

8 - Uniões Eixo - Eixo (Acoplamentos)



Fig.10.33 - Acoplamentos rígidos(Norton)

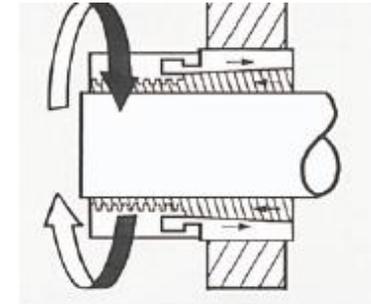


Fig.10.34 - Acoplamento com trava cônica (Norton)



<http://www.ruland.com>

8 - Uniões Eixo - Eixo (Acoplamentos)

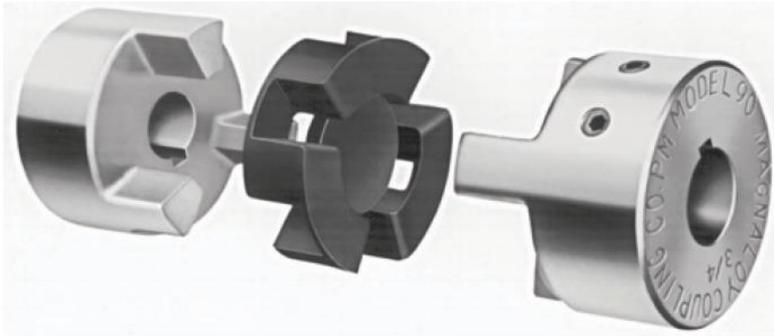


Fig.10.36 - Acoplamentos de mandíbula (Norton)



<http://www.ruland.com>

8 - Uniões Eixo - Eixo (Acoplamentos)



Fig.11.26 - Juntas universais (Mott)

8 - Uniões Eixo - Eixo (Acoplamentos)



Fig.11.26 - Juntas universais (Mott)

8 - Uniões Eixo - Eixo (Acoplamentos)



<https://www.canaldapeca.com.br/blog/entenda-tudo-sobre-junta-homocinetica/>



Juntas homocinéticas

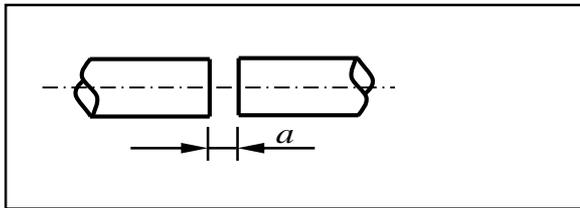
8 - Uniões Eixo - Eixo

8.1 – Introdução

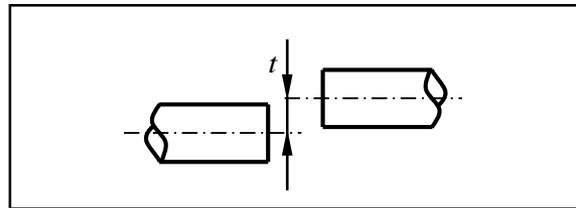
Quando usar acoplamentos :

- unir motor a um equipamento.
- unir os eixos de 2 equipamentos.
- unir 1 eixo feito em duas partes
- por necessidades construtivas.

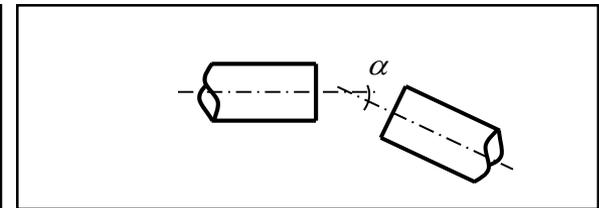
Desalinhamentos



Axial
1 a 15 [mm]



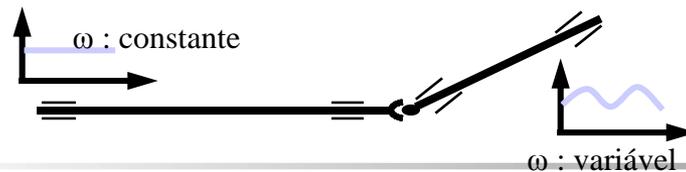
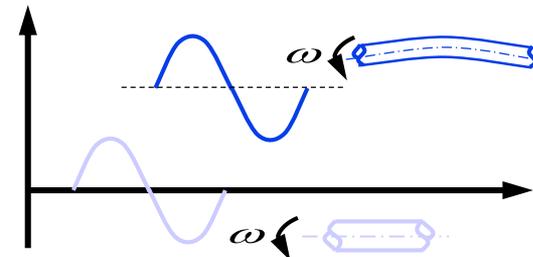
Transversal
0.1 a 2 [mm]



Angular
1° a 4°

Problemas trazidos por desalinhamento :
sobrecarga nos mancais menor vida

- sobrecarga no eixo
- flechas indesejáveis
- vibrações
- M_t variável



CLASSIFICAÇÃO DOS ACOPLAMENTOS

I - Acoplamentos Rígidos

- onde não há desalinhamento

II - Acoplamentos de Compensação

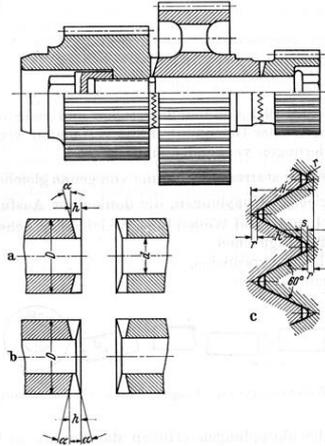
- compensam desalinhamentos
- absorvem choques
- amortecem vibrações ou mudam frequências naturais

III - Acoplamentos de Engate

- engate / desengate de eixos
- não compensam desalinhamentos.

8.2 – Acoplamentos Rígidos

8.2.1 – Engrenamento Frontal (Acoplamento Hirth) (rígido)



- Exige protensão axial, pois há componente axial que tende a afastar as duas partes.
- Dimensões : Tab. 19.2 – Niemann v.2, p.77

Dimensionamento

$$\tau_t = \frac{M_t}{W_t} \leq \tau_{adm}$$

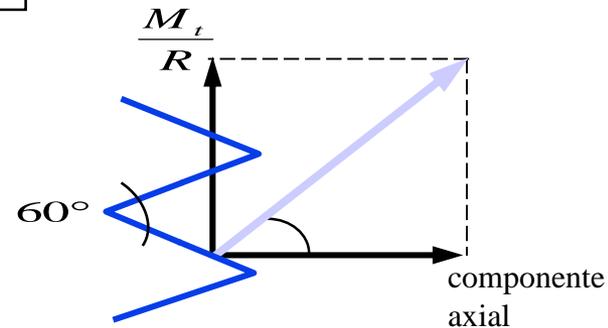
$$W_t = \frac{\pi D^3}{16} \left(1 - \left(\frac{d}{D} \right)^4 \right)$$

Protensão axial necessária :

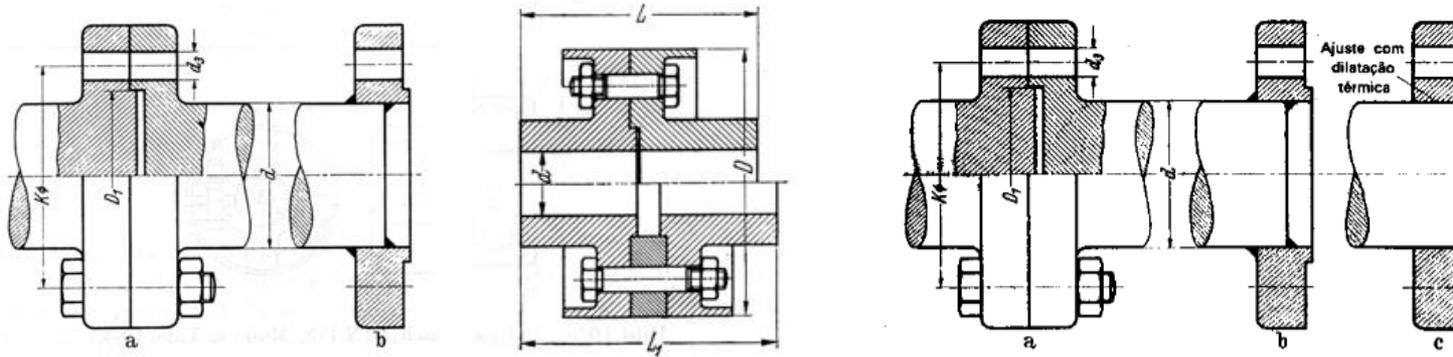
$$P_a = \frac{M_t}{R} 2 \cdot \text{tg} 30^\circ$$

τ_{adm} → tabela página 77

$$; R = \frac{d + D}{4}$$



8.2.2 – Acoplamento por Flanges (rígido)



• DIN 116 e 760

- Flanges :
 - a) Forjadas nos eixos
 - b) Soldadas
 - c) e d) Montadas

- Centragem é feita :
 - Ressalto com ajuste H7g6
 - Anel bipartido

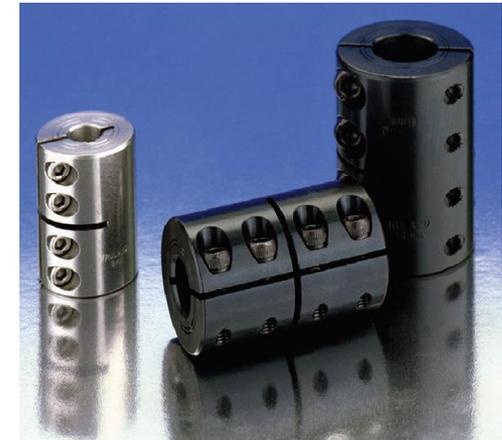
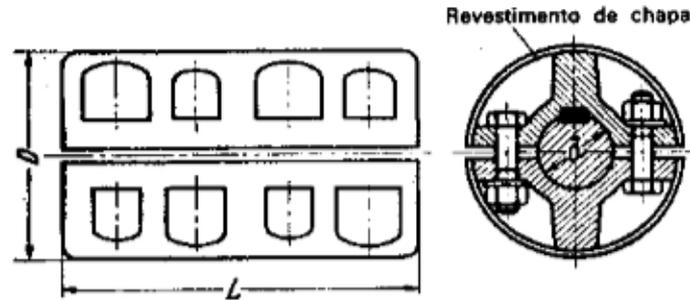
- O momento torçor é transmitido **por atrito**. Os parafusos garantem pressão p. A força necessária em cada parafuso é :

$$P_p = \frac{2M_t}{D_k \cdot n_p \cdot \mu}$$

n_p : número de parafusos

D_k : Diâmetro relativo à posição dos parafusos

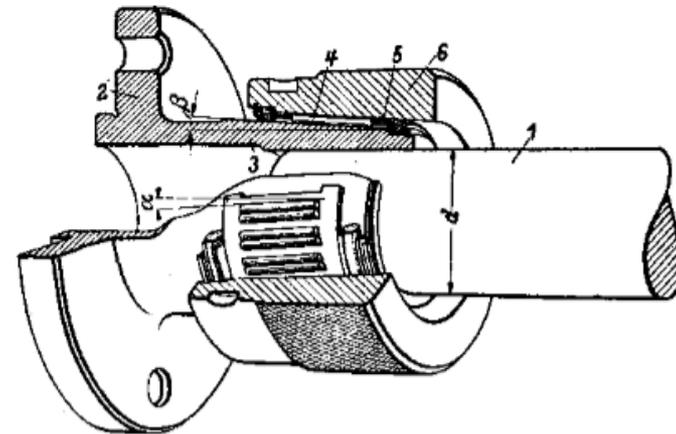
8.2.3 – Acoplamento Bipartido (rígido)



<http://www.ruland.com>

- DIN 115
- Fácil desmontagem
- São calculados da mesma forma que união eixo-cubo bipartida: união por atrito
- Não são recomendados para choques

8.2.4 – Acoplamento tipo Stieber



- Só um lado é flangeado
- Interferência longitudinal sem aquecimento
- giro bucha 6 no cubo cônico : obtém alta interferência

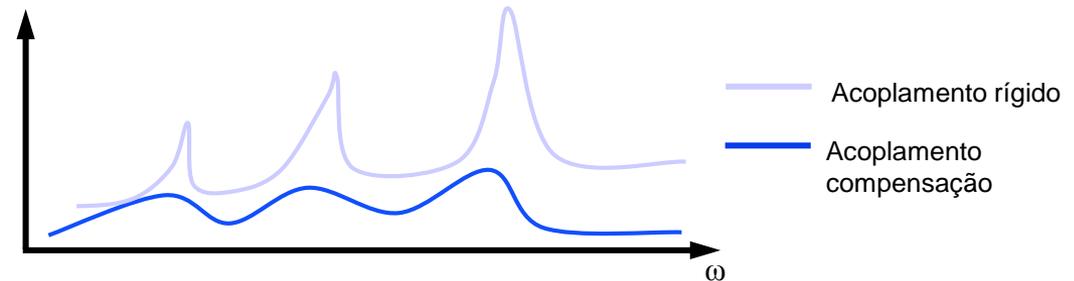
$$M_{t \text{ transm}} = 130 \cdot d^2 \cdot L$$

[Kgf.cm]

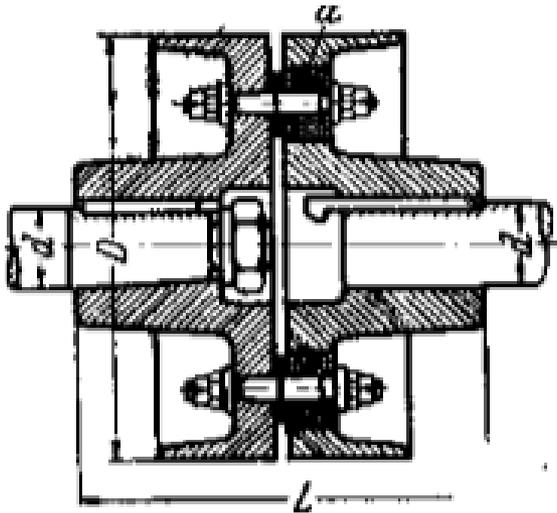
8.3 – Acoplamentos de Compensação

- Dependendo do tipo de acoplamento pode compensar os três tipos de desalinhamento.
- Absorvem choques.
- Amortecem vibrações.
- Sintonia de frequências naturais.

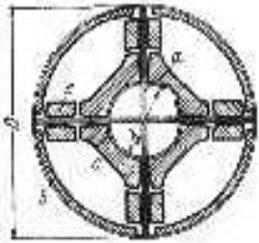
Amplitude
vibração



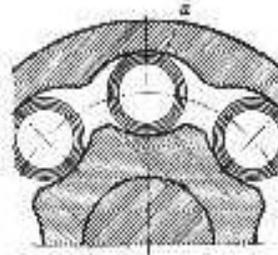
8.3.1 – Acoplamento de Compensação com Elementos Deformáveis



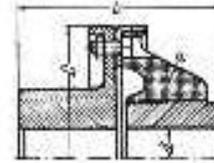
Acoplamento de compensação elástica de pinos (Niemann)



a)



b)

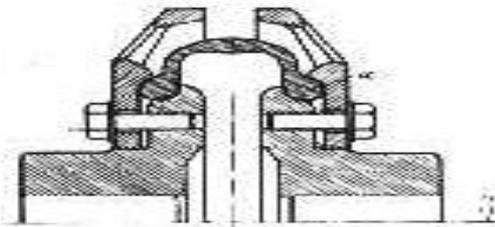


c)

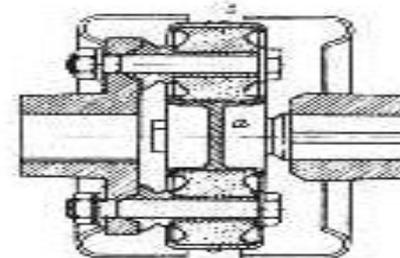
a) Acoplamento de compensação AXIEN com molas a flexão e caixa de graxa

b) Acoplamento de compensação DELI/DEMAG com molas helicoidais

c) Acoplamento de compensação Perbunan com cubo elástico



d)



e)

d) Acoplamento de compensação Periflex/STROMAG com anel elástico de borracha

e) Acoplamento de compensação Silintbloc/BOGE com elementos de borracha

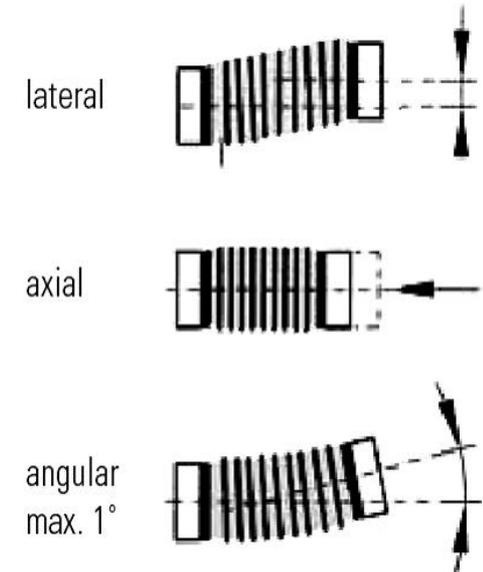
f – Acoplamento Jaw

- Alta capacidade de torque;
- Isolação elétrica;
- *Spider* substituível.



g – Acoplamento Bellows

- Compensação de desalinhamento axial, transversal (paralelo, lateral) e angular,
- Operação silenciosa e suave
- Alta rigidez torcional.
- Exata (quase) transmissão de movimento angular e torque, zero backlash.
- Longa vida
- Não desgaste de partes
- Fácil desmontagem e montagem
- Baixa rigidez lateral
- Baixo momento de inércia
- Torque de 2 a 500 N.m

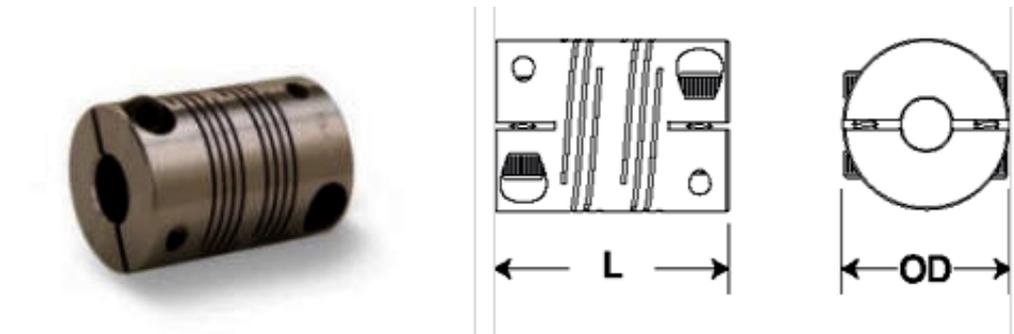


<http://www.ruland.com>

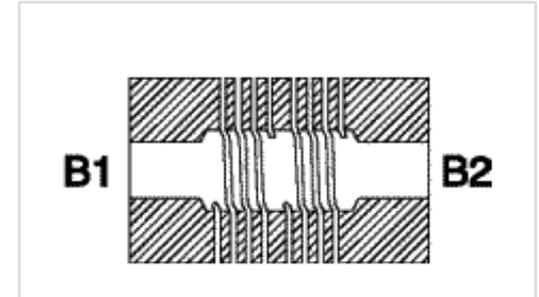
h – Acoplamento Beam



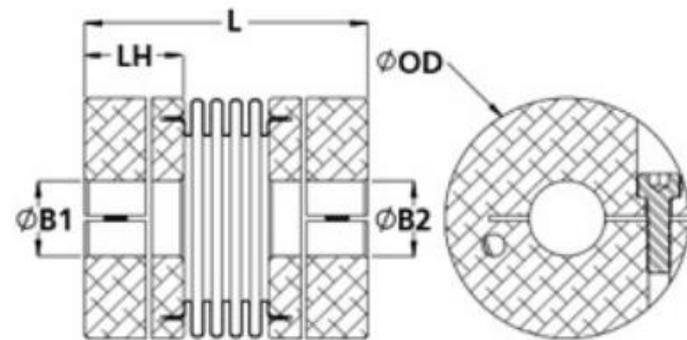
Beam



Aluminum



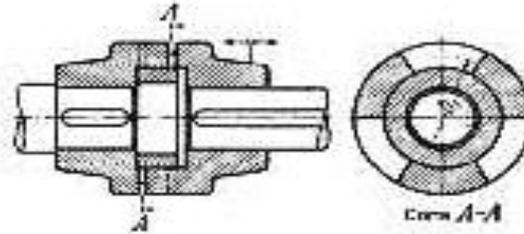
Bellows



<http://www.ruland.com>

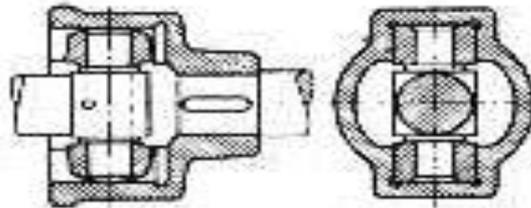
i) Acoplamento de compensação com elemento de encaixe tipo estrela somente desalinhamento axial

- se o elemento for de borracha suporta um pouco dos outros desalinhamentos.



j) Acoplamento CARDAN

- só desalinhamento angular



k) Acoplamento de disco: alta rigidez torcional



<http://www.ruland.com>

8.3.2 Dimensionamento de acoplamentos de compensação com elementos intermediários flexíveis

- Para elementos intermediários de borracha, couro, lona

$$p_{adm} = 8 \sim 14 \text{ [kgf/cm}^2\text{]} \text{ (} 0,8 \sim 1,4 \text{ [MPa])}$$

- Critério de escolha do tipo de acoplamento :

- princípio de funcionamento → tipo de desalinhamento a eliminar, tipo de serviço
- espaço ocupado
- peso próprio (máquinas leves)
- momento de inércia muitas paradas / partidas
- facilidade de manutenção
- periculosidade

- Dimensões e verificação

- Usar tabela 19.5 (página 82 , Niemann) , onde :

$$M_{t \text{ nominal}} = 71620 \frac{N}{n} \text{ [Kgf.cm]}$$

$$C = \frac{M_{t \text{ max}}}{M_{t \text{ nom}}}$$

Observar desalinhamentos máximos permissíveis de cada caso.

Dimensionamento

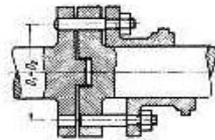
- Acoplamento TACKE → tabela 19.5
- Os demais dimensionar à pressão específica
- p_{adm} para pares deslizantes :

- 30	[Kgf/cm ²]	fofo / aço
- 50	[Kgf/cm ²]	bronze / aço não temperado
- 90	[Kgf/cm ²]	bronze / aço temperado
- 150	[Kgf/cm ²]	aço temperado / aço temperado

8.4 – Acoplamentos de Engate de Eixos

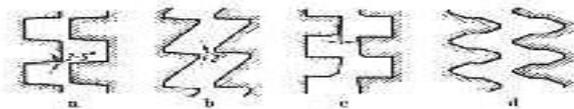
- Acoplamento comum → união eixo / eixo é permanente.
- Acoplamento de engate → união pode ser desengatada (em movimento ou não)

a) Acoplamento de engate por pinos



b) Acoplamento de engate para dentes frontais

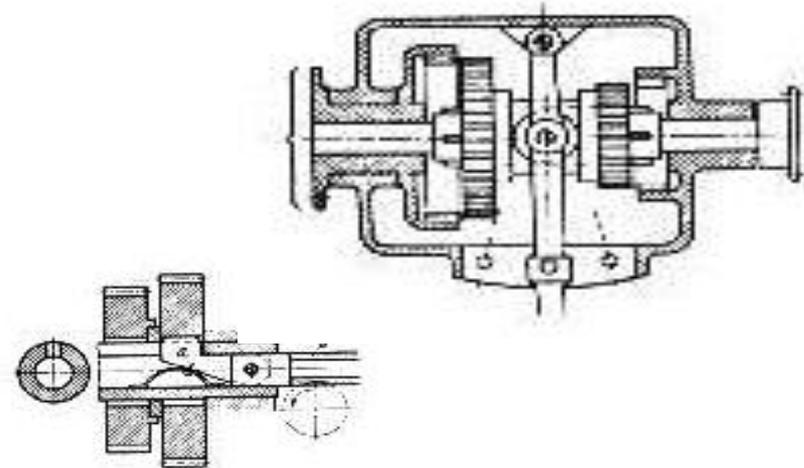
- a) transmite nos dois sentidos
- b) só 1 sentido → segurança contra inversão de movimento
- c) 2 sentidos →
- d) facilidade de engate



c) Acoplamento de engate por dentes de evolvente

d) Acoplamento de engate por chaveta rotativa

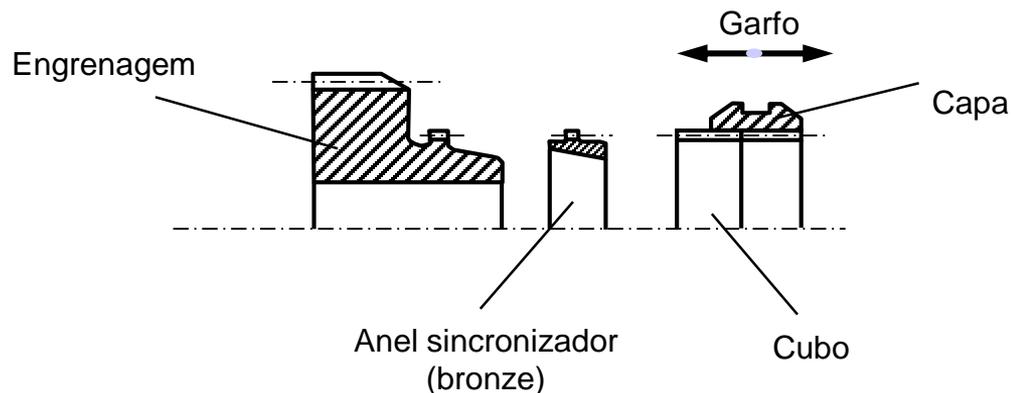
e) Acoplamento de engate por chaveta deslizante



f) Acoplamento RODA LIVRE

- acionamento do engate por força centrífuga

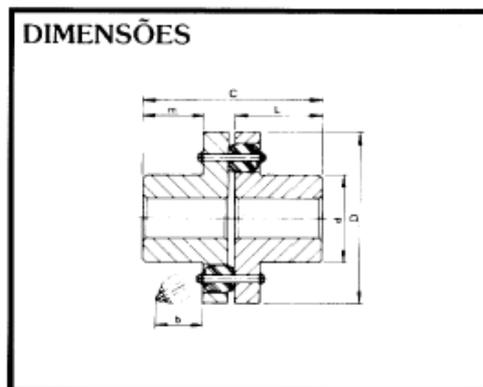
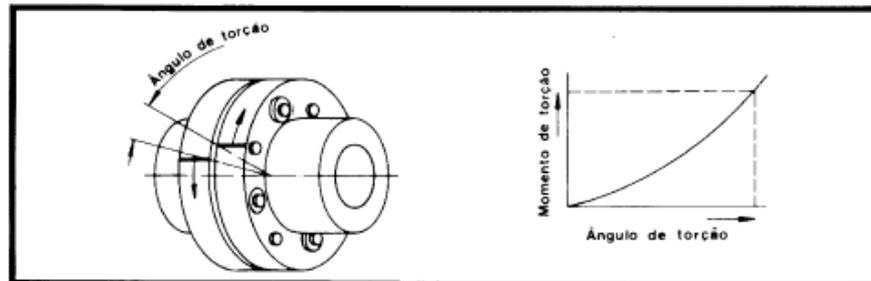
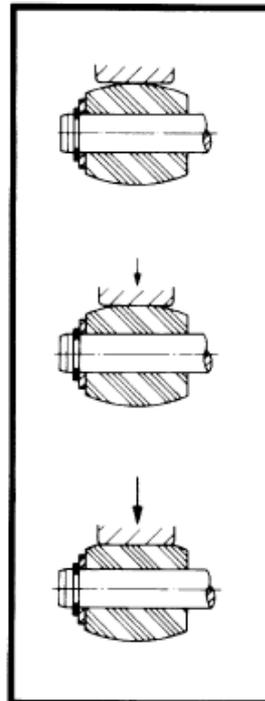
g) Acoplamento de engate por anel sincronizador (câmbio de veículos)



Catálogo – comercial - Transmotécnica

TETEFLEX®

- consiste em dois flanges simétricos inteiramente usinados, pinos de aço com superfícies retificadas e buchas amortecedoras de borracha nitrílica à prova de óleo, fixadas por anéis elásticos.
- absorve vibrações e choques, permite desalinhamento paralelo, angular e axial.
- tem grande elasticidade torcional e não dá origem a forças axiais prejudiciais aos mancais.
- apto para trabalhar em altas e baixas velocidades, em posição horizontal e vertical.
- permite desacoplar os eixos sem remover as máquinas ou o próprio acoplamento, pois os pinos e buchas são removíveis.
- permite remover as máquinas sem deslocá-las longitudinalmente.
- permite substituição das buchas amortecedoras sem desmontagem do próprio acoplamento.
- não requer manutenção, nem lubrificação.
- recomendamos cuidados para proteção contra acidentes.

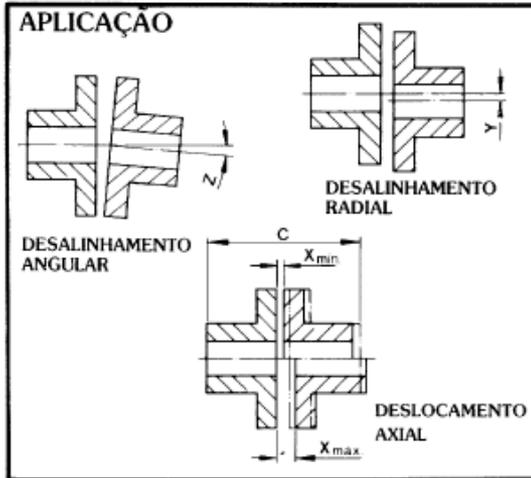


FUROS ADMISSÍVEIS

Os acoplamentos podem ser fornecidos com furo acabado e rasgo de chave conforme DIN 6885 folha 1, ou com furo em bruto. Na usinagem do furo, a centragem deve ser feita sempre em relação ao diâmetro externo D. Quanto maior o nível de solicitação de um acoplamento, maiores devem ser os cuidados com a montagem do mesmo sobre o eixo, e a verificação nas faces dos flanges. Para elevadas solicitações, recomendamos ajuste H_7/m_6 e chave em todo o comprimento útil do cubo (dimensão L).

Tamanho	Furo máx.	Furo mín.	b	C	d	D	L	m	Massa (kg)
D - 3	38		35	104	58	112	50	33	3,1
D - 4	42		35	114	68	125	55	36	4,5
D - 5	48		42	124	74	140	60	37	6,4
D - 6	55		45	144	85	160	70	47	9,5
D - 7	60		47	164	98	170	80	57	12,7
D - 9	80		63	197	125	225	95	65	25,9
D - 11	110		68	237	170	270	115	85	49,8
D - 13	150	55	87	300	220	360	145	100	107,8
D - 15	180	60	110	380	270	450	185	125	213,9
D - 17	220	90	140	462	330	560	225	155	390,9
D - 18	250	100	140	542	380	630	265	195	574,3

Nota: dimensões dadas em mm.



Tamanho	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	$\frac{N}{n} \times F$	Mt (mkgf)	GD ² (kgf.m ²)	rpm máx. (*)
D - 3	4 ± 1,5	0,4 máx.	1° máx.	0,02	14,2	0,0172	4500
D - 4				0,03	22,5	0,0280	4000
D - 5				0,05	36	0,0562	3600
D - 6				0,08	55	0,0991	3400
D - 7				0,13	90	0,1383	3200
D - 9	7 ± 2	0,8 máx.		0,25	180	0,5245	2500
D - 11				0,5	360	1,3030	2200
D - 13	10 ± 2	0,8 máx.		1	720	5,5923	1700
D - 15				2	1430	17,650	1300
D - 17	12 ± 2	0,8 máx.	4	2860	49,250	1000	
D - 18			5,6	4000	85,205	850	

(*) rpm_{máx.} - rotação limite para uso sem balanceamento dinâmico

Observações:

- Um alinhamento correto aumenta a vida dos elementos elásticos.
- Para velocidades periféricas no diâmetro D, acima de 28 m/s, recomendamos balanceamento dinâmico.
- N = potência efetiva em cv (1kW = 1,36 cv)
- n = rpm
- Mt = momento de torção em mkgf (1 daN = 1,02 mkgf)
- GD² = momento de inércia em kgf.m² = 4J em kgm²

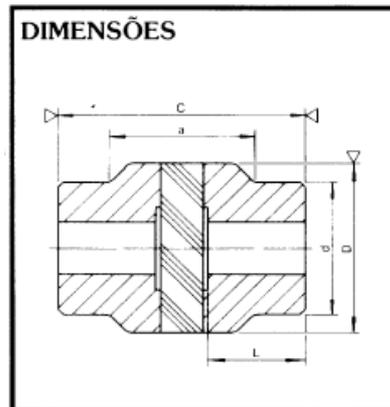
FATOR T _S	
Aplica-se para tempo de serviço.	
até 2h/dia	0,9
2 - 8h/dia	1,0
8 - 16h/dia	1,06
16 - 24h/dia	1,12

FATOR M	
Refere-se ao tipo de acionamento.	
Motor de combustão 1 a 3 cilindros	1,5
Motor de combustão 4 a 6 cilindros	1,2
Motor elétrico	1,0

FATOR R			
Refere-se à máquina acionada por motor elétrico ou turbina.			
Geradores de luz Ventiladores $N/n \leq 0,1$ Bombas centrífugas	1,2	Centrífugas Máquinas lavadeiras Bombas de pistão com volante Transportadores de corrente Moinhos em geral Tambores e moinhos rotativos Pontes rolantes Elevadores de prédio	1,8
Elevadores de canecas Exaustores e ventiladores $N/n \geq 0,1$ Máquinas ferramenta rotativas Turbo-compressores Transportadores de correia Hélices marítimas	1,4	Vibradores Estragem de arame Galgas Grupos de máquinas de papel Prensas e tesouras	2,2
Misturadoras Guinchos Máquinas para madeiras Monta-cargas Fornos e cilindros rotativos Betoneiras	1,6	Britadores Misturadores de borracha Bombas de pistão sem volante Marombas Laminadores para metais	3,0

UNIFLEX

- consiste em dois flanges simétricos de ferro fundido, com dentes usinados e cruzeta amortecedora de borracha nitrílica a prova de abrasão e resistente a óleos naturais.
- absorve vibrações e choques, trabalhando silenciosamente, sem dar origem a forças axiais prejudiciais aos mancais.
- apto para trabalho reversível, em posição horizontal e vertical.
- não requer manutenção nem lubrificação.
- baixo peso unitário, resultando assim em um momento de inércia (GD^2) reduzido.



FUROS ADMISSÍVEIS

Os acoplamentos são fornecidos normalmente sem furos. A pedido poderão ser executados com furos acabados conforme tolerância ISO H7. Para usinagem dos furos a centração deverá ser feita em relação ao diâmetro externo D.

Recomendamos o uso de canal de chaveta para transmissão do torque. Um parafuso sem cabeça para fixação axial somente como elemento auxiliar, quando a aplicação o requer.

Um alinhamento correto do acoplamento aumenta a vida do elemento elástico. Para rotações próximas de $n_{máx}$, recomendamos usinagem dos cubos do acoplamento.

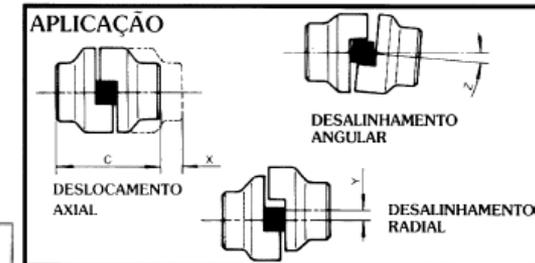


TABELA 1

Tamanho	Furo máx.	a	C	d	D	L	Massa (kg)
E - 10	20	32,4	65,4	36	48	24,5	0,5
E - 12	25	40	83	45	60	31,5	1,0
E - 16	32	52	104	56	75	40	2,1
E - 20	40	59	120	70	95	45	3,8
E - 20L	40	59	142	70	95	56	4,4
E - 25	50	74	148	85	116	55	7,0
E - 25L	50	74	180	85	116	71	8,3

TABELA 2

Tamanho	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	$n_{máx}$ (rpm)	$N \times R / n$	Mt (mkgf)	GD^2 (kgf.m ²)
E - 10	0,6	±0,2	1º máx.	3500	0,00088	0,63	0,0005
E - 12	0,8				0,00175	1,25	0,0015
E - 16	1				0,0035	2,50	0,0049
E - 20	1,25	±0,2	1º máx.	3000	0,007	5,0	0,0130
E - 20L					0,0152		
E - 25	1,6	±0,2	1º máx.	2000	0,014	10,0	0,0370
E - 25L					0,0422		

Nota: dimensões dadas em mm

FATOR R

refere-se à máquina acionada por motor elétrico.

Geradores de luz Ventiladores $N/n \leq 0,1$ Bombas centrífugas	1,2	Misturadores Guinchos Máquinas para madeiras	1,6	Centrifugas Máquinas lavadeiras Bombas de pistão com volante. Transportadores de corrente	1,8
Elevadores de canecas Exaustores e ventiladores $N/n \geq 0,1$ Máquinas ferramenta rotativas Transportadores de correia	1,4	Monta-cargas Fornos e cilindros rotativos Betoneiras			

EXEMPLO DE SELEÇÃO

Determinar um acoplamento Teteflex entre um redutor e um moinho rotativo, cujo motor elétrico é de 12 cv, potência efetiva $N = 10$ cv e velocidade $n = 150$ rpm, trabalhando 8h/dia.

$$\begin{array}{l} \text{Fatores: } R = 1,8 \quad T_S = 1,0 \quad M = 1,0 \\ \text{Fator } F = R \times T_S \times M = 1,8 \times 1,0 \times 1,0 \end{array} \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{N \times F}{n} = \frac{10 \times 1,8}{150} = 0,12 \end{array} \right.$$

Tamanho escolhido: Acoplamento Teteflex tamanho D-7

EXEMPLO DE SELEÇÃO

Determinar um acoplamento Uniflex entre um motor elétrico de 10 cv e uma bomba centrífuga que requer $N = 8,6$ cv à rotação de 1720 rpm.

- 1) Determine o fator $R = 1,2$
- 2) Determine $\frac{N}{n} = \frac{8,6}{1720} = 0,005$
- 3) Determine $\frac{N \times R}{n} = \frac{0,005 \times 1,2}{1} = 0,006$
- 4) Pela tabela 2, o tamanho será E – 20
- 5) Verifique o furo máximo admissível em relação aos eixos, do motor e da bomba (tab. 1).