	17,5	17,0	2,0	17,0	17,5			
19	21,0	20,5	2,0	20,5	21,0			
(22)	24,5	24,0	2,0	24,0	24,5			
25	27,5	27,0	2,5	27,0	27,5			
28	30,5	30,0	2,5	30,0	30,5			
32	34,5	34,0	3,0	34,0				

[1] De acordo com a NP-252 (1961).
[2] O ângulo α e os contrapunçoados e'_2, e'_4 e e''_4 são fixados de acordo com as dimensões dos rebites indicadas Tabelas 15.1 15.3 e 15.5.
[3] Os indices *s*, *m* e *bm* significam respectivamente que o furo é aberto a saca-bocados, mandrilado e indiferentemente brocado ou mandrilado.
[4] Os contrapunçoados e_1 e e_4 só se executam quando o furo for brocado ou mandrilado.

Ligações por rebites

Rebites de expansão (ou rebites cegos)

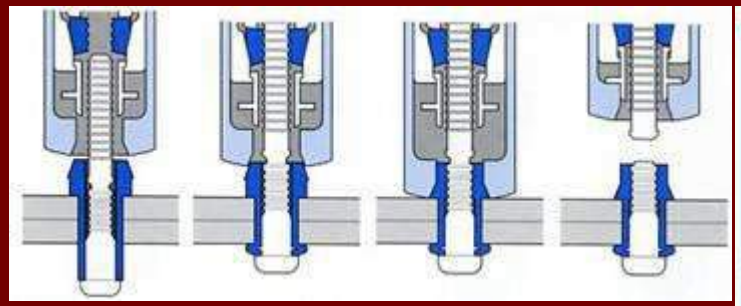






Rebites “Pop”



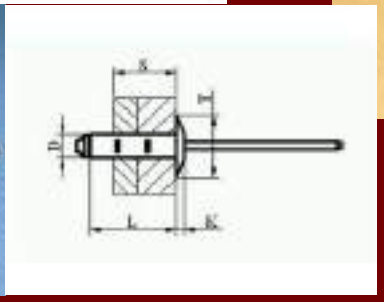


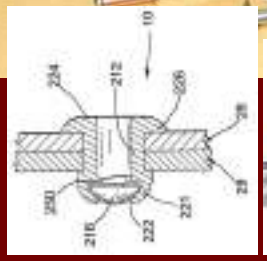














Ligações por rebites





Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP



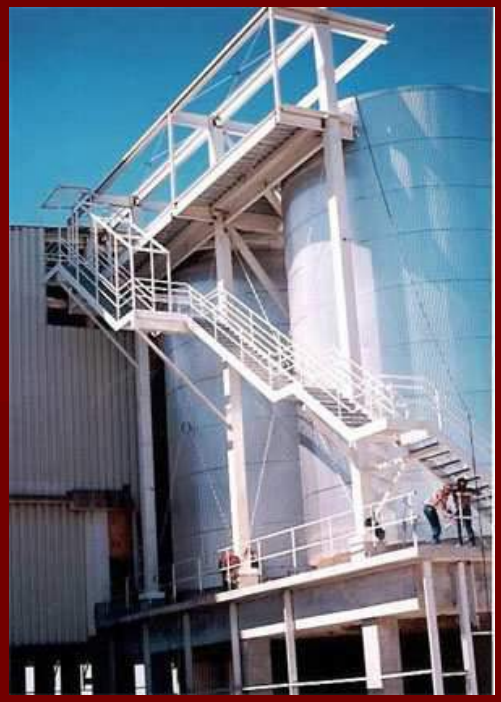


Ligações por soldadura



José António Almacinha

"A soldadura tem uma larga aplicação na ligação de chapas e na construção metálica."





1 – Normas

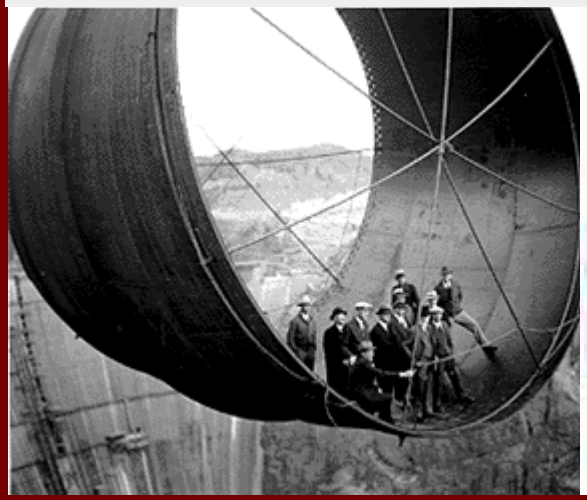
EN 22553:1994 – Representação simbólica de juntas soldadas (ISO 2553:1992).

NP EN ISO 4063: 2004 – Soldadura e processos afins. Nomenclatura e números dos processos (ISO 4063: 1998).

Ligações por soldadura





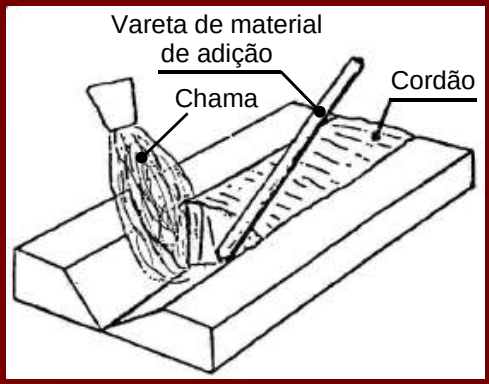






Ligações por soldadura





2 – Processos de soldadura

A soldadura é uma ligação de dois ou mais elementos constitutivos de uma junta, que assegura a continuidade destes (nomeadamente, da natureza dos materiais ligados: metal, plástico, vidro, etc.), realizada por aquecimento, por pressão, ou por ambos os processos em simultâneo, com ou sem material de adição, cuja temperatura de fusão pode ser qualquer.

Pode ser classificada em: soldadura autogénea ("welding") e brasagem ("soldering and brazing").

2.1 – Soldadura autogénea

Processo de ligação realizado **por aquecimento, por pressão ou por ambos os processos em simultâneo**, com ou sem emprego de **material de adição, cuja temperatura de fusão é semelhante à do material de base**.

Pode ser dividida em **soldadura por fusão** (ou no estado líquido), **soldadura no estado sólido** (ou por pressão) e **micro-soldadura**.

2.1.1 – Soldadura por fusão

Realizada por fusão sem aplicação de pressão.

Da classificação de alguns dos principais processos de soldadura por fusão, apresentada na figura 1, podem destacar-se alguns de uso generalizado.

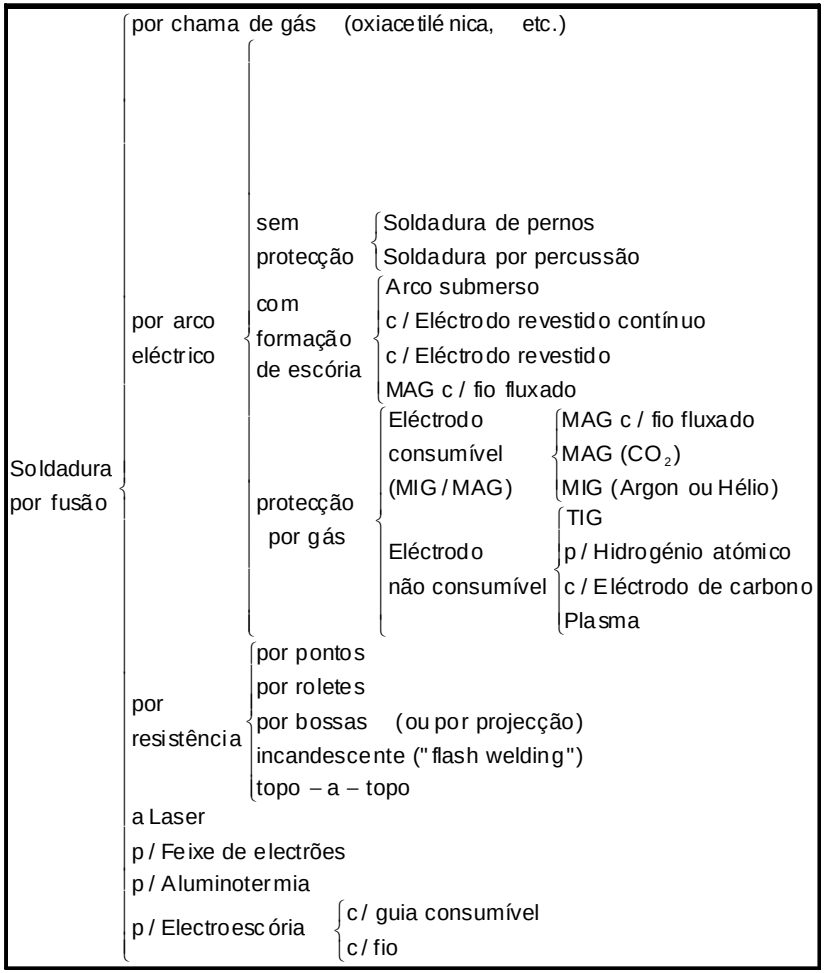


Figura 1 – Classificação dos processos de soldadura por fusão





2.1.1.1 - Soldadura por chama de gás

A **fusão** das peças a ligar e do material de adição (quando usado) é realizada com um **maçarico** funcionando com acetileno (**soldadura oxiacetilénica**), butano, propano, etc. ou com hidrogénio (**soldadura oxídrica**).



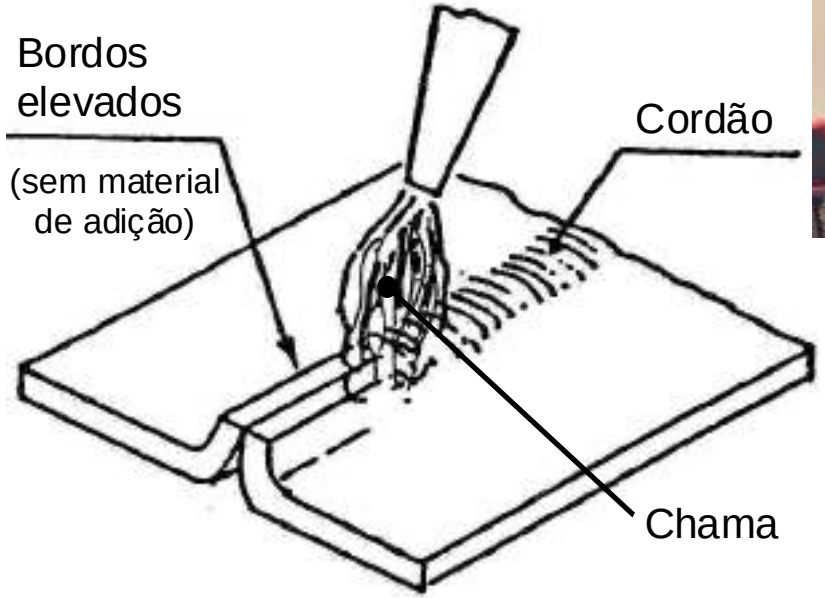


Figura 2 - Soldadura por chama ("gas welding") s/ material de adição



Figura 3 - Soldadura por chama ("gas welding") c/ material de adição

2.1.1.2 - Soldadura por arco eléctrico

A fonte de calor é um arco eléctrico gerado entre um eléctrodo e as peças a ligar, que pode atingir os 3900 °C.

O eléctrodo pode ser revestido ou não revestido. Os revestimentos asseguram estabilidade e protecção ao arco eléctrico e conferem boas propriedades mecânicas ao metal depositado.

O eléctrodo pode ser consumível (aço, metais não ferrosos) ou não consumível (tungsténio, carbono, etc.). As designações dos diferentes eléctrodos estão normalizadas.

Dentre os processos de soldadura por arco eléctrico podem destacar-se alguns dos de maior utilização.

Ligações por soldadura







"Manual metal-arc welding with covered eletrode"

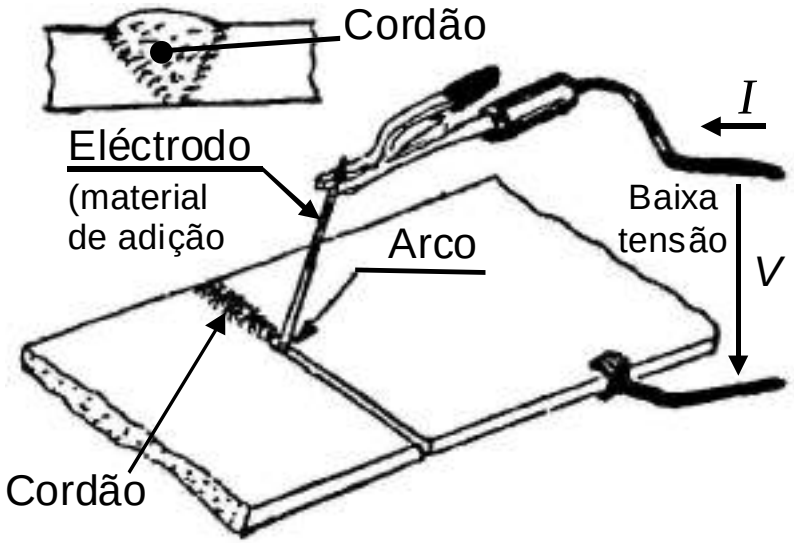


Figura 4 – Soldadura manual por arco eléctrico com eléctrodo revestido

"Submerged Arc Welding" – SAW

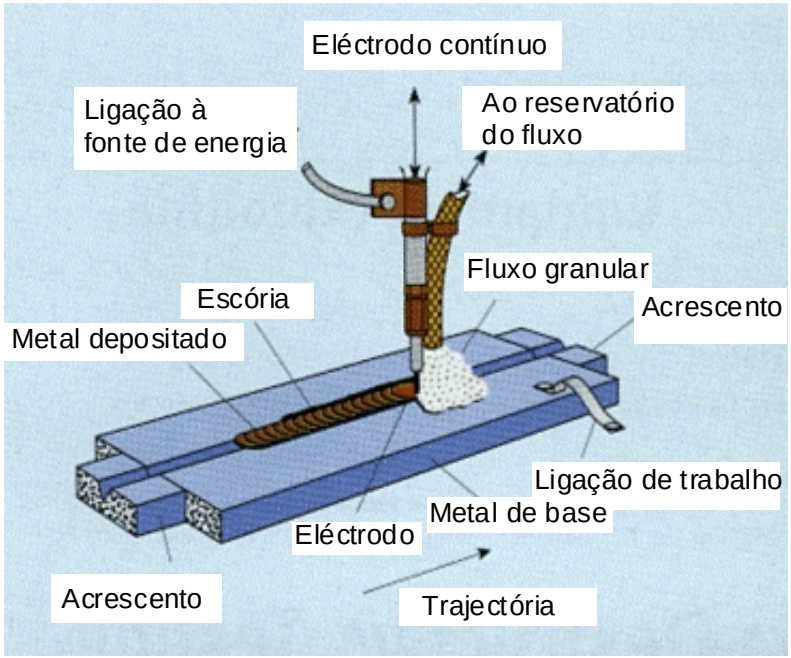


Figura 5 – Soldadura por arco submerso

Ligações por soldadura







"Metal Inert Gas / Metal Active Gas"

"Tungsten Inert Gas"



Figura 6 – Soldadura MIG / MAG

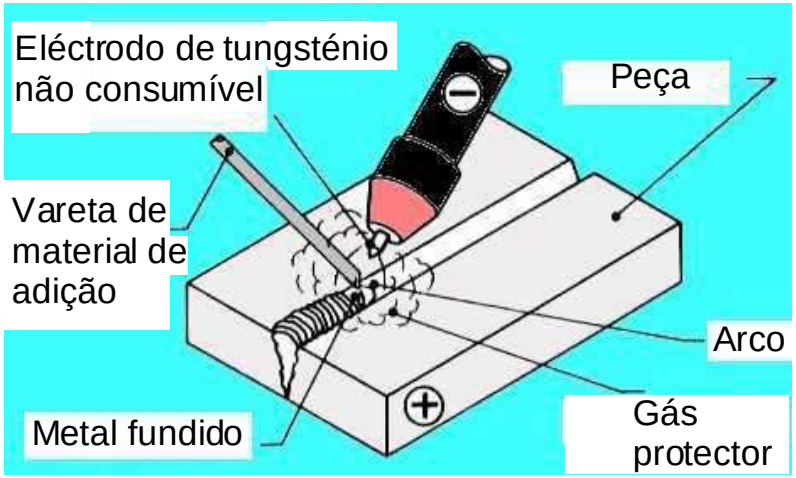
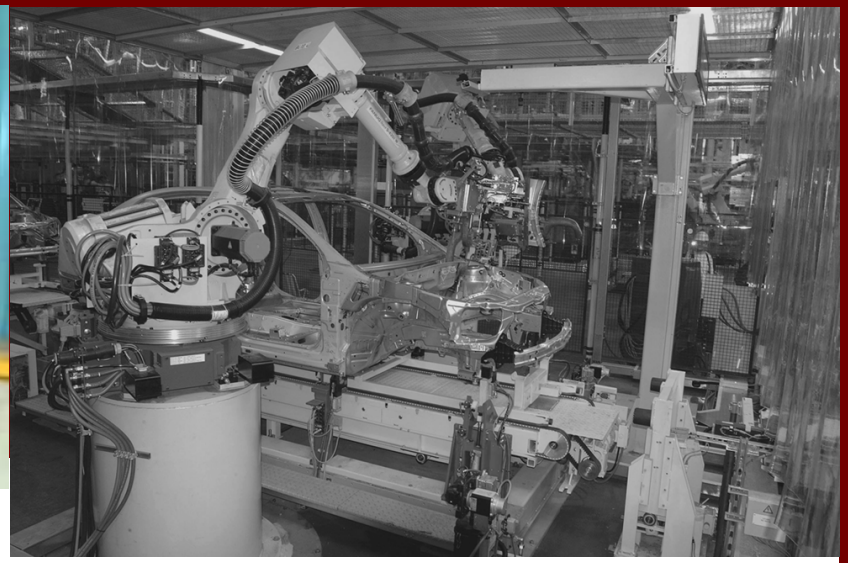


Figura 7 – Soldadura TIG







2.1.1.3 - Soldadura por resistência

O **calor** necessário para tornar possível a soldadura de dois componentes é gerado por **efeito de Joule**, resultante de se fazer passar uma **corrente eléctrica de elevada intensidade** através das peças a ligar.

É ainda necessário **aplicar uma pressão** para manter as peças em posição e para permitir a consolidação da junta.

Dentre os processos de soldadura por resistência ("resistance welding") pode destacar-se a **soldadura por pontos**.

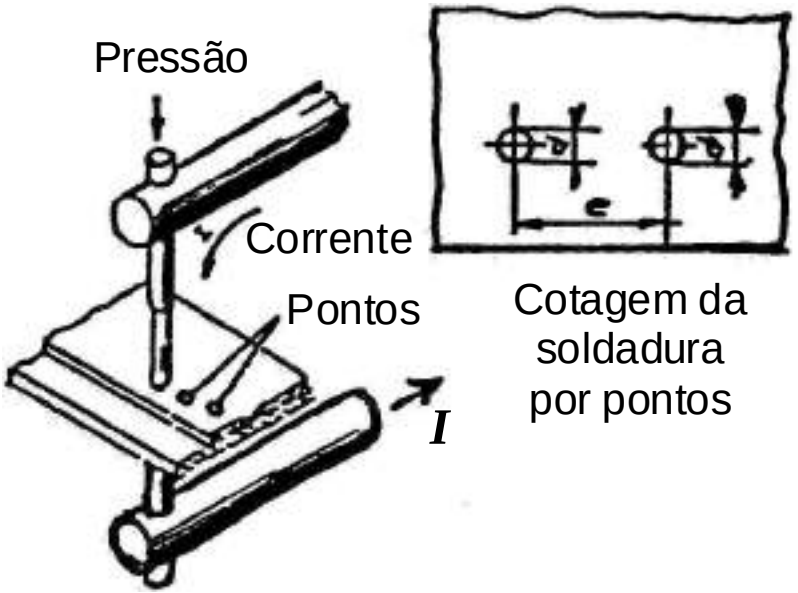


Figura 8 – Soldadura por resistência, por pontos ("spot welding")

2.1.2 – Soldadura no estado sólido

A **soldadura no estado sólido** (ou por pressão) é realizada através do **efeito de uma pressão**, aplicada estática ou dinamicamente, **sem fusão** de qualquer dos elementos constitutivos da junta.

Da classificação de alguns dos principais **processos de soldadura no estado sólido**, apresentada na figura 9, pode destacar-se a **soldadura por fricção**.

Na **soldadura por fricção** ("friction welding"), o aquecimento é resultante do atrito provocado pelo movimento relativo de duas peças, e as superfícies a ligar contactam sob uma determinada pressão (ver figura 10).

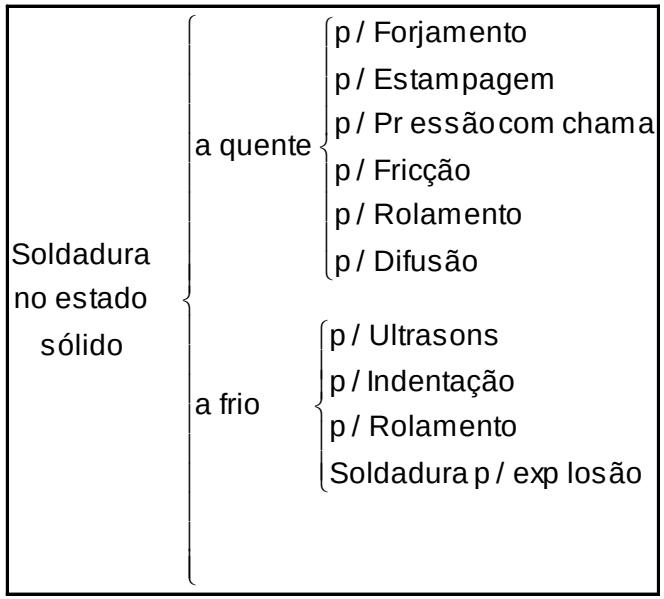


Figura 9 – Classificação dos processos de soldadura no estado sólido

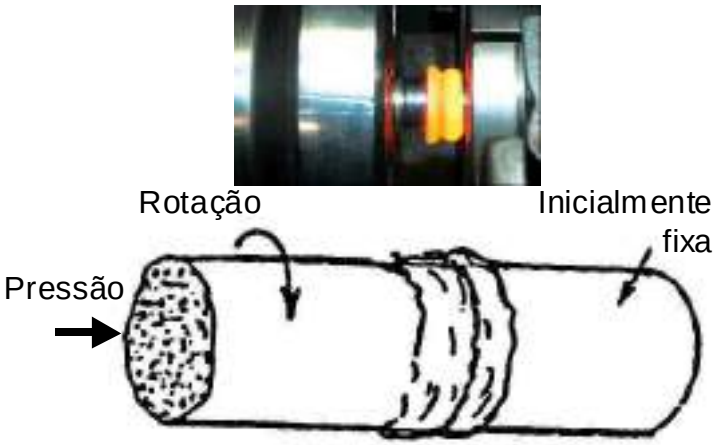


Figura 10 – Soldadura por fricção

2.1.3 – Micro-soldadura

A **micro-soldadura** utiliza-se para ligar elementos com dimensões muito pequenas, como, por exemplo, elementos de circuitos electrónicos.



2.2 – Brasagem

A **brasagem** (“soldering and brazing”, ou união por difusão) é uma ligação (soldadura) de dois elementos metálicos por meio de um **metal de adição no estado líquido, cuja temperatura de fusão é inferior à dos metais de base**, os quais, portanto, não comparticipam por fusão na constituição da junta, podendo considerar-se:

A **brasagem forte** (“brazing” ou brasagem propriamente dita), em que **a temperatura de fusão do metal de adição é superior a 450 ºC** (solda forte), mas inferior à temperatura de fusão das peças a ligar.

Utilizada em peças, mais ou menos complexas, que não podem sofrer grandes empenos ou distorções, em ligações entre materiais heterogéneos, em ligas ferrosas e não ferrosas, **sempre com juntas sobrepostas**.

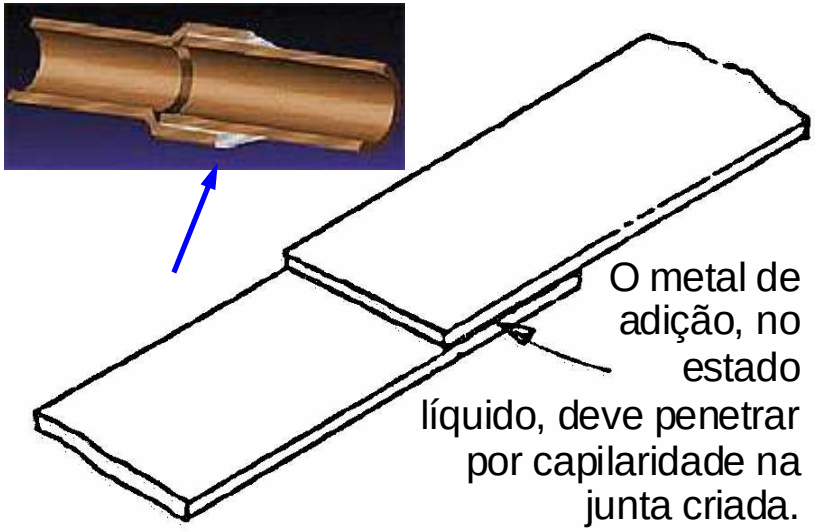


Figura 11 – Brasagem (forte) numa ligação com junta sobreposta

Ligações por soldadura



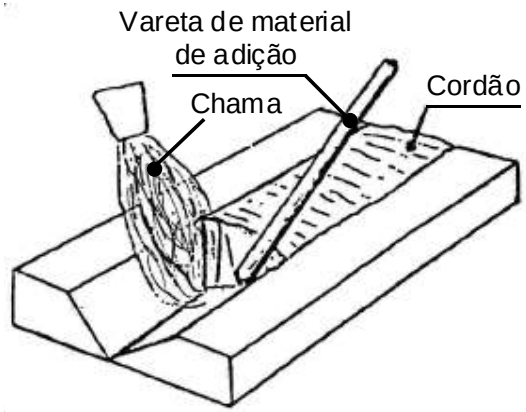




A **brasagem fraca** ("soldering" ou soldagem), em que **a temperatura de fusão do metal de adição é inferior a 450 ℃** (solda fraca) e inferior à temperatura de fusão das peças a ligar. Utilizada em latoaria, pichelaria e em contactos eléctricos.

O **aquecimento das partes** pode ser feito através de **operação manual** (chama oxiacetilénica, ferro de soldar eléctrico, etc.) ou de **instalação permanente** (forno, banho de sais, alta frequência, resistência eléctrica, indução, etc.).

A **soldobrasagem**, em que a junta, do tipo aberto, é realizada com o emprego de um metal de adição cuja temperatura de fusão é **superior a 450 ℃**, mas inferior à temperatura de fusão das peças a ligar.



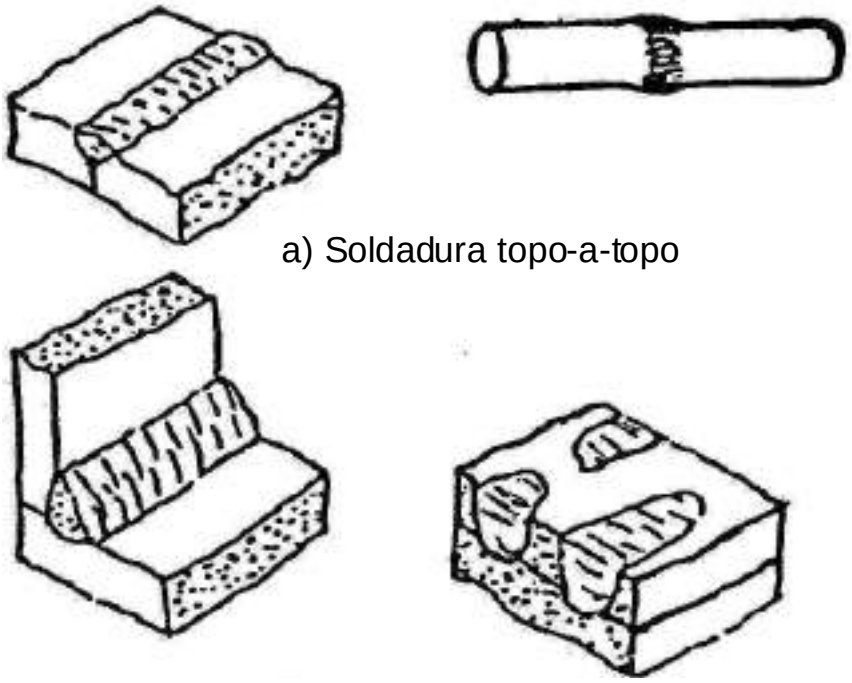
Ligações por soldadura



3 – Tipos de juntas de soldadura

De acordo com a **posição relativa das peças a soldar**, podem distinguir-se as seguintes **juntas de soldadura**:

- **junta de soldadura topo-a-topo** (ou de topo);
- **junta de soldadura de ângulo** (ou de canto);
- **junta de soldadura de sobreposição**.



a) Soldadura topo-a-topo

b) Soldadura de ângulo; c) Soldadura de sobreposição

Figura 12 – Tipos de juntas de soldadura

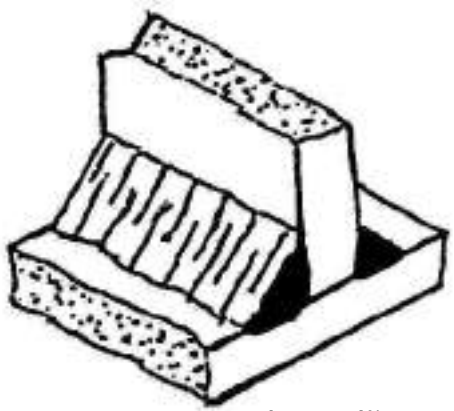
4 – Tipos de cordão de soldadura

A soldadura autogénea pode ser realizada com:

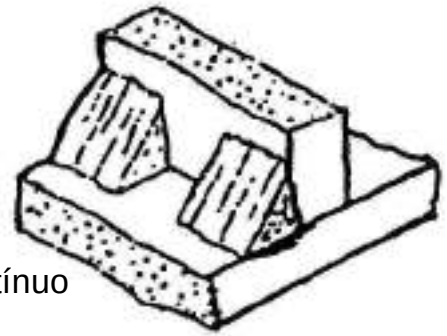
- **cordão contínuo**;
- **cordão descontínuo**.

Com **cordões descontínuos** nos dois lados de uma soldadura de ângulo, ou seja, numa **soldadura bilateral**, esta pode ser **simétrica** ou **assimétrica** (ou com elementos alternados).

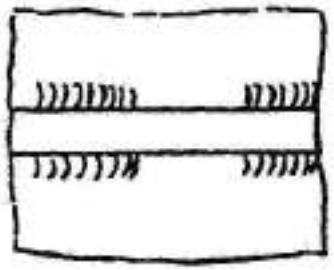
A **superfície interior do cordão de soldadura** pode apresentar formas diversas, com secções em V, em U, em Y, etc.



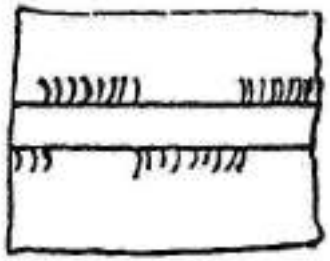
a) Cordão contínuo



b) Cordão descontínuo



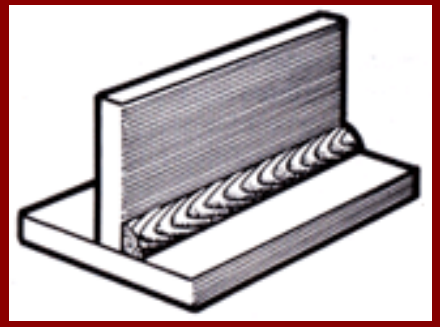
c) Cordão simétrico;

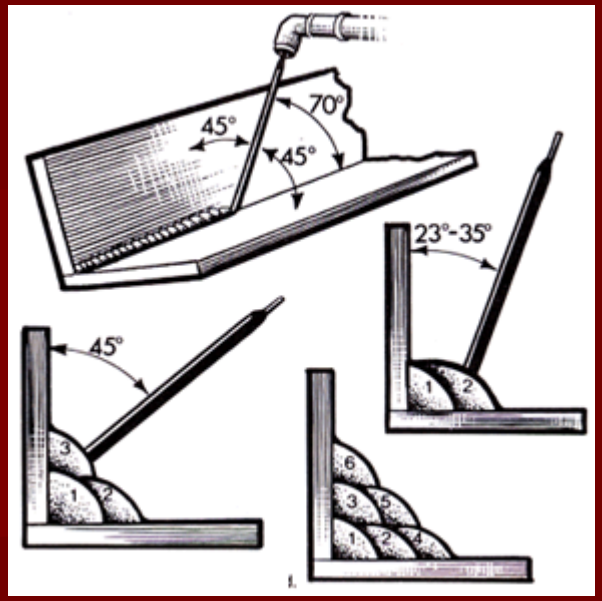


d) Cordão assimétrico

Figura 13 – Tipos de cordões de soldadura

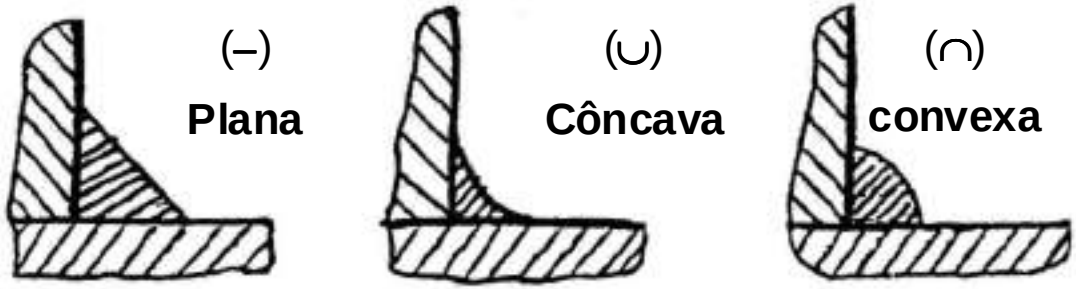
Ligações por soldadura





A forma da superfície exterior da soldadura pode ser.

- **plana** (–);
- **côncava** (∪);
- **convexa** (∩).



a) b) c)

Figura 14 – Forma da superfície exterior da soldadura

5 – Representação das juntas soldadas

A representação de uma ligação soldada entre duas peças deve conter as seguintes indicações:

- o local da soldadura;
- o tipo e a natureza do cordão;
- as dimensões do cordão,
- outras informações.

Em desenho, as juntas soldadas podem ter uma representação completa ou uma representação simbólica (a mais usada), ver ISO 2553

5.1 – Representação completa

As **normas gerais de representação e de cotagem do desenho** deverão ser respeitadas.

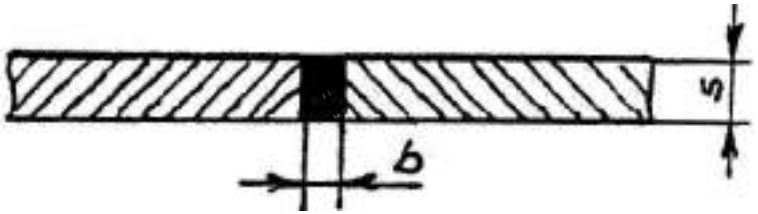


Figura 15 – Junta topo-a-topo, de bordos rectos

A **secção do cordão** pode ser **tracejada** ou **enegrecida**, se a sua área for pequena.

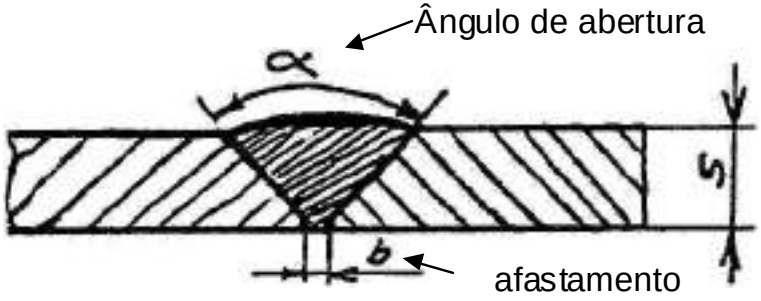


Figura 16 – Junta topo-a-topo, em V



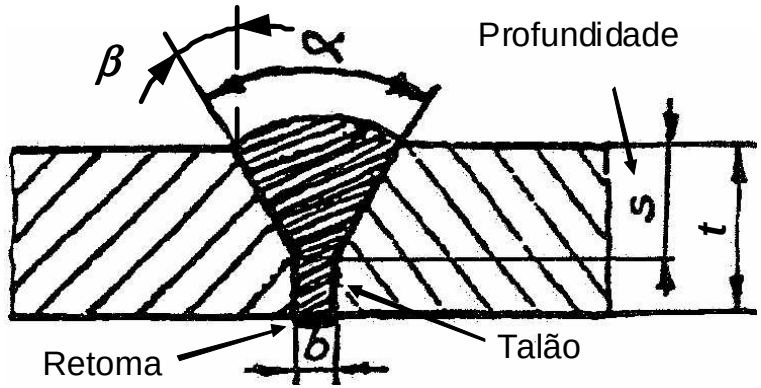


Figura 17 – Junta topo-a-topo, em Y

Quando o **cordão é descontínuo**, deve ser indicado o **valor *l*** do comprimento útil de um dos **elementos do cordão** e o **valor *e*** da **distância entre elementos** sucessivos do cordão.

Na vista de perfil de uma **soldadura de ângulo**, a sua **secção** deve ser **tracejada** ou **enegrecida**, quando o **cordão é contínuo**, e não preenchida (**em branco**), quando o **cordão é descontínuo**.

Na **soldadura de ângulo**, deverá também ser inscrita a dimensão (***a***) da **espessura da garganta do cordão**, sendo facultativa a indicação do comprimento do cateto (***z***) - em desenhos segundo o **método do 1º diedro**.

Em desenhos elaborados segundo o **método do 3º diedro**, a indicação do comprimento do cateto (***z***) é o procedimento normal.

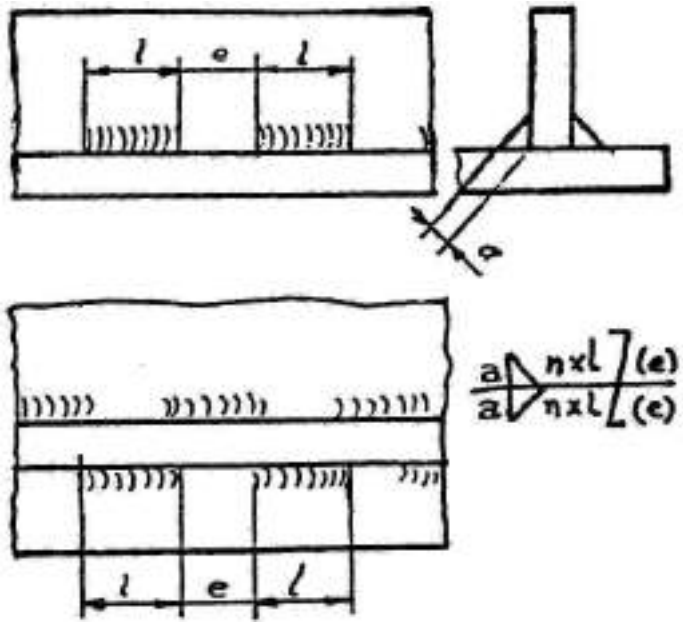


Figura 18 – Soldadura de ângulo c/ cordão descontínuo com elementos alternados

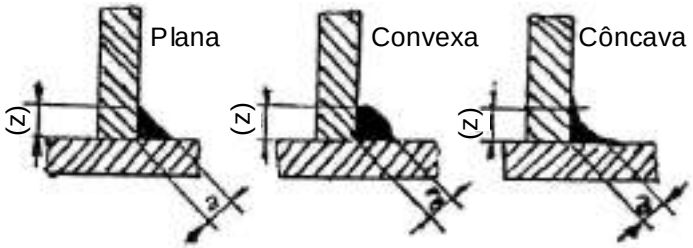


Figura 19 – Cordão contínuo visto de perfil

5.2 – Representação simbólica
(ISO 2553)

A mais conveniente para as **juntas soldadas correntes,** pois fornece todas as indicações necessárias para definir uma determinada junta, sem sobrecarregar o desenho com notas ou vistas complementares.

Inclui um **símbolo elementar** (quadro 1), que pode ser complementado por:

- um **símbolo suplementar**;
- um meio de **representação das cotas**;
- algumas **indicações complementares** (em especial, nos desenhos de fabricação).

Se a junta não tiver de ser especificada, mas apenas ser representado que essa junta deverá ser soldada, **deve ser usado o seguinte símbolo:**

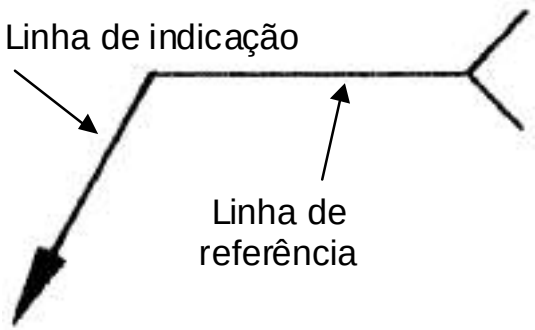


Figura 20 – Símbolo que indica uma junta a soldar

5.2.2 – Posição dos símbolos nos desenhos

O método completo de representação inclui para além do próprio **símbolo da soldadura** (3):

- **Uma linha de indicação** (1) por junta;
- **Uma linha de referência dupla**, compreendendo duas linhas paralelas, **uma a traço contínuo** (2a) e **outra a traço interrompido** (2b);
- Um certo número de **cotas e sinais convencionais**.

As linhas de indicação e de referencia formam a **marca de referência completa** e são a traço fino.

Em soldaduras simétricas, a linha a traço interrompido é desnecessária e deverá ser omitida.

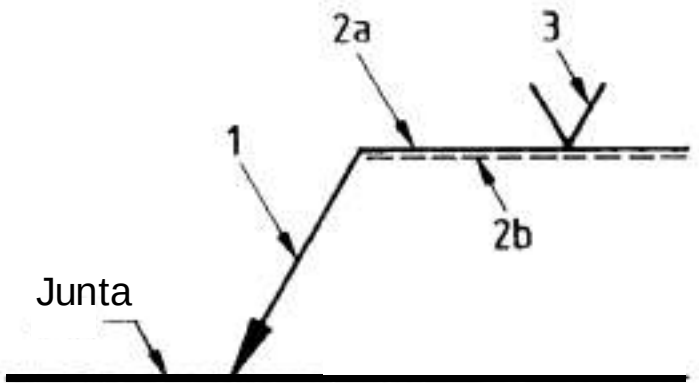
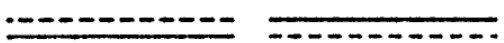
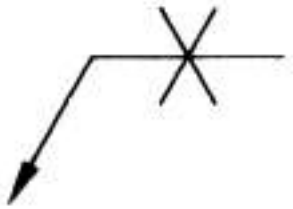


Figura 21 – Método de representação

A **linha de identificação a traço interrompido** (2b) pode ser representada acima ou por debaixo da linha a traço contínuo:

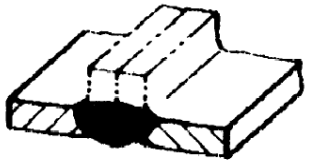
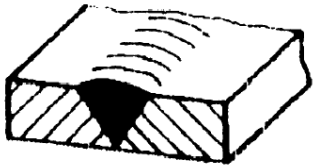
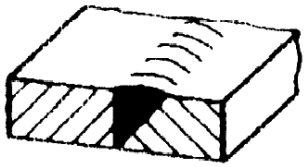




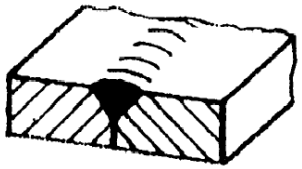
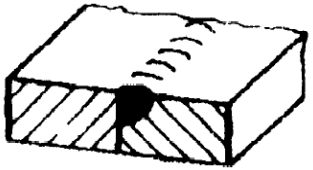
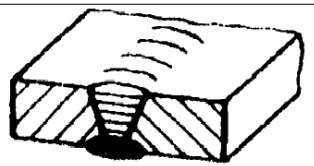
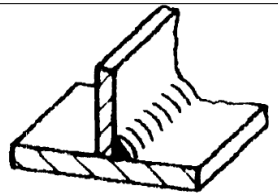
5.2.1 – Símbolos

5.2.1.1 – Símbolos elementares

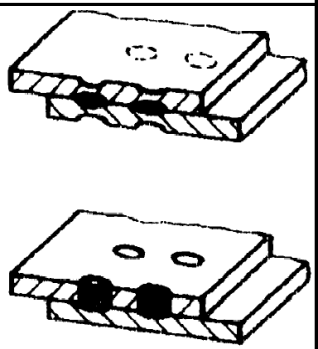
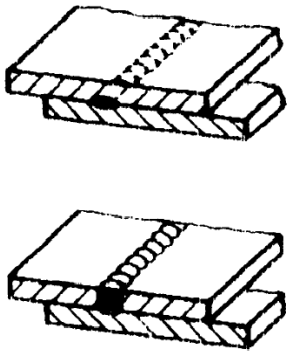
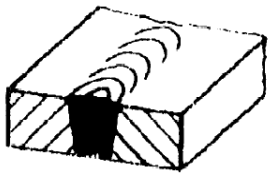
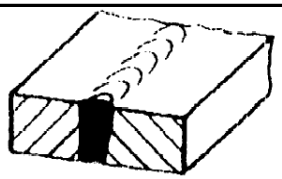
Quadro 1 – Símbolos elementares para a caracterização de juntas soldadas

No.	Designação	Ilustração	Símbolo	Observações [1)]
1	Soldadura em bordos elevados, completamente fundidos [2)] ("Butt weld between plates with raised edges")			Para chapas com espessuras $t \leq 2$ mm. Não necessita de material de adição.
2	Soldadura em bordos direitos (ou rectos) ("Square butt weld")			Para chapas com espessuras $t \leq 4$ mm ou $3 < t \leq 8$ mm, com cobrejunta. Bordos s/ chanfros.
3	Soldadura em V ("Single-V butt weld")			Para chapas com espessuras $3 \leq t \leq 10$ mm ou $3 \leq t \leq 40$ mm, com retoma. Ângulos de abertura α de 40° a 60°.
4	Soldadura em meio V ("Single-bevel butt weld")			Para chapas com espessuras $3 < t \leq 10$ mm ou $3 \leq t \leq 30$ mm com retoma. Semiângulos de abertura $35° \leq \beta \leq 60°$.

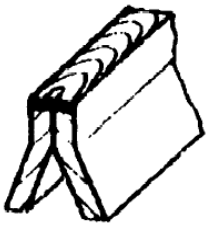
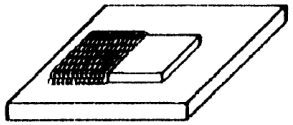
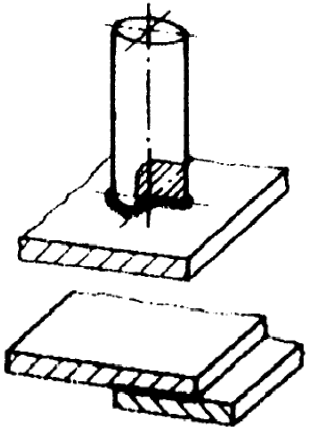
Quadro 1 – Símbolos elementares (continuação)

No.	Designação	Ilustração	Símbolo	Observações [1)]
5	Soldadura em Y ("Single-V butt weld with broad root face")			Para chapas com espessuras **$5 \le t \le 40$ mm** ou **$t > 10$ mm**, com retoma. Ângulos de abertura $\alpha \approx 60°$.
6	Soldadura em meio Y ("Single-bevel butt weld with broad root face")			
7	Soldadura em U (ou em tulipa) ["Single-U butt weld (parallel or sloping sides")]			Para chapas com espessuras **$t > 12$ mm**. Semiângulos de abertura $8° \le \beta \le 12°$.
8	Soldadura em J (ou em meio U) ("Single-J butt weld")			Para chapas com espessuras **$t > 16$ mm**. Semiângulos de abertura $10° \le \beta \le 20°$.
9	Retoma (ou cordão de confirmação na raiz da junta) ["Backing run; back or backing weld (USA)"]			
10	Soldadura de ângulo (ou de canto) ("Fillet weld")			Para chapas com espessuras **$t > 2$ mm**.

Quadro 1 – Símbolos elementares (continuação)

No.	Designação	Ilustração	Símbolo	Observações [1)]
11	Soldadura em entalhes ("Plug weld; plug or slot weld (USA)")			
12	Soldadura por pontos ("Spot weld")			
13	Soldadura em linha contínua com sobreposição (ou recobrimento) ("Seam weld")			
14	Soldadura em V de bordos muito inclinados ("Steep-flanked single-V butt weld")			Para chapas com espessuras $t > 16$ mm. Semiângulos de abertura $5° \leq \beta \leq 20°$.
15	Soldadura em meio V de bordos muito inclinados ("Steep-flanked single-bevel butt weld")			Para chapas com espessuras $t > 16$ mm. Semiângulos de abertura $15° \leq \beta \leq 30°$.

Quadro 1 – Símbolos elementares (continuação)

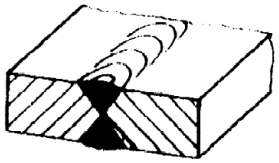
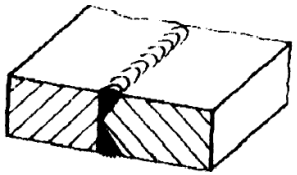
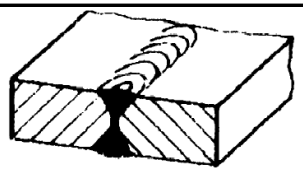
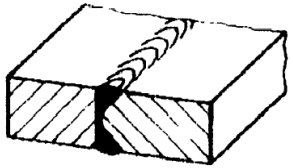
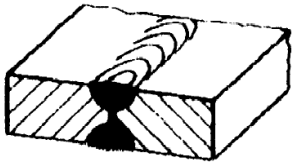
No.	Designação	Ilustração	Símbolo	Observações [1]
16	Soldadura de bordo ("Edge weld")			
17	Enchimento ("Surfacing")			
18	Junta de superfície ("Surface joint")			
19	Junta inclinada ("Inclined joint")			
20	Junta dobrada ("Fold joint")			

[1] Os valores de ***t*** são recomendações p/ a preparação de juntas, dadas na norma EN ISO 9692-1.
[2] As juntas topo-a-topo entre chapas com os bordos elevados (símbolo 1), sem penetração total, são simbolizadas como as soldaduras de bordos direitos (símbolo 2), com a indicação da espessura ***s*** do cordão de soldadura (ver quadro 5).

5.2.1.2 - Combinações de símbolos elementares

Os símbolos elementares devem ser combinados para soldaduras realizadas pelos dois lados (**juntas com preparação de abertura dupla**) de modo a que os símbolos elementares aplicáveis sejam dispostos simetricamente, em relação à linha de referência.

Quadro 2 – Símbolos combinados para juntas soldadas simétricas

Designação	Ilustração	Símbolo	Observações [1)]
Soldadura em duplo V (ou em X) ["Double-V butt weld (X weld)"]			Para chapas com espessuras ***t* > 10 mm**. Ângulos de abertura $40° \leq \alpha \leq 60°$.
Soldadura em duplo meio V ("Double-bevel butt weld")			Para chapas com espessuras ***t* > 10 mm**. Semiângulos de abertura $35° \leq \beta \leq 60°$.
Soldadura em duplo Y ("Double-V butt weld with broad root face")			Para chapas com espessuras ***t* > 10 mm**. Ângulos de abertura $40° \leq \alpha \leq 60°$.
Soldadura em duplo meio Y ("Double-bevel butt weld with broad root face")			
Soldadura em duplo U ("Double-U butt weld")			Para chapas com espessuras ***t* ≥ 30 mm**. Semiângulos de abertura $8° \leq \beta \leq 12°$.

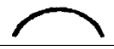
[1)] Os valores de ***t*** são recomendações p/ a preparação de juntas, dadas na norma EN ISO 9692-1.

5.2.1.3 – Símbolos suplementares

Símbolos que caracterizam **a forma da superfície exterior** ou **a forma da soldadura**.

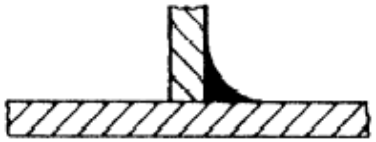
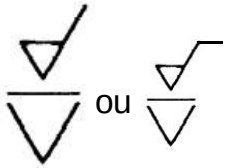
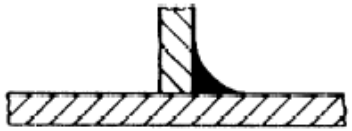
A ausência de um símbolo suplementar significa que a forma da superfície da soldadura não necessita de ser indicada com precisão.

Quadro 3 – Símbolos suplementares

Forma da superfície da soldadura	Símbolo
Plana (c/ acabamento posterior)	
Convexa	
Côncava	
Extremidades devem ser suavizadas	
Utilização de cobrejunta permanente	
Utilização de cobrejunta removível	

Ligações por soldadura

Quadro 4 – Exemplos de aplicação dos símbolos suplementares

Designação	Ilustração	Símbolo
Soldadura em V plana		
Soldadura em duplo V (ou em X) convexa		
Soldadura de ângulo (ou de canto) côncava		
Soldadura em V plana com retoma plana		
Soldadura em Y com retoma		
Soldadura em V plana com acabamento de limpeza		 ou
Soldadura de ângulo com a superfície suavizada		

Regras para definir a **localização das soldaduras** através da especificação da:

- **posição da linha de indicação**;
- **posição da linha de referência**;
- **posição do símbolo**.

5.2.2.3 – Posição da linha de indicação

Em geral, não tem qualquer significado especial. No entanto, no caso de soldaduras dos tipos 4, 6 e 8 (**cordões de perfil assimétrico**), **a linha de indicação deve apontar para a chapa com o bordo preparado** (c/ formação de um chanfro).

5.2.2.4 – Posição da linha de referência

Traçada **paralelamente** à borda inferior da folha do desenho **ou**, se tal for impossível, **na perpendicular** a esta (de modo a que as anotações possam ser lidas a partir do canto inferior direito da folha do desenho).

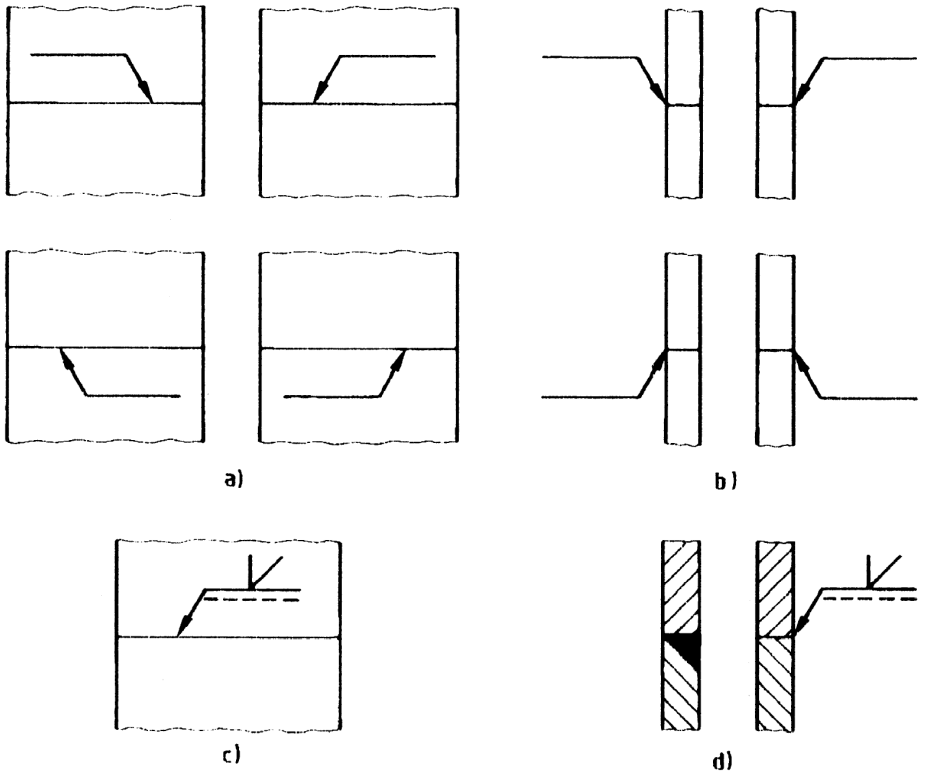


Figura 24 – Posição da linha de indicação

5.2.2.5 – Posição do símbolo em relação à linha de referência

- o **símbolo é colocado no lado da linha contínua** da linha de referência, se a soldadura (superfície exterior da soldadura) estiver do lado da linha de indicação da junta;

- o **símbolo é colocado no lado da linha interrompida**, se a soldadura (superfície exterior da soldadura) estiver do lado oposto ("o outro lado") da linha de indicação da junta.

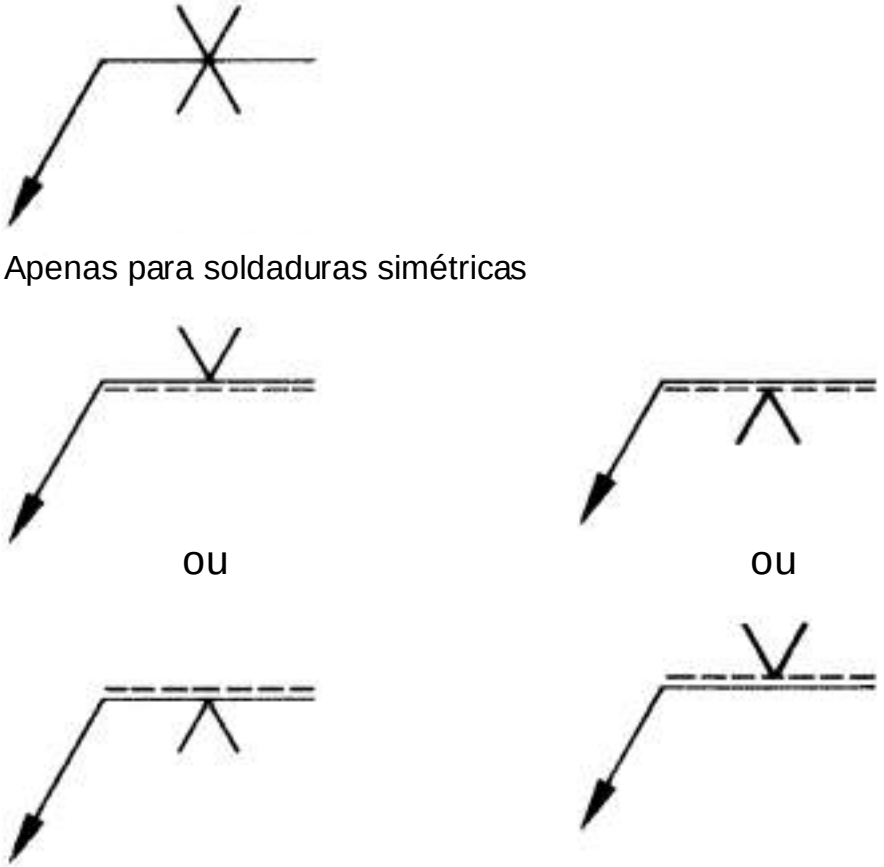


Figura 25 – Posição do símbolo em relação à linha de referência

5.2.3 – Indicações complementares

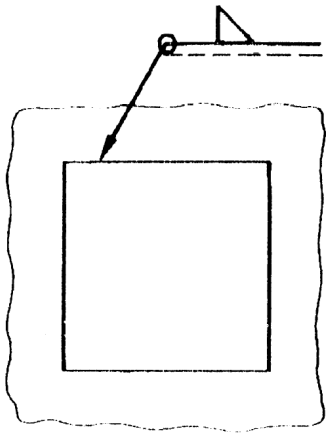


Figura 29 – Indicação de soldadura periférica

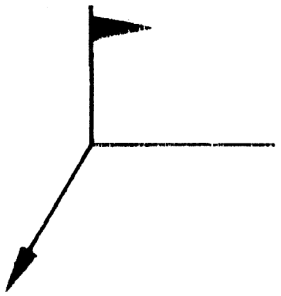


Figura 30 – Indicação de estaleiro ou local de montagem

Indicação do processo de soldadura

Se necessário, o processo de soldadura deve ser simbolizado por um **número de referência**, de acordo com a norma ISO 4063.

Ex.: **23** → soldadura por resistência, por bossas ("projection welding").

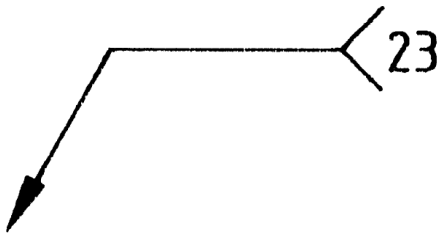


Figura 31 – Indicação do processo de soldadura

5.2.3 – Cotagem de cordões de soldadura

5.2.3.1 – Regras gerais

Cada símbolo de soldadura pode ser acompanhado por um determinado número de cotas.

a) as **cotas principais** relativas à secção recta do cordão são inscritas antes do símbolo (ex.: ***s***);

b) as **cotas longitudinais** são inscritas depois do símbolo (ex.: ***l***).

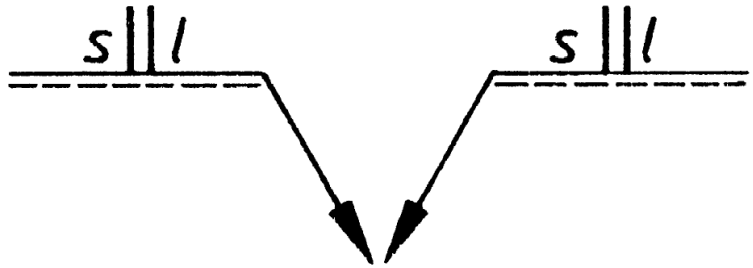


Figura 26 – Exemplos do princípio de cotagem

5.2.3.2 – Cotas principais a indicar

A cota que localiza a soldadura, em relação ao bordo da chapa, não deve aparecer na inscrição simbólica, mas no desenho.

a) A ausência de indicação à direita do símbolo significa que a **soldadura é contínua** ao longo de todo o comprimento da peça.

b) Salvo indicação em contrário, **as soldaduras topo-a-topo** são de penetração total.

c) Nas **soldaduras de ângulo** (de canto), como existem dois metodos para a indicação de cotas, as letras ***a*** ou ***z*** devem ser sempre colocadas antes do valor da cota.

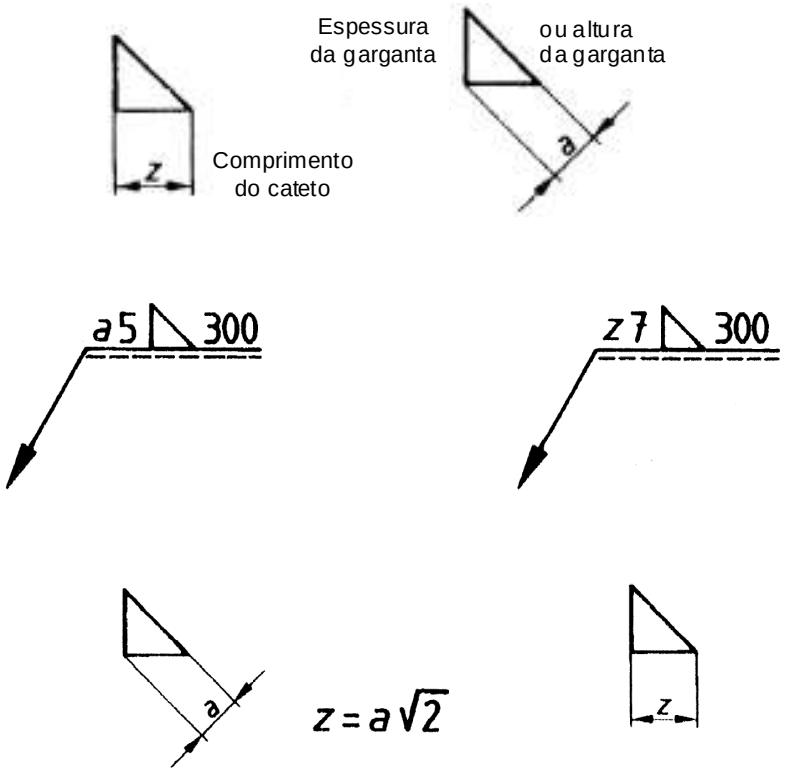


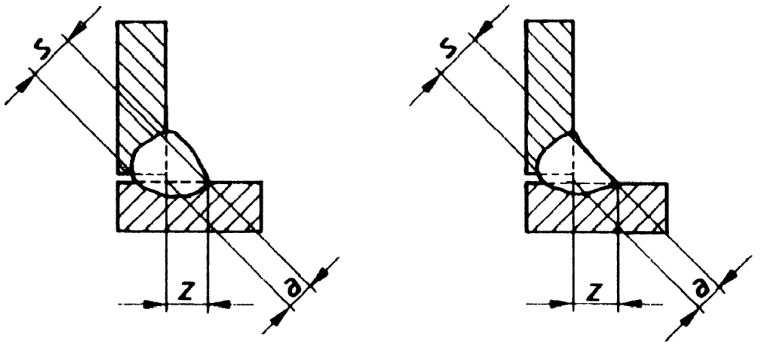
Figura 22 – Métodos de indicação de cotas para cordões de ângulo (ou de canto)

Ligações por soldadura

Para indicar a **profundidade de penetração das soldaduras de ângulo**, a espessura da garganta é dada pelo valor **s**.

Nas **soldaduras em entalhes** ("plug or slot welds") de bordos chanfrados, é a **cota do fundo do entalhe (largura)** que deve ser tomada em consideração.

Exemplo: ***s8a6*** ◺

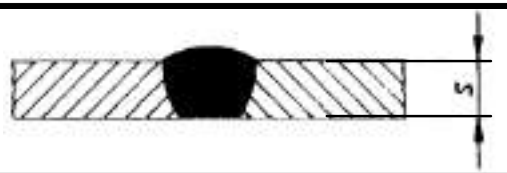
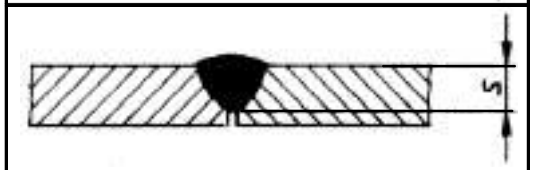
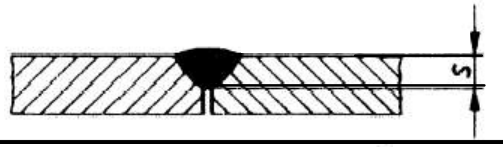
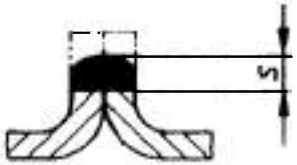
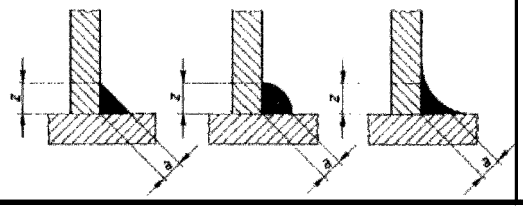


Nota: Para a **profundidade de penetração** das soldaduras de canto, as cotas são indicadas, por exemplo, como ***s8a6*** ◺

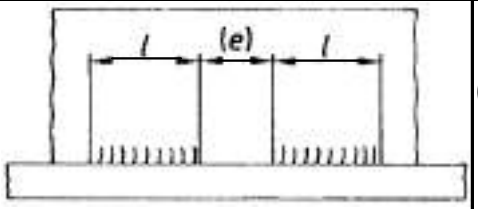
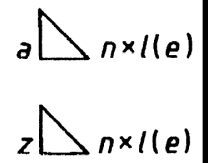
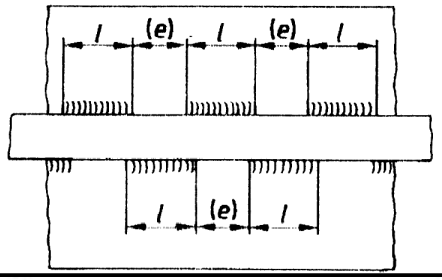
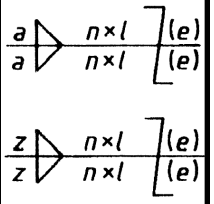
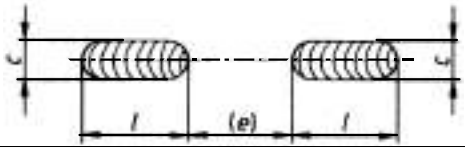
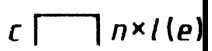
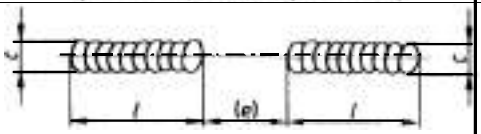
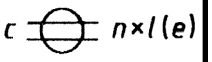
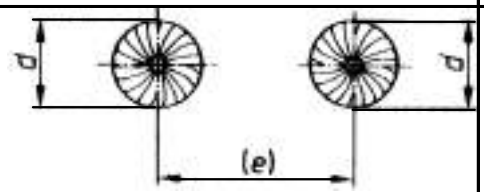
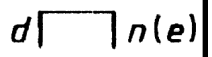
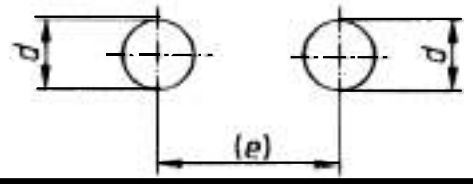
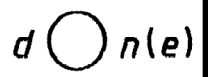
Figura 23 – Métodos de indicação de cotas para a profundidade de penetração de soldaduras de ângulo

Ligações por soldadura

Quadro 5 – Cotas principais

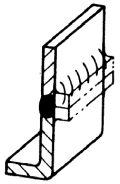
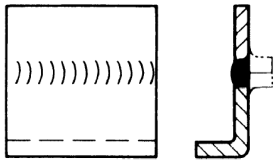
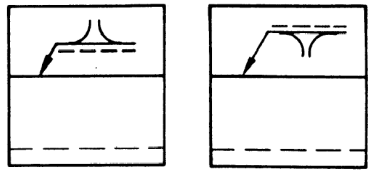
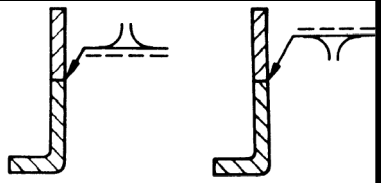
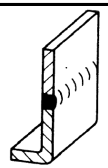
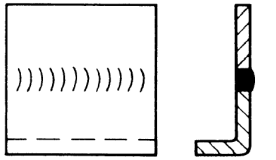
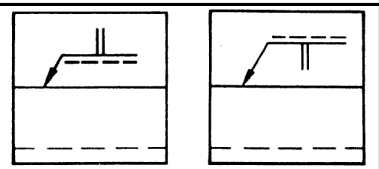
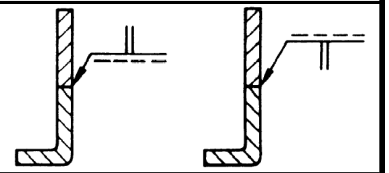
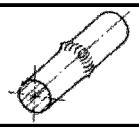
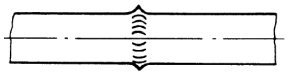
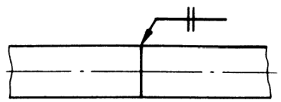
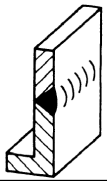
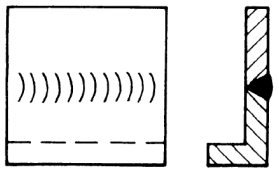
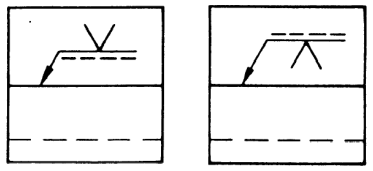
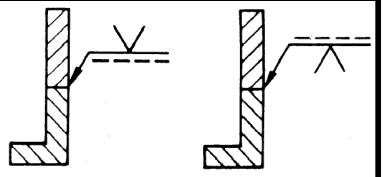
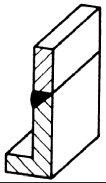
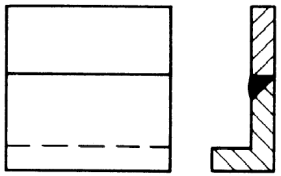
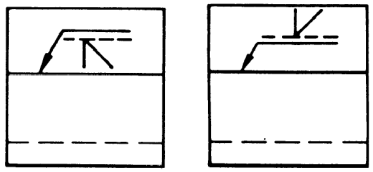
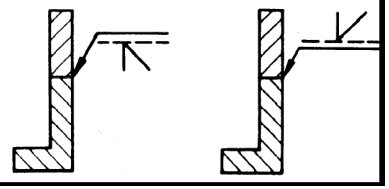
No.	Designação das soldauras	Ilustração	Definição	Inscrição
1	Soldadura topo-a-topo		***s*** – distância mínima da superfície da chapa à raiz do cordão, que não pode ser superior à espessura da chapa mais fina.	
				
				
2	Soldadura de topo entre chapas com os bordos elevados		***s*** – distância mínima da superfície exterior da soldadura à raiz do cordão.	
3	Soldadura de ângulo contínua		***a*** – altura do maior triângulo isósceles que pode ser inscrito na secção. ***z*** – lado do maior triângulo isósceles que pode ser inscrito na secção.	 

Quadro 5 – Cotas principais (continuação)

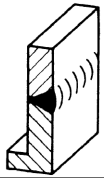
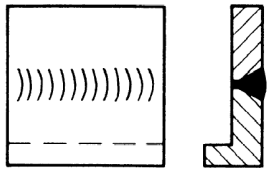
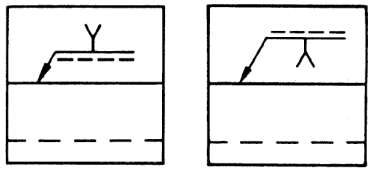
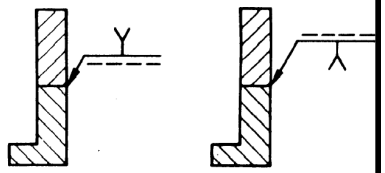
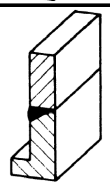
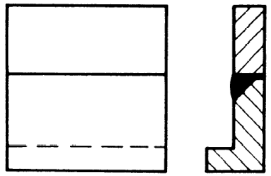
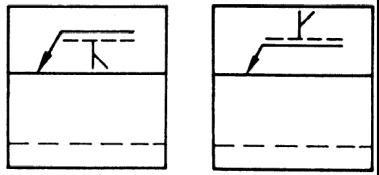
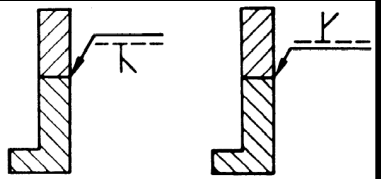
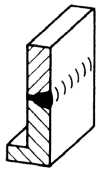
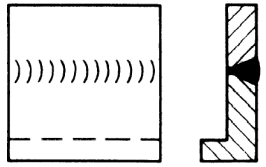
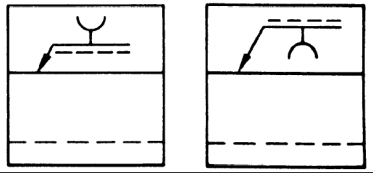
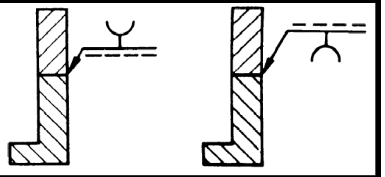
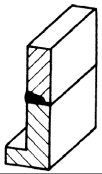
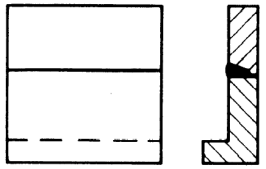
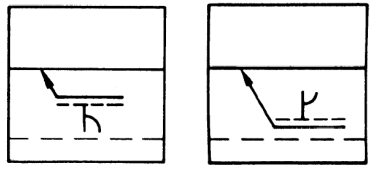
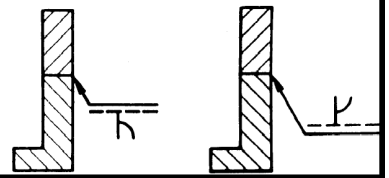
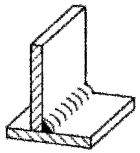
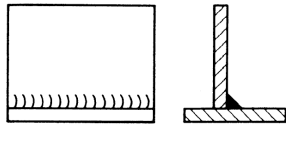
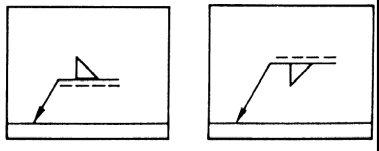
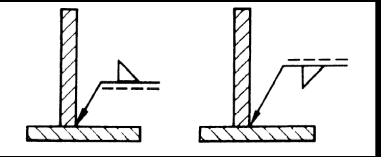
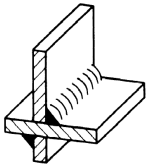
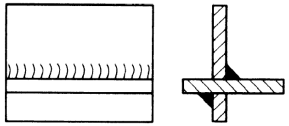
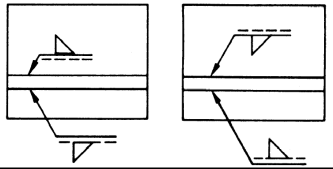
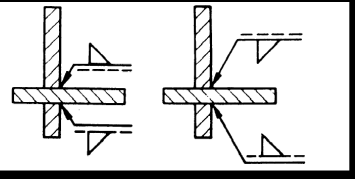
No.	Designação das soldauras	Ilustração	Definição	Inscrição
4	Soldadura de ângulo descontínua		***l*** – comprimento da soldadura (sem as crateras terminais). **(*e*)** – distância entre elementos sucessivos do cordão. ***n*** – número de elementos de soldadura. ***a, z***	
5	Soldadura de ângulo descontínua assimétrica (ou com elementos alternados)		***l*** – comprimento da soldadura (sem as crateras terminais). **(*e*)** – distância entre elementos sucessivos do cordão. ***n*** – número de elementos de soldadura. ***a, z***	
6	Soldadura em entalhes		***l***, **(*e*)**, ***n*** ***c*** – largura dos entalhes.	
7	Soldadura em linha descontínua		***l***, **(*e*)**, ***n*** ***c*** – largura da soldadura.	
8	Soldadura em furos circulares (ou pernos de soldadura)		***n*** **(*e*)** – espaçamento. ***d*** – diâmetro dos furos.	
9	Soldadura por pontos		***n*** **(*e*)** – espaçamento. ***d*** – diâmetro dos pontos.	

5.2.5 – Exemplos de utilização dos símbolos

Quadro 6 – Alguns exemplos de utilização de símbolos

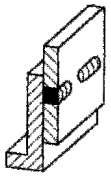
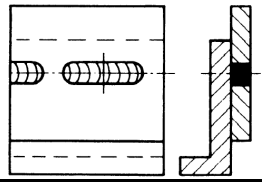
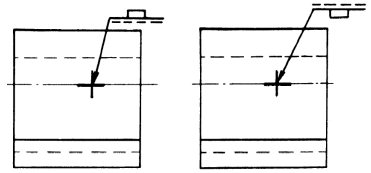
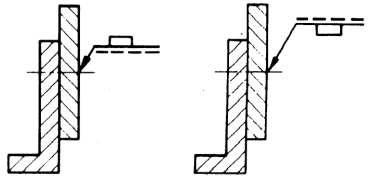
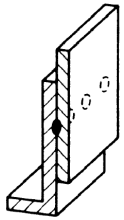
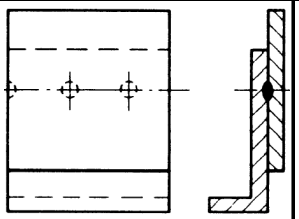
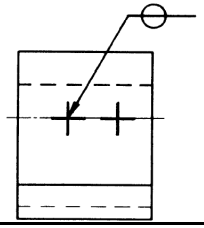
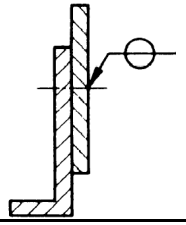
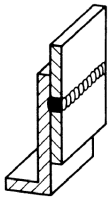
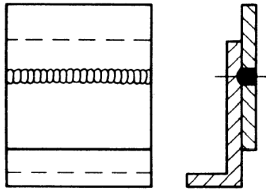
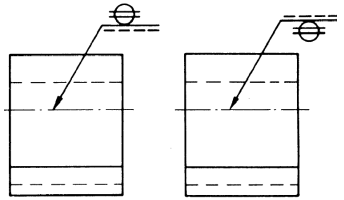
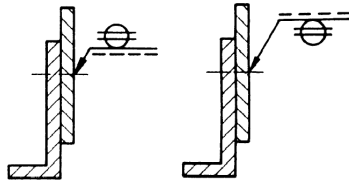
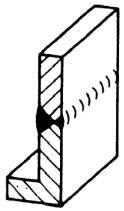
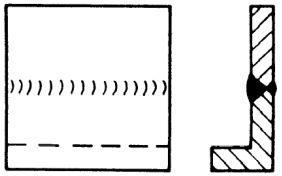
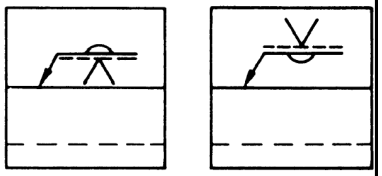
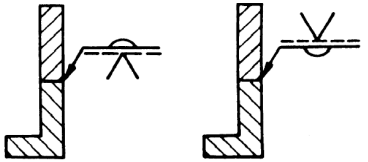
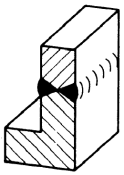
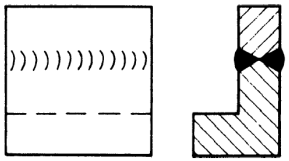
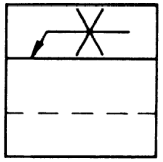
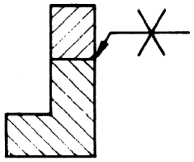
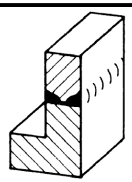
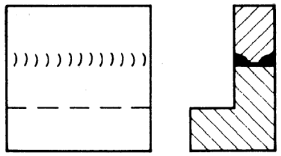
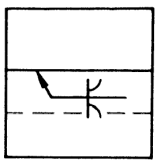
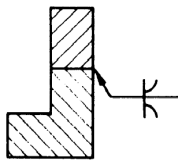
Símbolo No. (quadro 1)	Ilustração	Representação completa	Representação simbólica ou	ou
1				
2				
				
3				
4				

Quadro 6 – Alguns exemplos de utilização de símbolos (continuação)

Símbolo No. (quadro 1)	Ilustração	Representação completa	Representação simbólica	ou	ou
5					
6					
7					
8					
10					
					

Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP

Quadro 6 – Alguns exemplos de utilização de símbolos (continuação)

Símbolo No. (quadro 1)	Ilustração	Representação completa	Representação simbólica ou	ou
11				
12				
13				
3 e 9 3-9				
3 em X 3-3				
8 Duplo J 8-8				

Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP



Construções Metálicas



José António Almacinha

4.1 Representação simplificada de barras e de perfis (NP EN ISO 5261)

Regras para utilização em desenhos de conjunto e desenhos de detalhe, que dizem respeito, entre outros:

- a estruturas metálicas compostas por placas e chapas, perfis e elementos compostos (ex.: pontes, estruturas reticuladas, estacarias);
- a aparelhos de elevação e transporte;
- a tanques de armazenagem e a reservatórios de pressão;
- a elevadores, escadas rolantes e transportadores de correias.

Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP

Construções metálicas







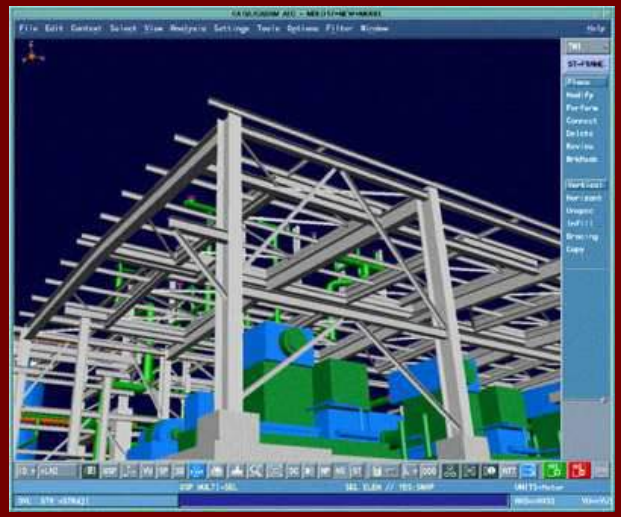


Construções metálicas









Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP

Construções metálicas





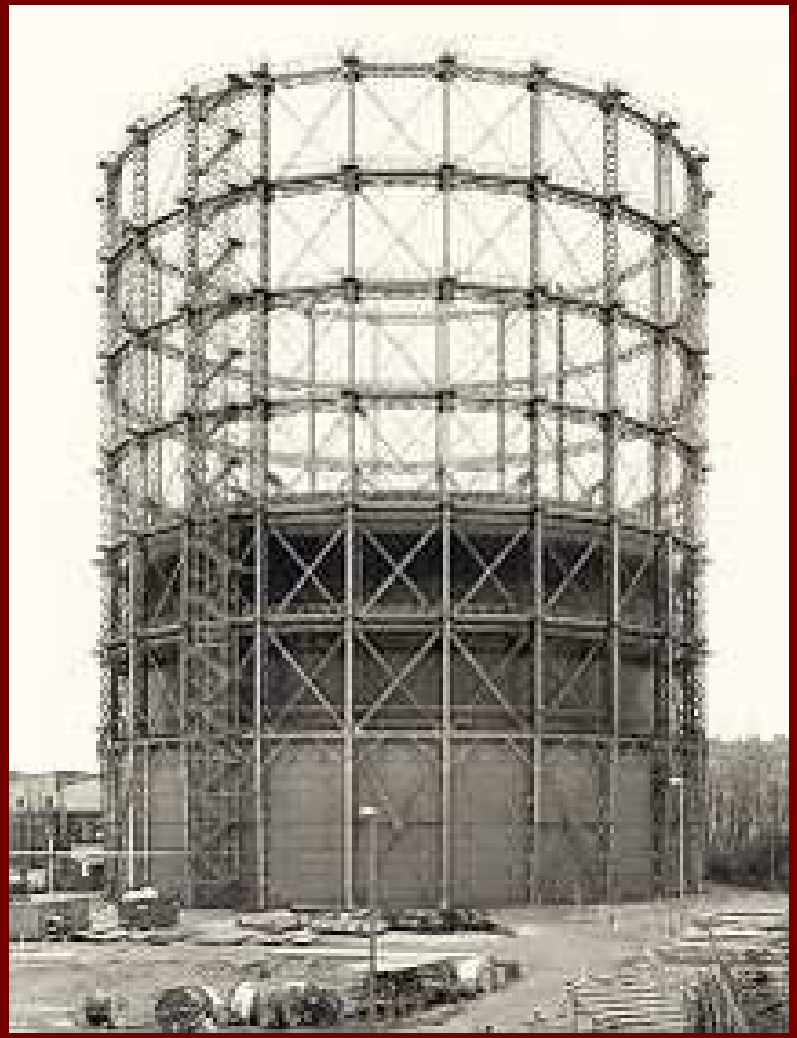


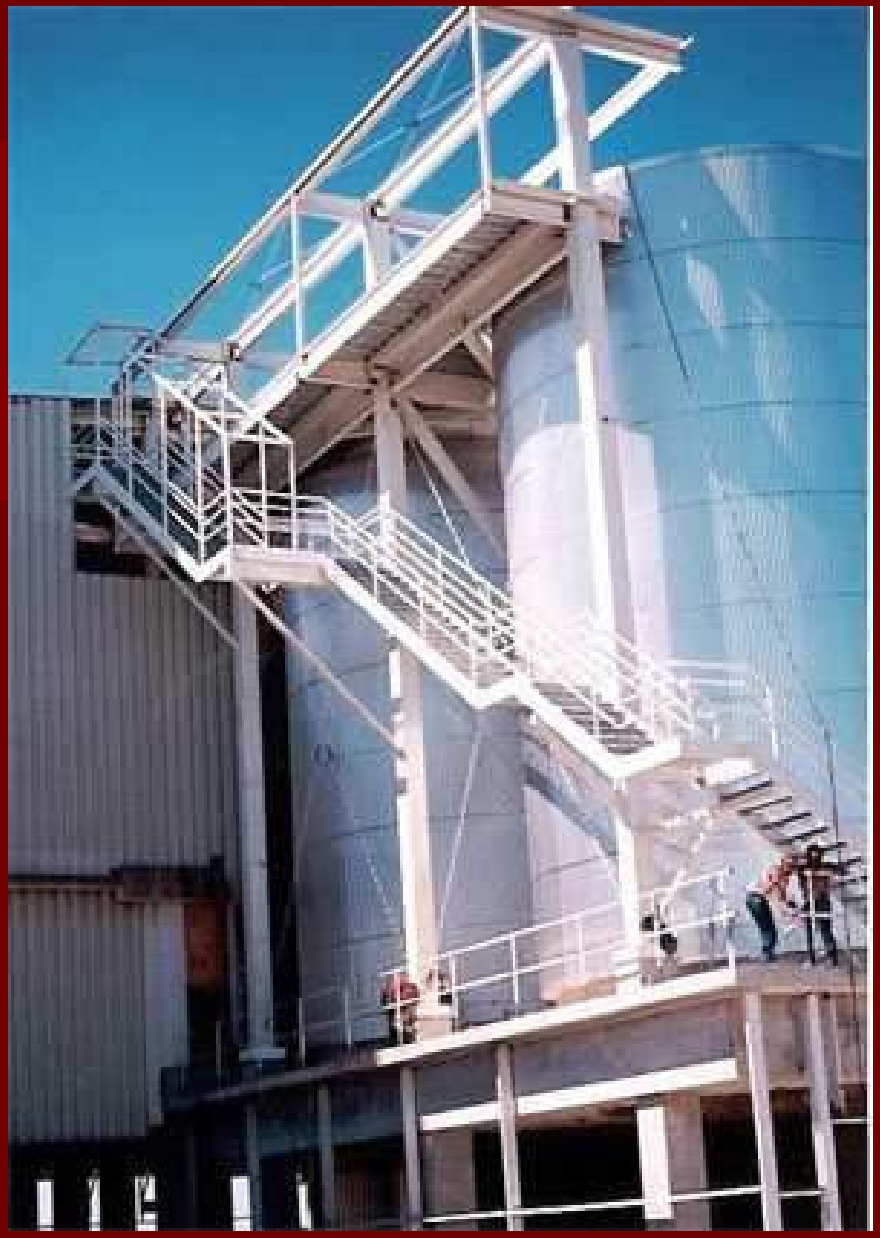




Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP

Construções metálicas





Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP

Construções metálicas











Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP

Construções metálicas









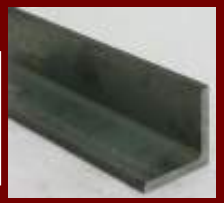


Representação simplificada de barras e perfis:

Designação ISO seguida, se necessário, do comprimento de corte separado por um hífen.

Exemplo: cantoneira de abas iguais,  , de acordo com a ISO 657-1

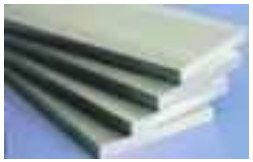
Cantoneira ISO 657-1 – 50 × 50 × 4 – 1000



Não existindo designação especificada numa Norma internacional ou noutras normas correspondentes, a designação deve ser composta pelo símbolo gráfico seguido das dimensões necessárias, conforme os quadros 1 (BARRAS) e 2 (PERFIS).

Exemplos:

barra de secção rectangular:





50 × 10 – 100

Cantoneira de abas desiguais:



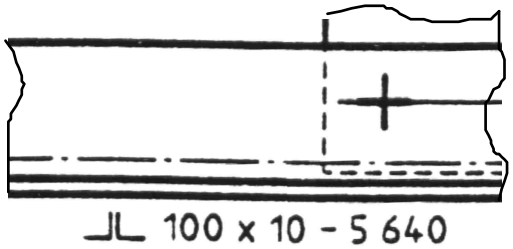
89 × 60 × 7 – 500

ou

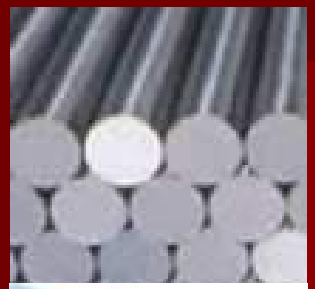
L 89 × 60 × 7 – 500

A designação deve ser posicionada junto do artigo correspondente.

Nos perfis compostos, a disposição de montagem é definida pela posição dos respectivos símbolos gráficos.



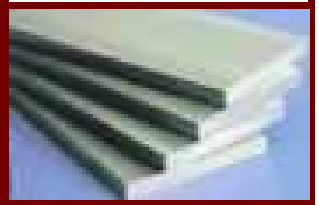
Con



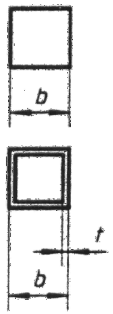
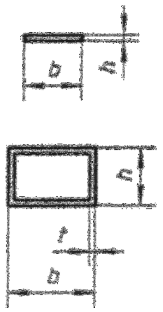








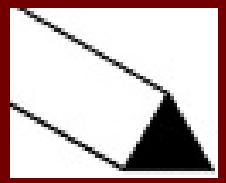
Quadro 1 – Símbolos e dimensões para barras

Descrição da secção da barra	Dimensões	Designação	
		Símbolo gráfico	Dimensões necessárias
Secção circular maciça (varão) Tubo		∅	*d* *d* x *t* 1)
Secção quadrada maciça (vergalhão) Tubo de secção quadrada		□	*b* *b* x *t*
Secção rectangular maciça (barra) Tubo de secção rectangular		▭	*b* x *h* *b* x *h* x *t*

Construções metálicas

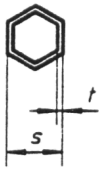




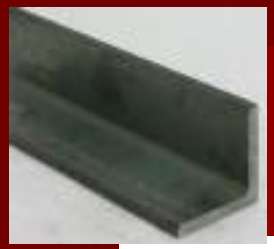




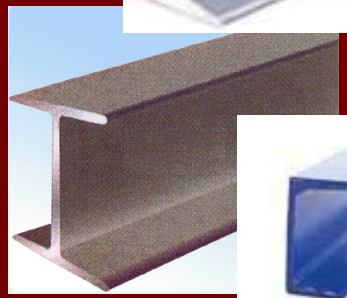
Quadro 1 – Símbolos e dimensões para barras (continuação)

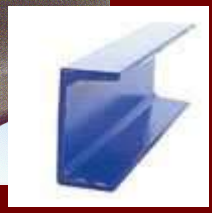
Descrição da secção da barra	Dimensões	Designação	
		Símbolo gráfico	Dimensões necessárias
Secção hexagonal maciça			*s*
Tubo de secção hexagonal			*s* x *t*
Secção triangular maciça			*b*
Secção semicircular maciça			*b* x *h*

1) Nos tubos de resistência, ***d*** é o diâmetro exterior; nos tubos para escoamentos, ***d*** é o diâmetro interior.





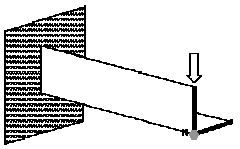




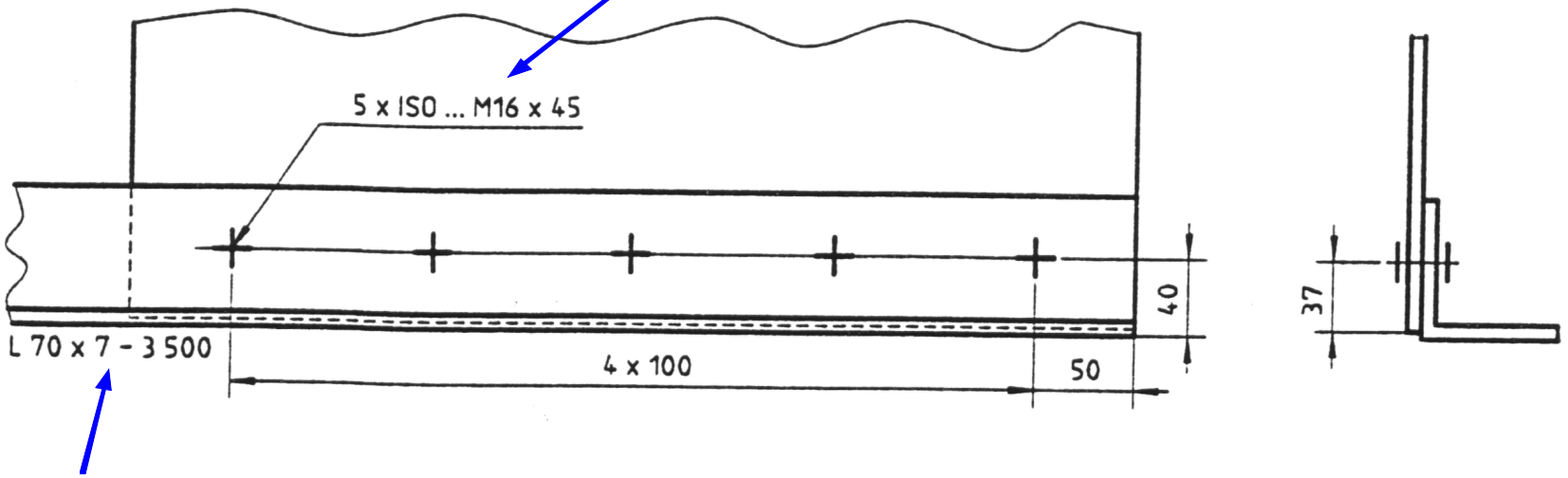




Quadro 2– Símbolos e dimensões para perfis

Descrição do perfil	Designação		
	Símbolo gráfico	Símbolo alternativo	Dimensões
Cantoneira	L	L	
Perfil T	T	T	
Perfil I	I	I	
Perfil H	H	H	
Perfil U	C	U	Dimensões características
Perfil Z	Z	Z	
Carril			
Cantoneira com rebordo			
Barra com rebordo (barra bolbo)		Usada com elemento de rigidez em pontes e construção naval	

Designação normalizada de um elemento de fixação

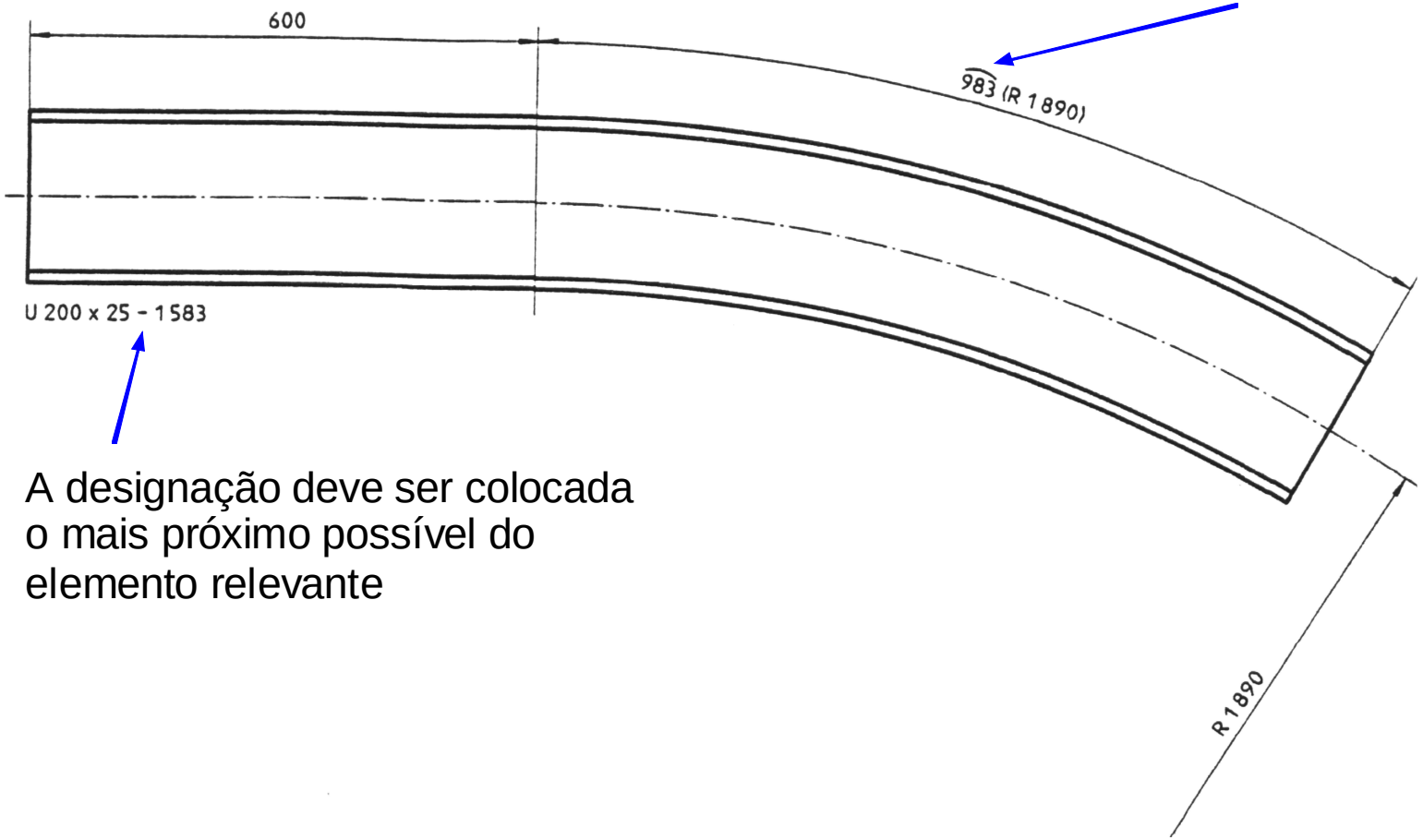


Designação normalizada de um perfil

Figura 1 – Designações de perfis e de elementos de fixação

Cotagem e comprimentos de peças curvas

Em conformidade com a nova ISO 129-1: ∩ **983**



A designação deve ser colocada o mais próximo possível do elemento relevante

Figura 2 – Designação e cotagem de perfis

Designação de barras, perfis e chapas



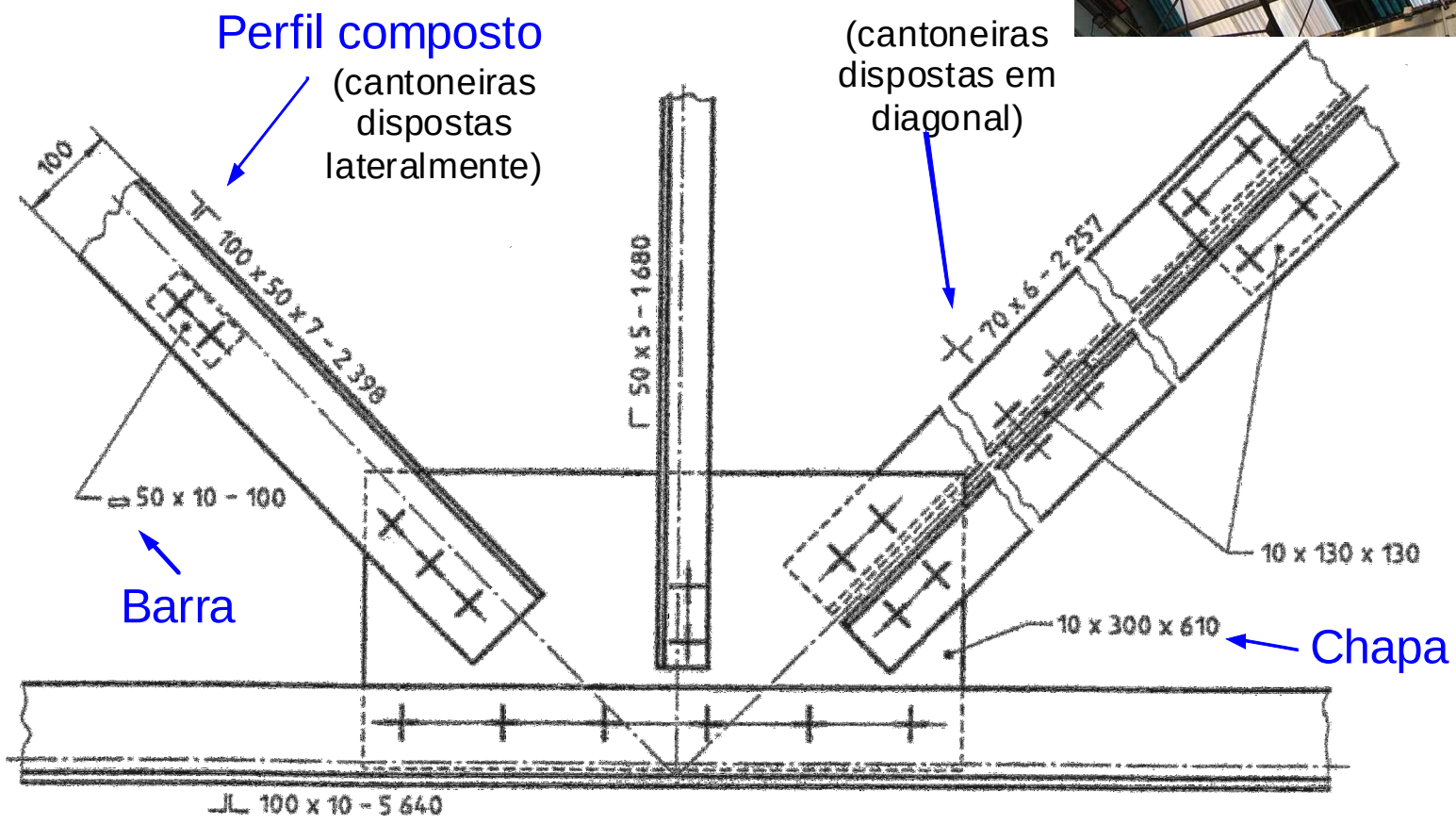


Figura 3 –Designação de barras, perfis e chapas



Cotagem de chanfros

Os chanfros devem ser cotados através de cotas lineares.

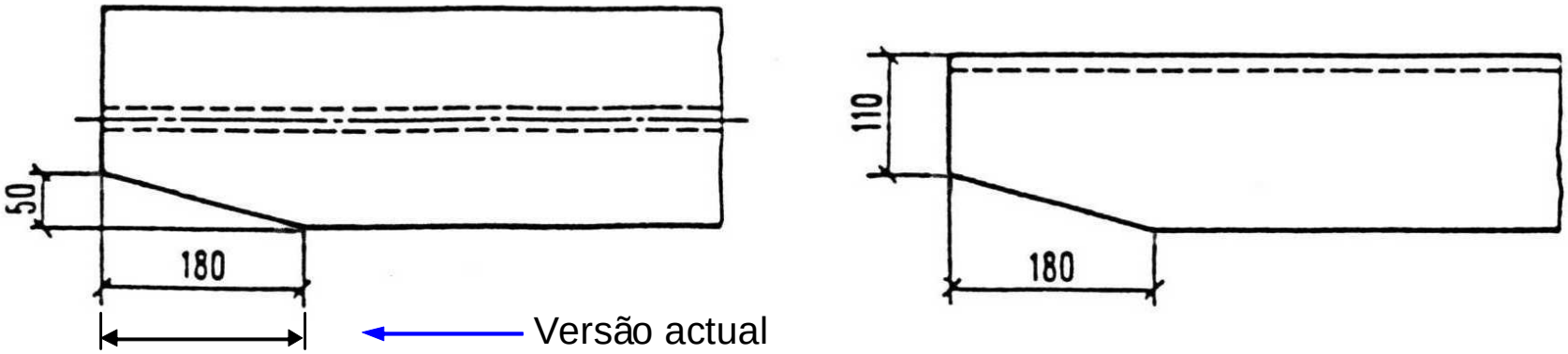


Figura 4 – Cotagem de chanfros

Cotagem de chapas de ligação ["gussets" (en); "goussets" (fr)]

O sistema de referência para a cotagem de uma chapa de ligação - dois eixos concorrentes dos centros de gravidade, de posição angular definida, em que o ponto de intersecção é o ponto de referência. A cotagem de chapas de ligação deve indicar a posição dos furos, em relação aos eixos supracitados, as cotas de atravancamento e a distância mínima entre as bordas das chapas e os eixos dos furos.

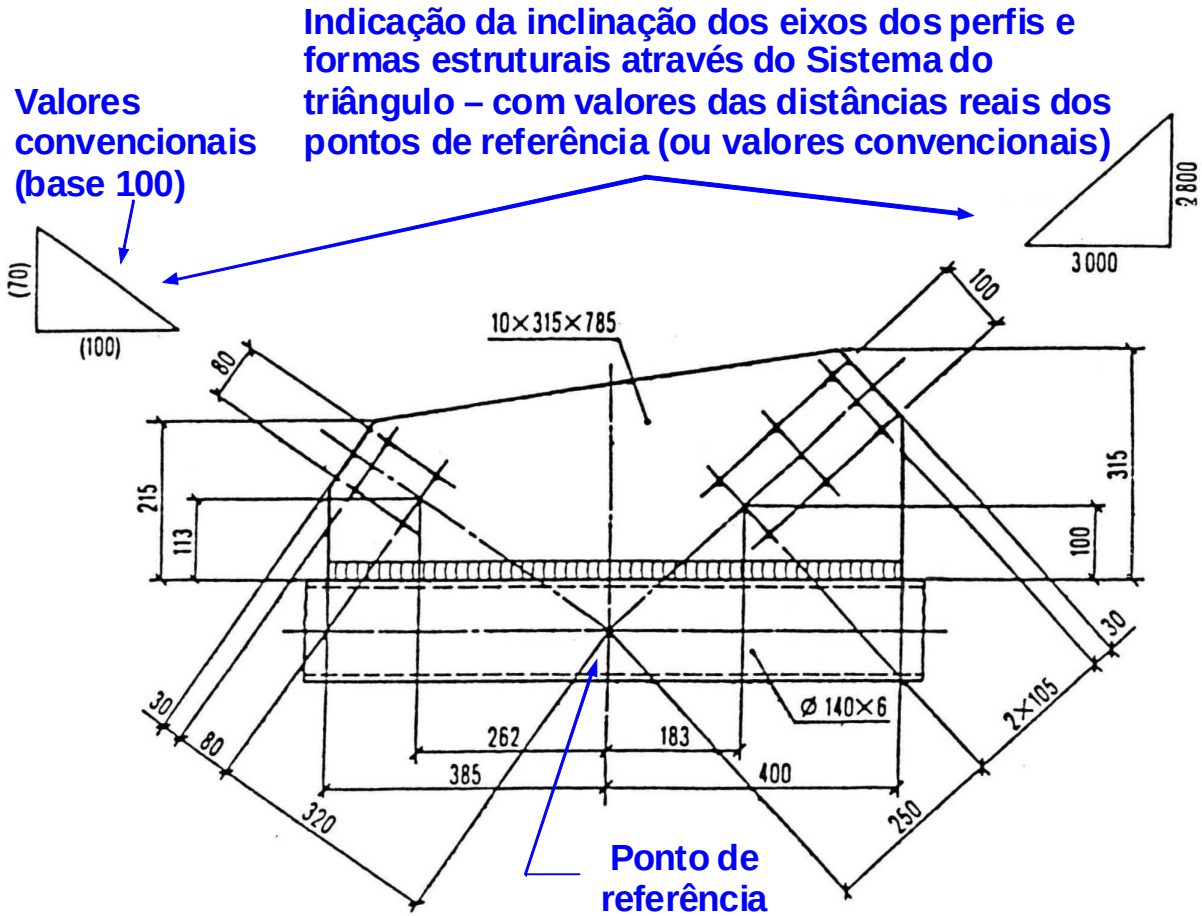


Figura 5 – Cotagem de chapas de ligação

4.1.1 Representação esquemática de construções metálicas

As estruturas reticuladas de construções metálicas podem ser representadas esquematicamente através de linhas a traço contínuo grosso que representam as **linhas dos centros de gravidade** dos elementos concorrentes. Neste caso, devem ser indicados os **valores das distâncias**, entre pontos de referência das linhas dos centros de gravidade, **directamente sobre os elementos representados**.

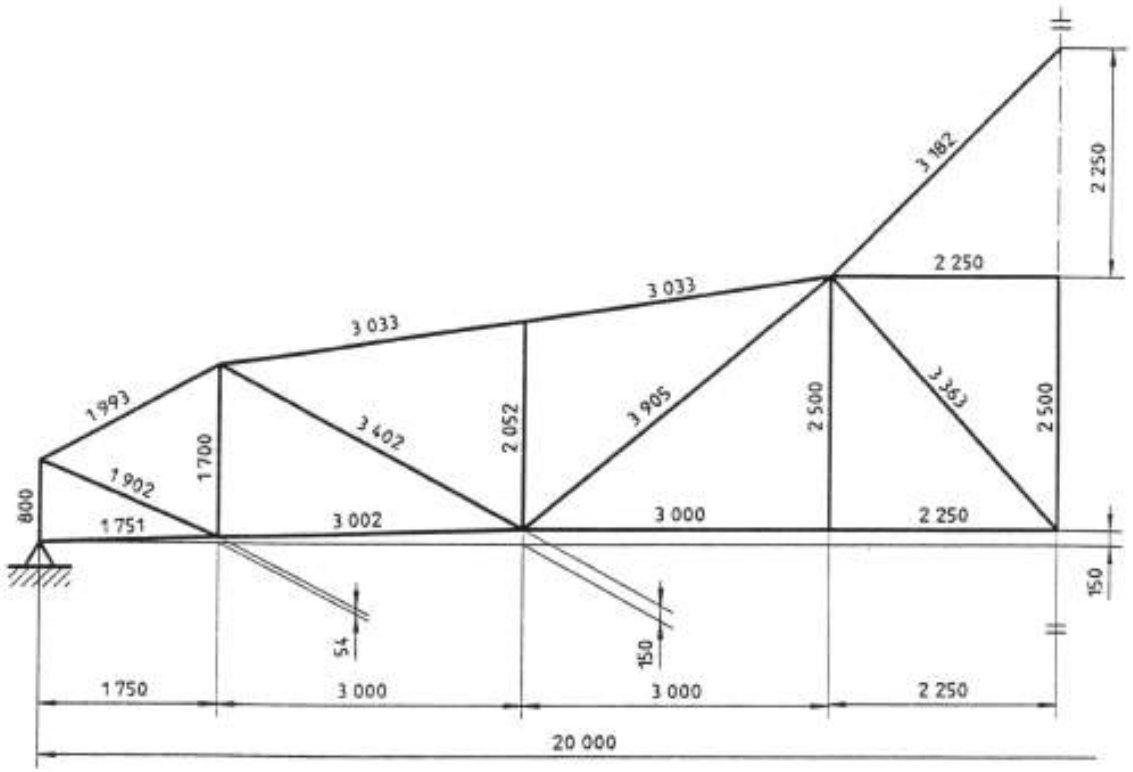


Figura 6 – Representação esquemática de uma estrutura reticulada

São permitidas cadeias de cotas fechadas.

No entanto, no caso de tolerâncias acumuladas, deve ser indicada uma compensação através de uma das cotas (cota auxiliar).

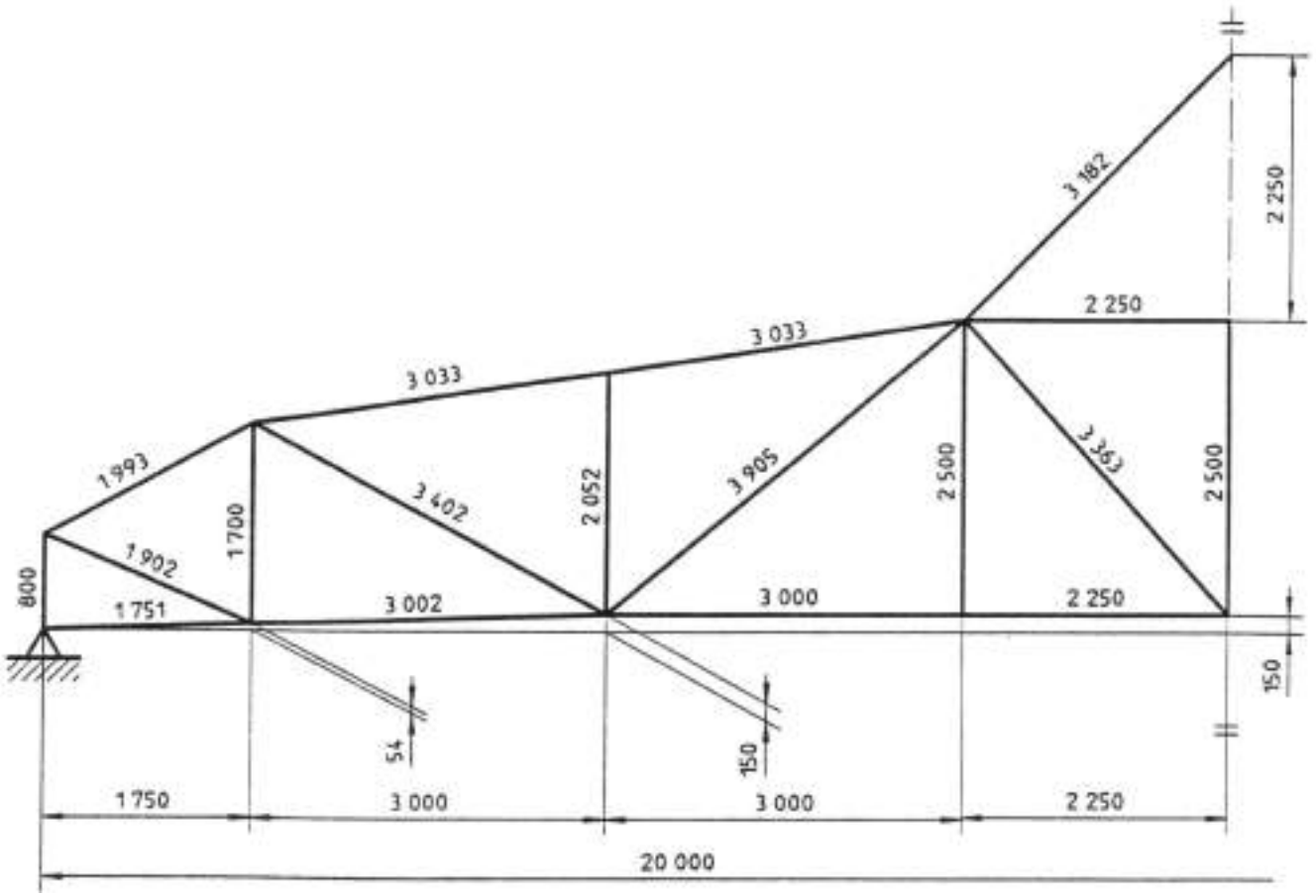


Figura 6 – Representação esquemática de uma estrutura reticulada

4.2 Representação simplificada de ligações de peças por meio de elementos de fixação (NP EN ISO 5845-1)

A representação de elementos de fixação, em desenhos técnicos, deverá seguir um dos dois métodos seguintes:

- desenho convencional dos elementos de fixação (ISO 128); adequado para desenhos contendo um pequeno número de elementos de fixação, ou se a utilização de símbolos possa não proporcionar uma completa compreensão;
- representação simbólica; este método é o mais adequado para desenhos contendo um grande número de elementos de fixação.

A norma ISO 5485-1 é consagrada à construção metálica estrutural.

A norma ISO 5485-2 é consagrada ao equipamento aeroespacial.

A norma ISO 5845-1 estabelece princípios gerais para a representação simplificada de furos, ligações parafuso-porca (parafusos) ["bolts (screws)" (en) ou "boulons (vis)" (fr)], rebites, etc., em desenhos técnicos.

4.2.1 Representação simplificada de elementos de ligação

A representação simbólica de furos, ligações parafuso-porca e rebites, em planos de projecção normais aos seus eixos, deve ser desenhada com linhas a traço contínuo grosso. A localização do elemento de fixação é indicada por uma cruz.

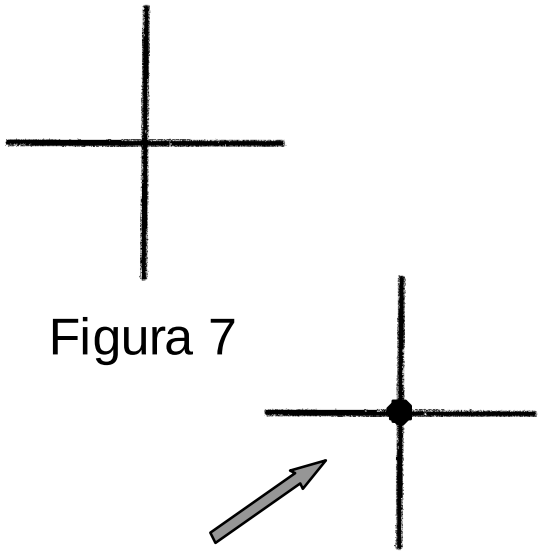
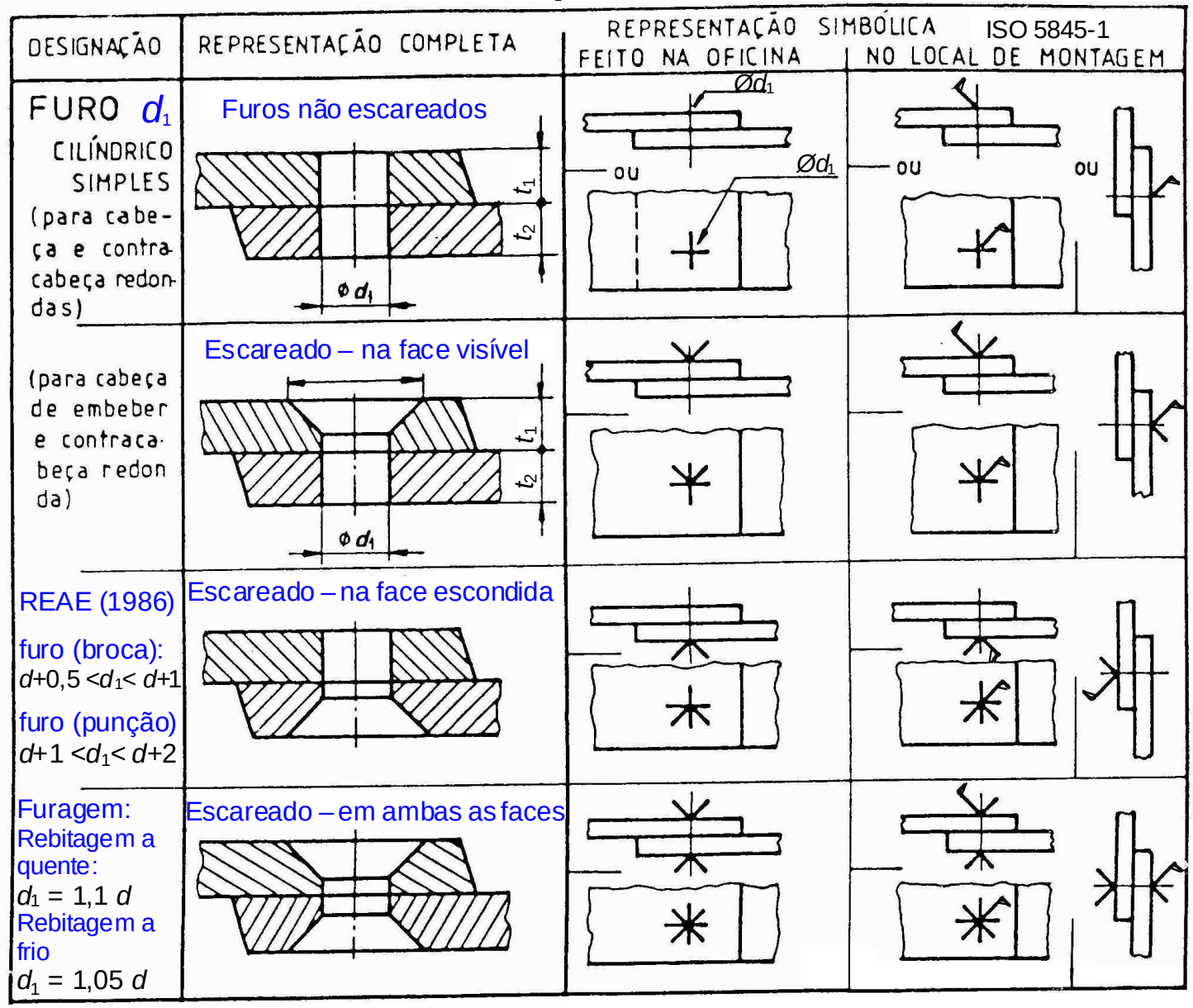


Figura 7

Um **ponto destacado** pode ser colocado no centro da cruz, de modo a facilitar a utilização de cópias do desenho, como um escantilhão.

O diâmetro do ponto deve ser cinco vezes a espessura de traço da linha utilizada para indicar a cruz.

Quadro 6 – Representação simplificada de ligações de peças por meio de elementos de fixação



Na representação em planos de projecção normais aos eixos dos elementos de ligação, para distinguir os parafusos-porcas e os rebites, dos furos, deve ser indicada a designação correcta do furo ou do elemento de fixação, em conformidade com a Norma internacional correspondente.

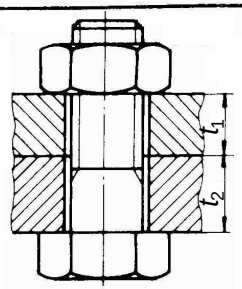
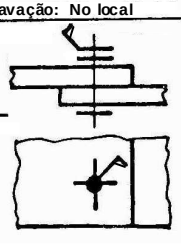
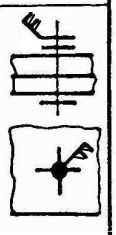
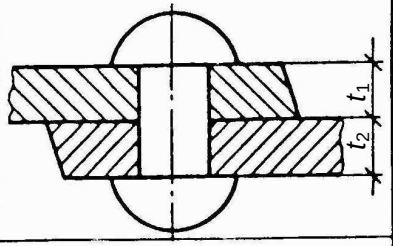
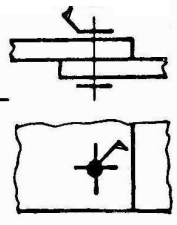
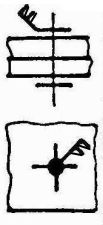
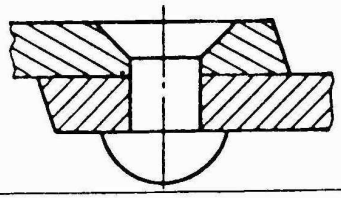
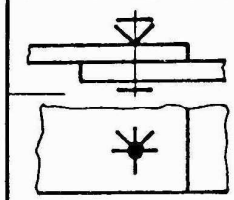
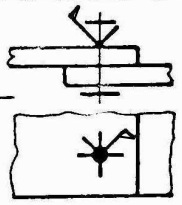
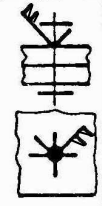
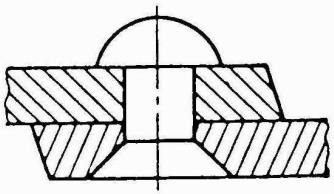
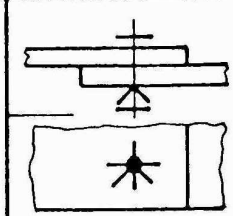
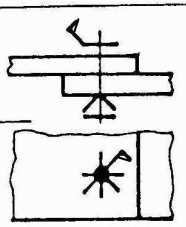
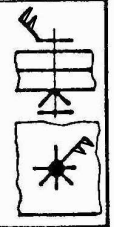
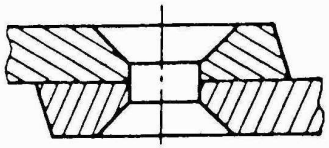
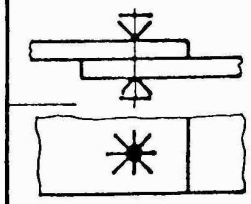
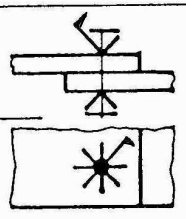
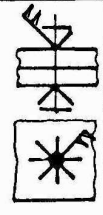
EXEMPLOS:

A designação de um furo de diâmetro 13 mm é $\varnothing 13$.

A designação de um parafuso de rosca métrica é $M12 \times 50$

A designação de um rebite é $\varnothing 12 \times 50$.

Quadro 6 – Representação simplificada de ligações de peças por meio de elementos de fixação

DESIGNAÇÃO	REPRESENTAÇÃO COMPLETA	REPRESENTAÇÃO SIMBÓLICA ISO 5845-1 FEITO NA OFICINA	NO LOCAL DE MONTAGEM	
			Furo: : Oficina Cravação: No local	No local No local
PARAFUSO-PORCA **M*d*** com indicação da posição da porca		PARAFUSO H... ou PARAFUSO H...		
REBITE **R Ø*d*** ou PARAFUSO-PORCA **M*d***		REBITE R... ou REBITE R...		
s - espessura da chapa mais espessa Diâmetro do rebite **Ø*d*** $d \geq 1{,}6\ s$				
$d \approx 7\sqrt{s} - 4$ ou $d \approx 45s/(15+s)$ REAE (1986) $d \geq s$				
				

Simões Morais

Na representação em planos de projecção paralelos aos eixos dos elementos de ligação, para distinguir os parafusos-porcas dos rebites, deve ser indicada a designação correcta do elemento de fixação, em conformidade com a Norma internacional correspondente.

EXEMPLOS:

A designação de um parafuso de rosca métrica é $M12 \times 50$

A designação de um rebite é $\varnothing 12 \times 50$.

4.2.2 Cotagem

As linhas de cota devem ter extremidades em conformidade com a ISO 129.

As linhas de extensão (ou de chamada) devem estar desligadas da representação simbólica de furos, parafusos-porcas e rebites, realizada em planos de projecção paralelos aos seus eixos.

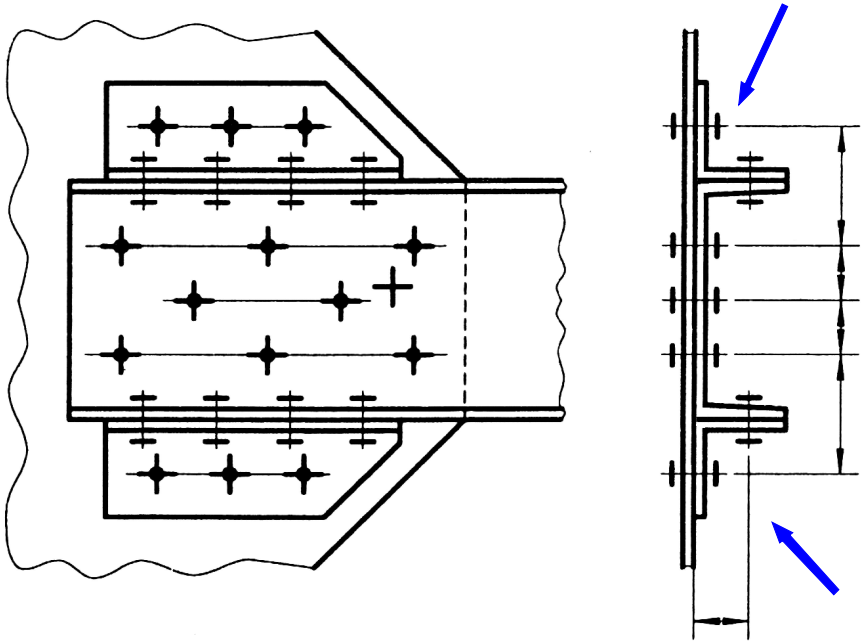


Figura 8

O diâmetro de furos deve ser indicado através de uma linha de indicação apontando para a representação simbólica de um dos furos.

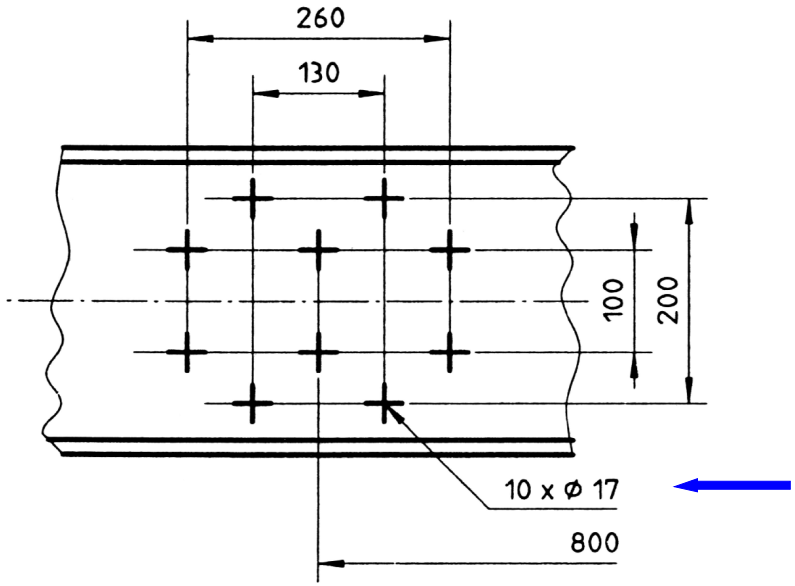


Figura 9

A designação de parafusos-porcas e rebites, deve ser dada através de uma linha de indicação apontando para a representação simbólica, em conformidade com a correspondente norma.

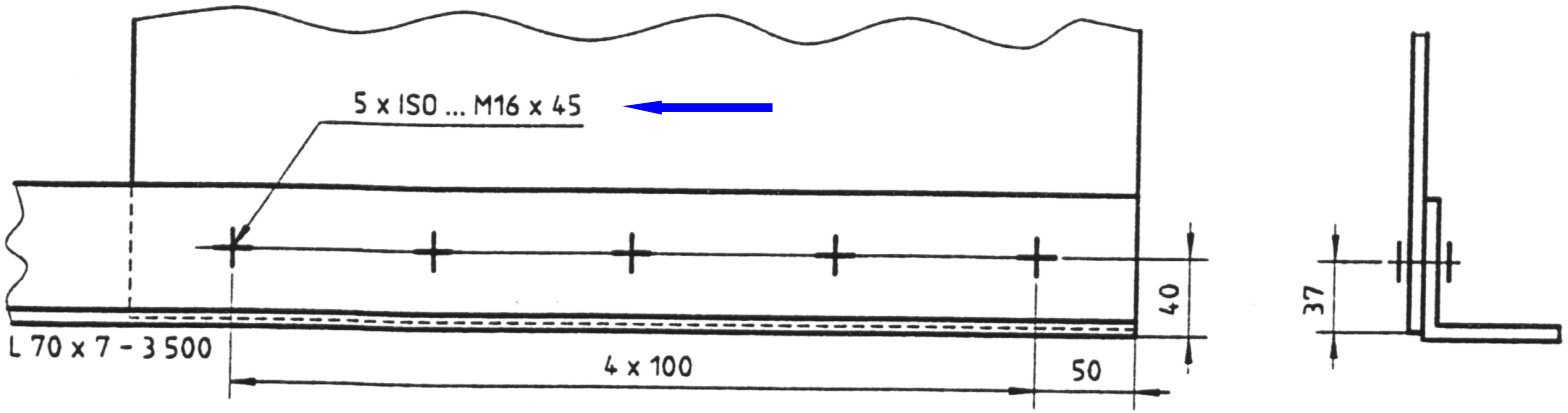


Figura 1

A designação de um grupo de furos, parafusos-porcas e rebites idênticos, pode ser restringida a um único elemento extremo, precedida do número de elementos que constituem o grupo.

Cotagem de furos, parafusos-porcas e rebites equidistantes de uma linha de eixo.

Conforme a nova ISO 129-1: $2 \times \cap 90$

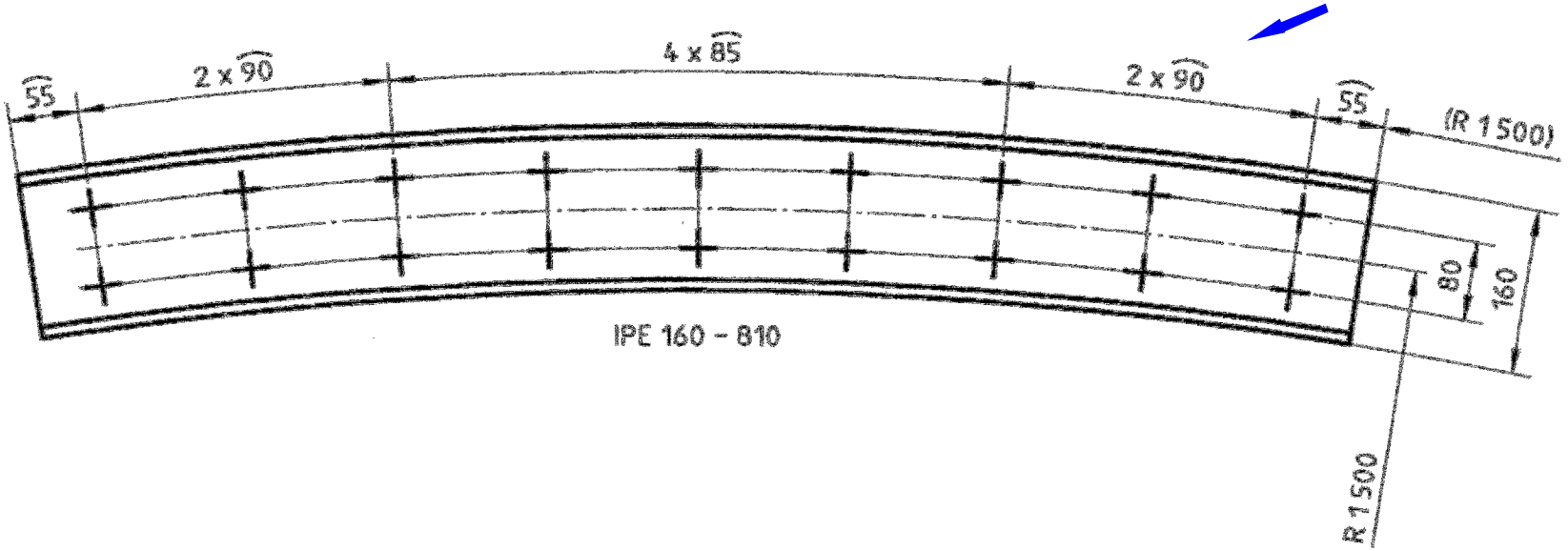
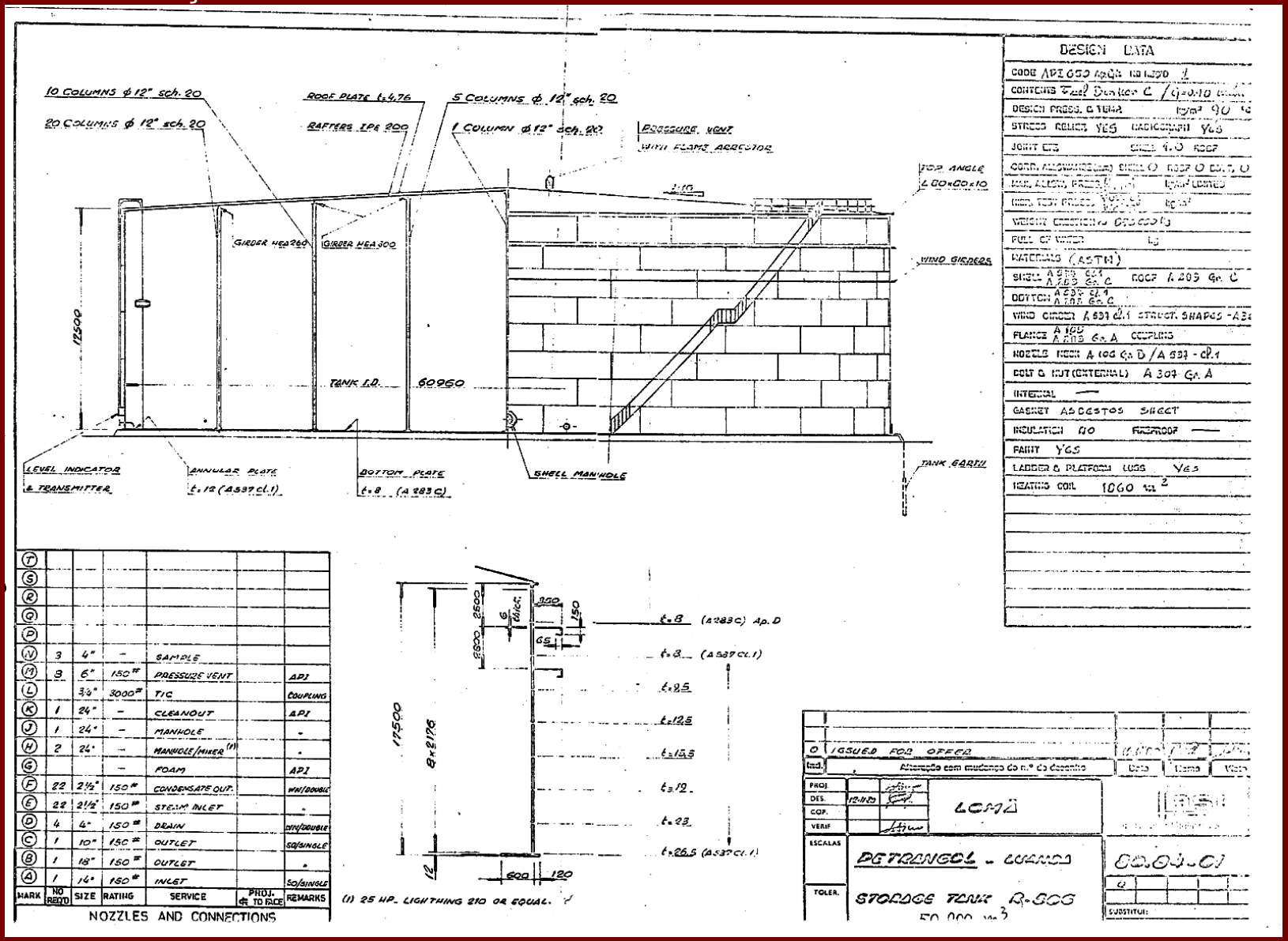


Figura 10

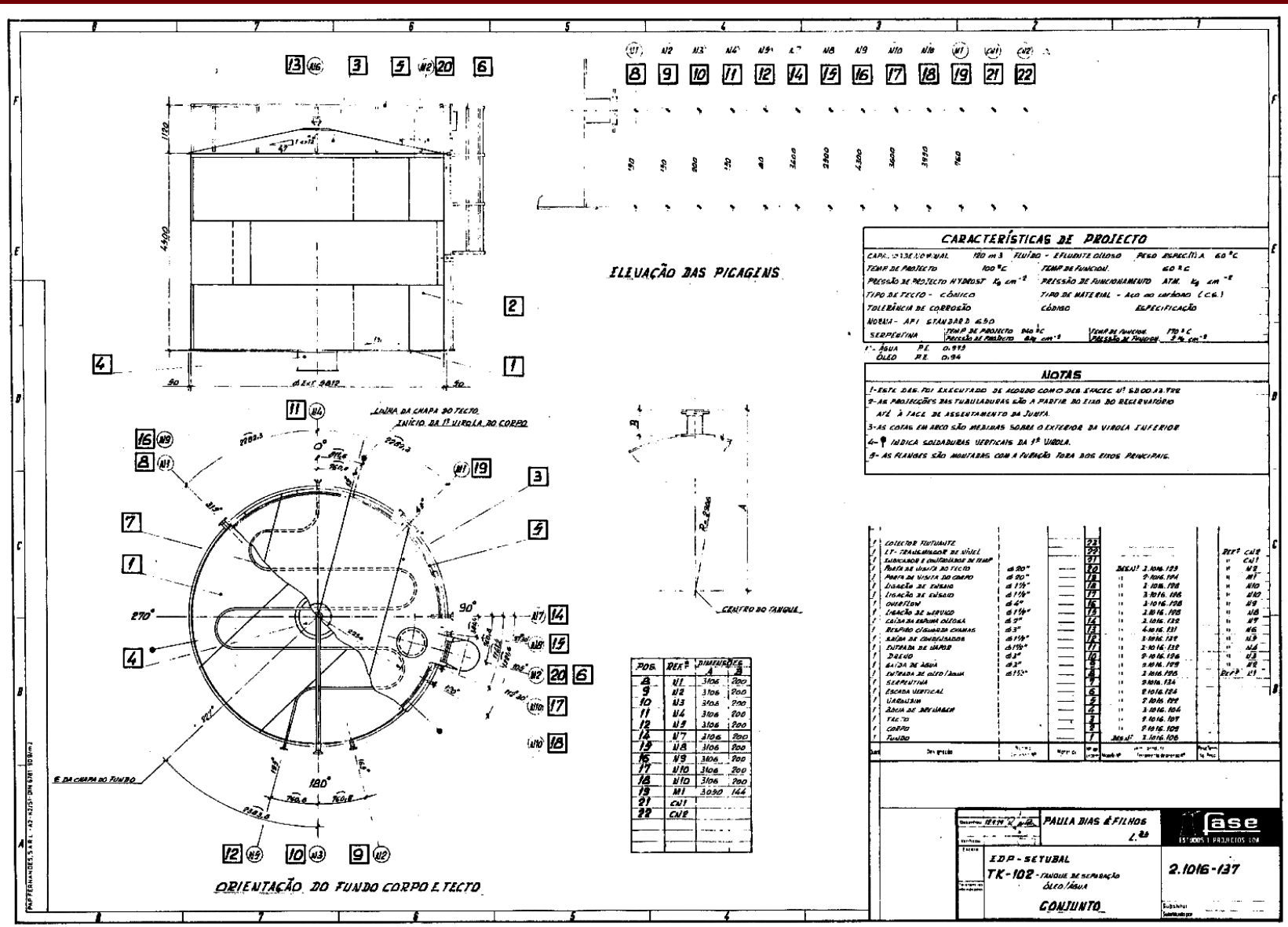
Estudo conceptual para uma proposta de construção de um tanque para armazenagem de fuel

Construções metálicas



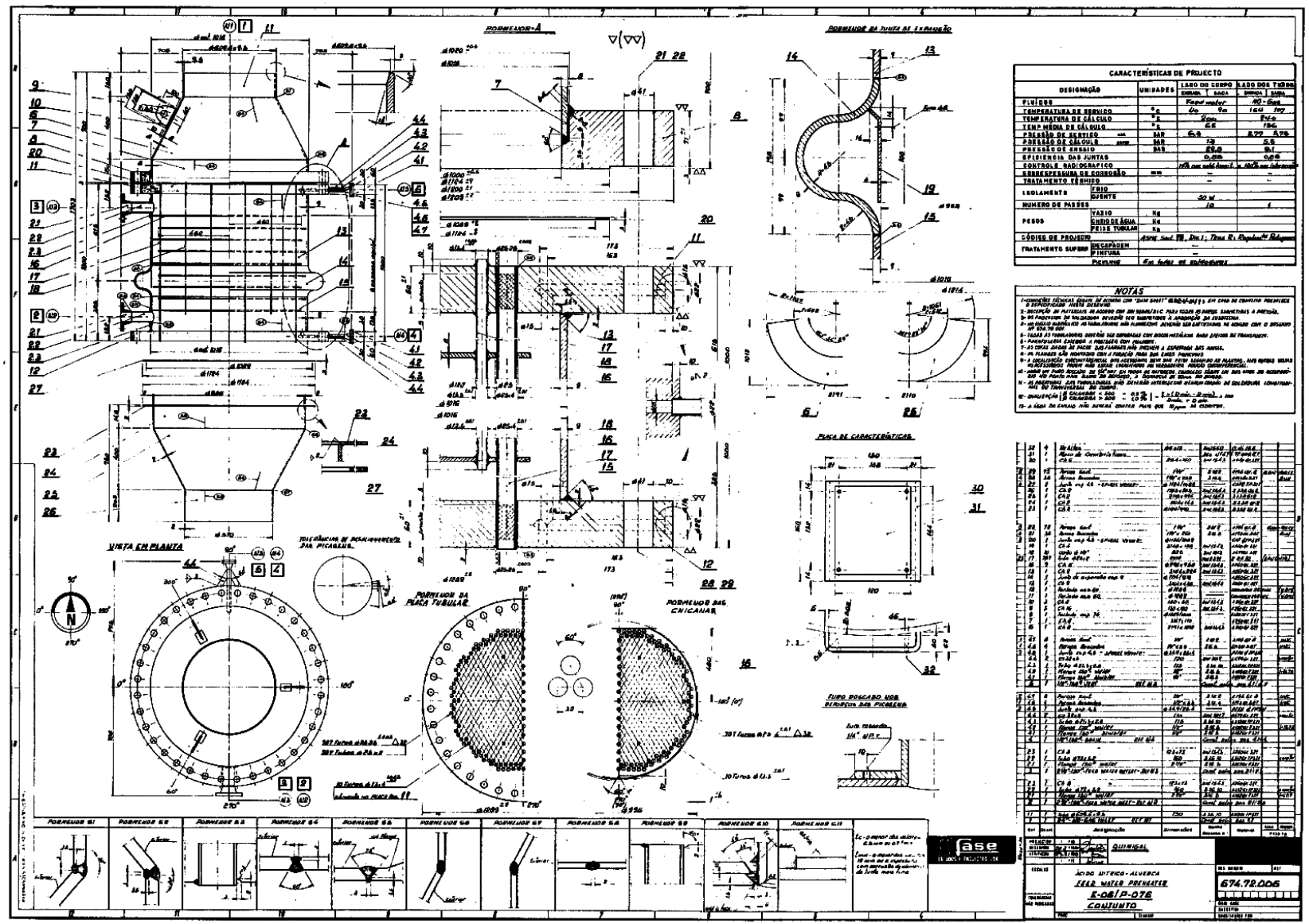
Desenho de conjunto de reservatório para o tratamento de efluentes de uma central térmica

Construções metálicas



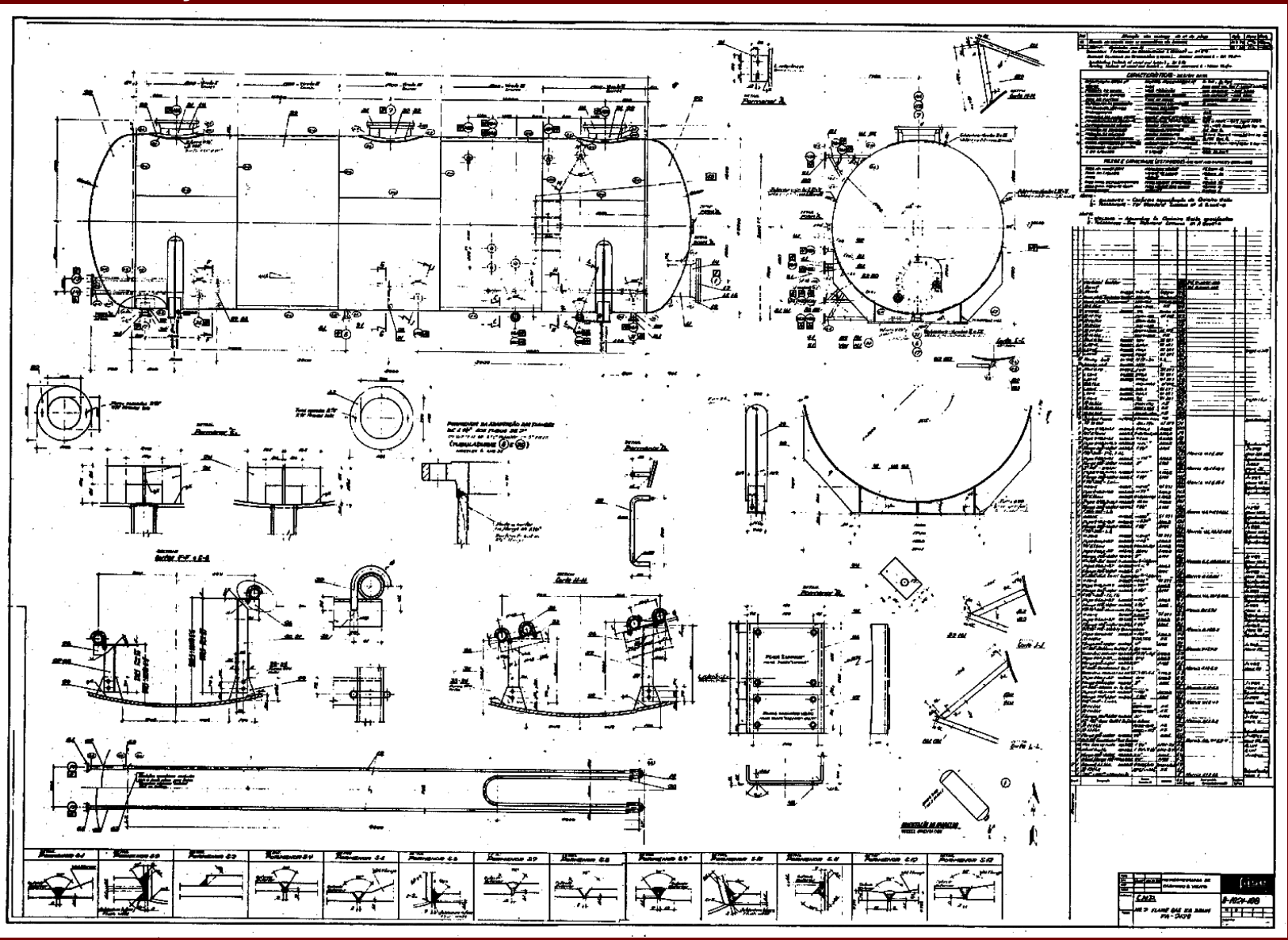
Desenho de conjunto com detalhes de um permutador de calor para uma fábrica de ácido nítrico

Construções metálicas



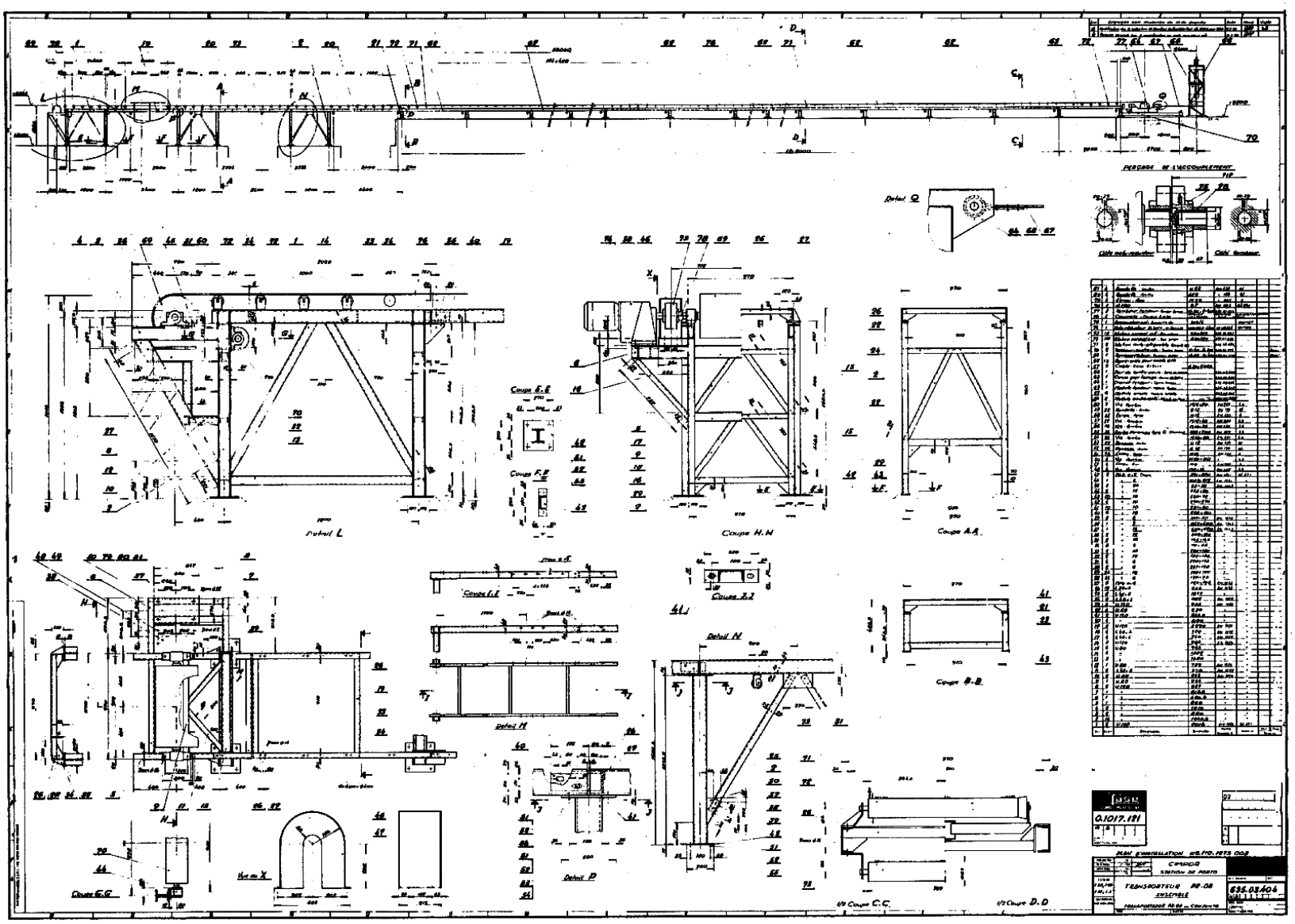
Desenho de conjunto com detalhes de um reservatório de pressão para um complexo petroquímico

Construções metálicas



Desenho de conjunto com detalhes de um transportador para uma empresa cimenteira

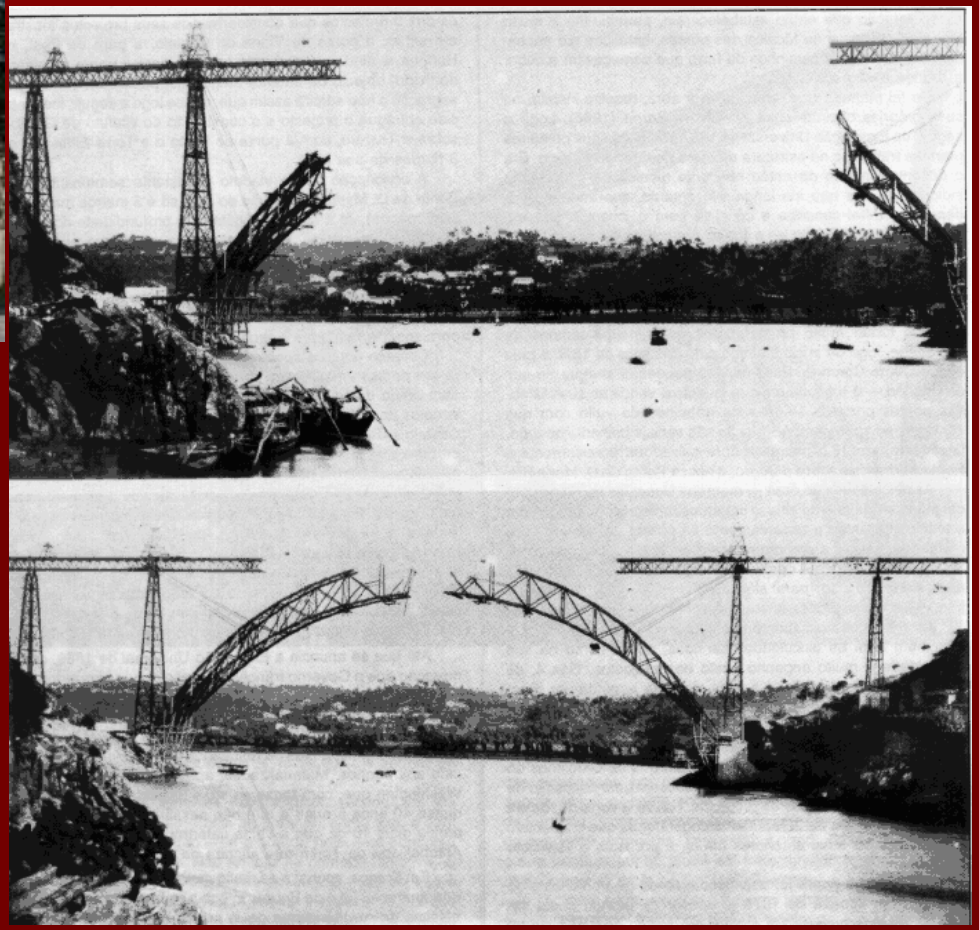
Construções metálicas



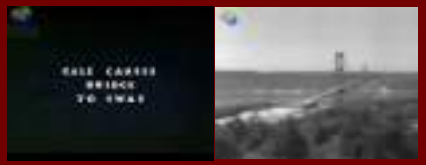
Construções metálicas



Ponte Maria Pia, Porto, 1877



Tacoma Narrows Bridge
Estado de Washington – USA
1/07/1940 a 7/11/1940
Comprimento: 1646 m, à época a 3ª maior ponte pênsil do mundo.
Vento a soprar a 65 km/h fez colapsar a sua estrutura.





Ponte Luís I, Porto, 1886/87





Construções metálicas

Ponte da Arrábida, Porto, 1963



