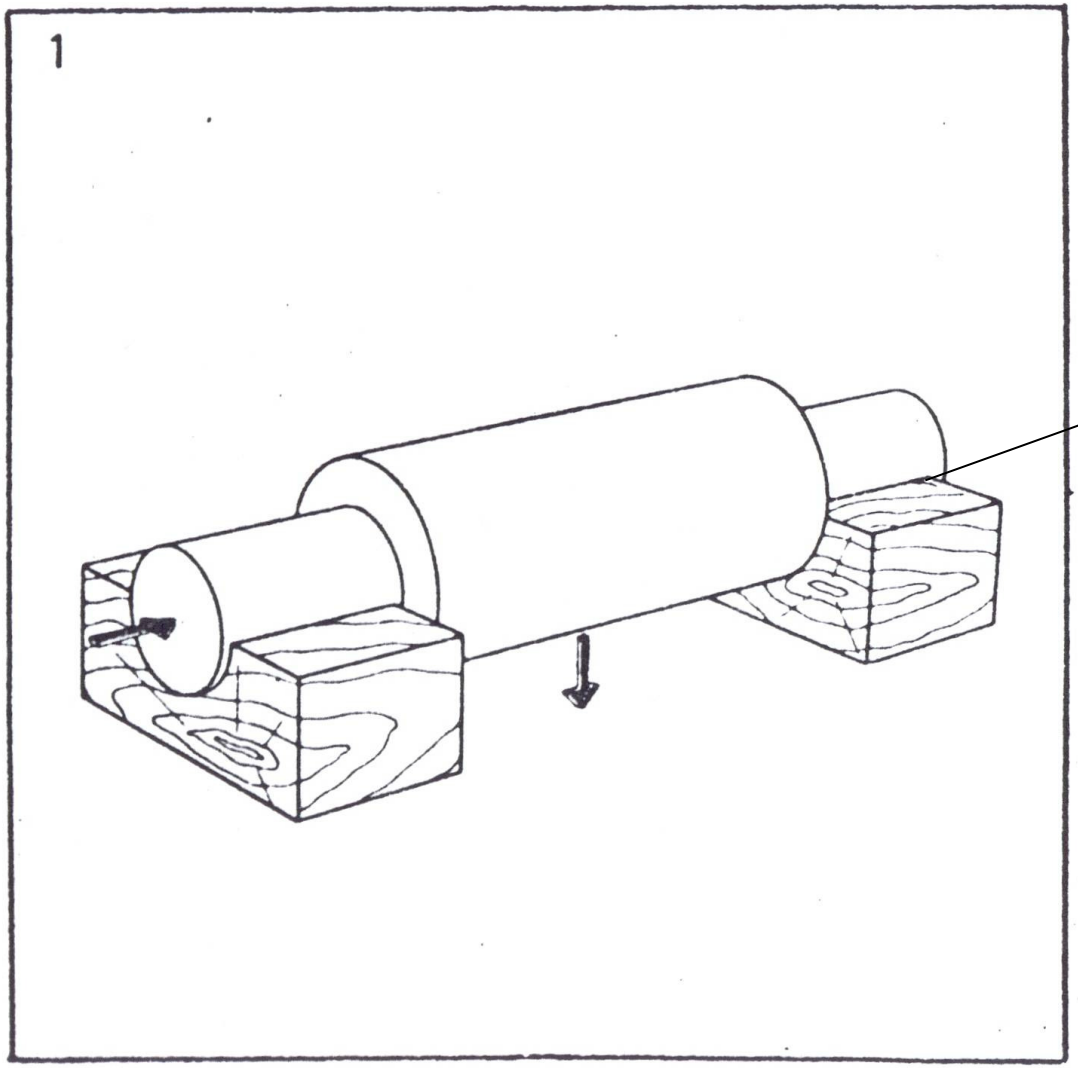
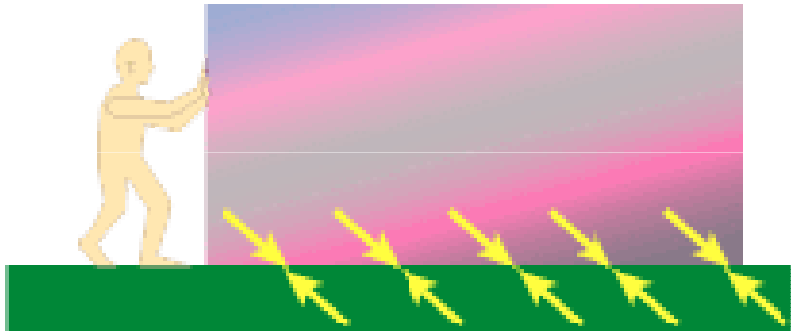
Mancais de Rolamento

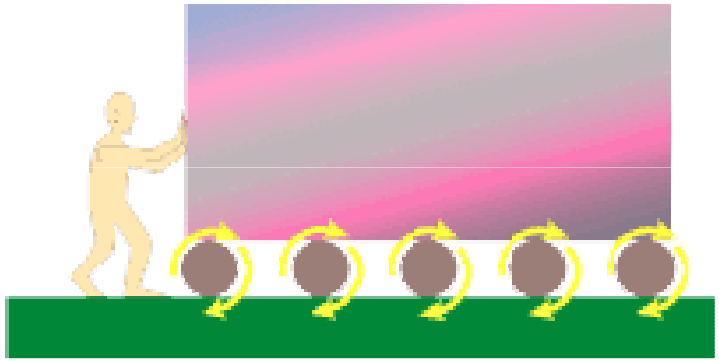


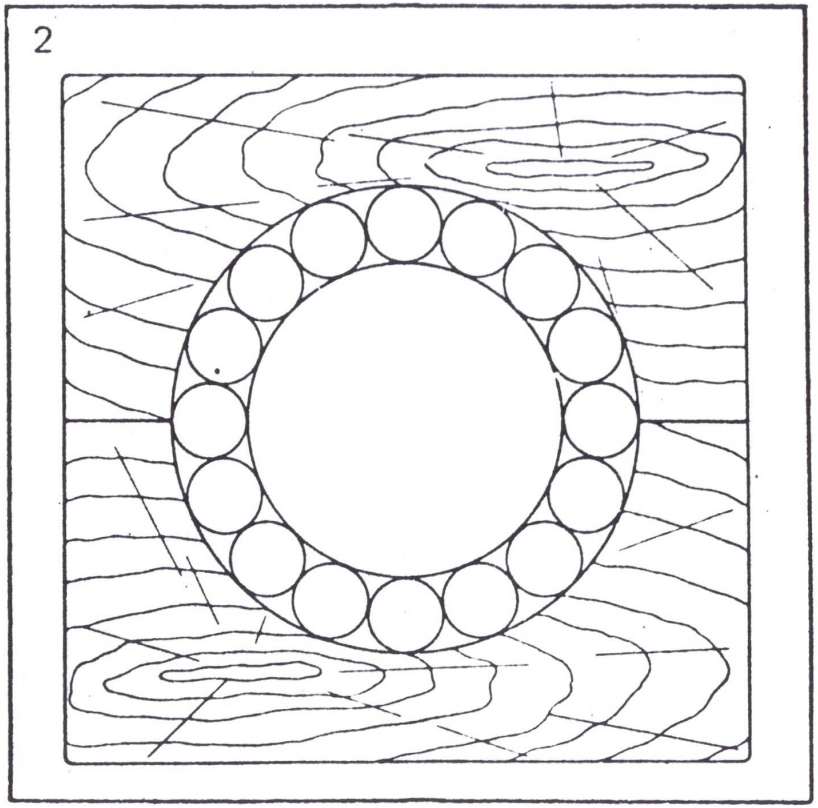
Problema: Como reduzir o atrito de rotação do eixo?

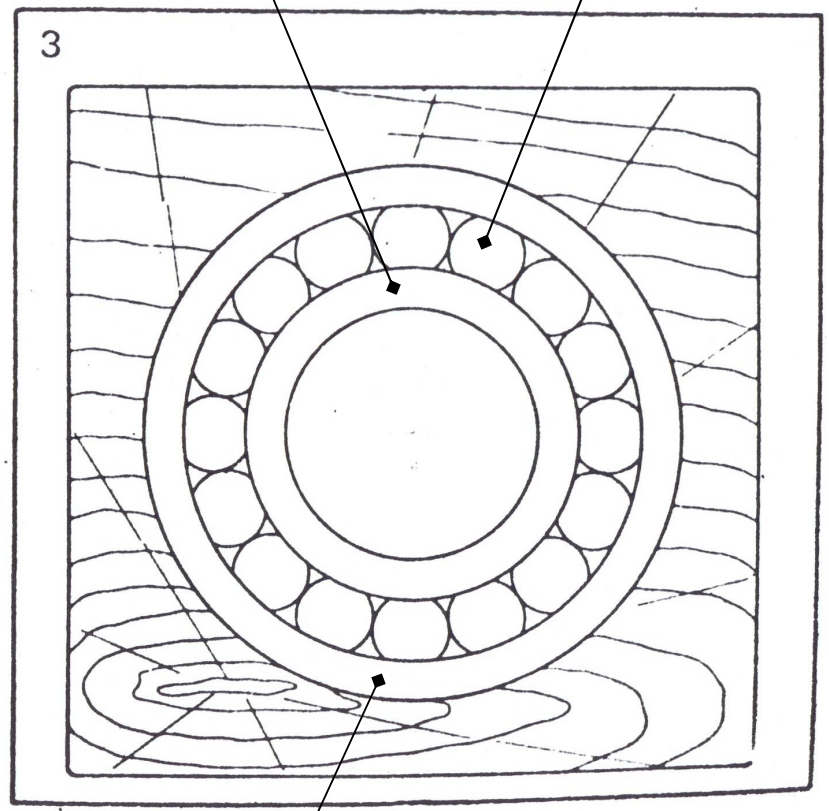
Atrito de Deslizamento



Atrito de Rolamento





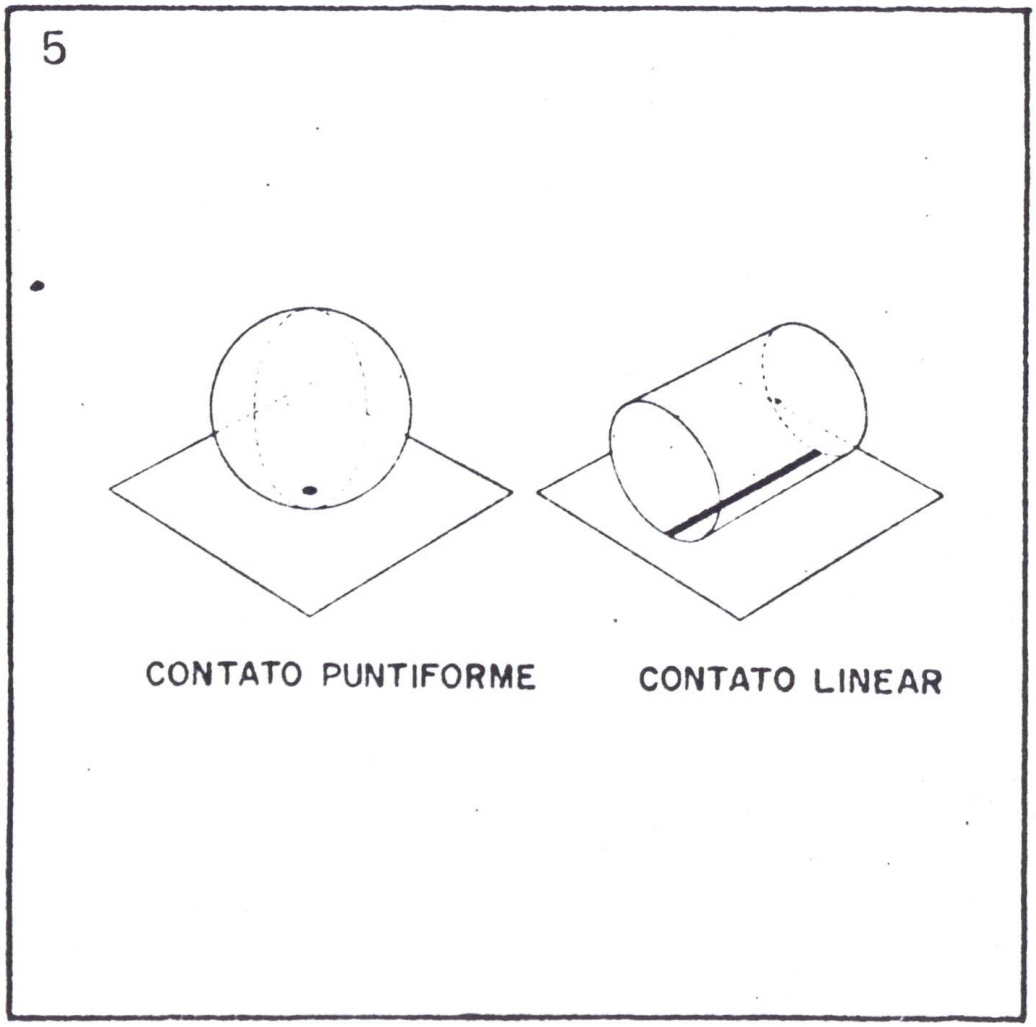


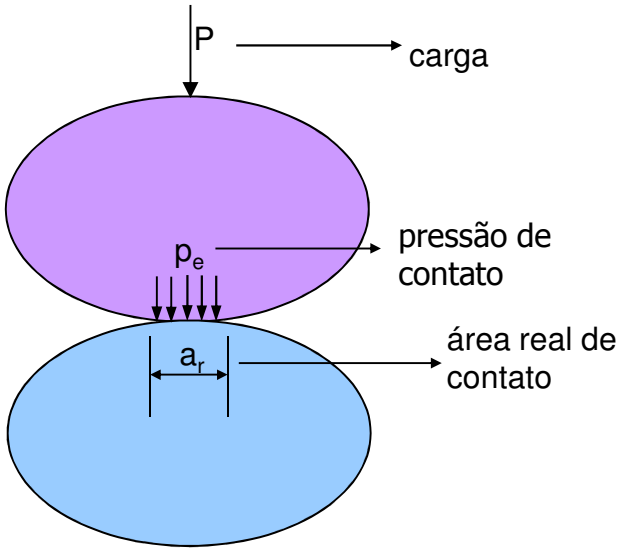
Pista Interna

Elemento Girante

Pista Externa

Mancal de Rolamento

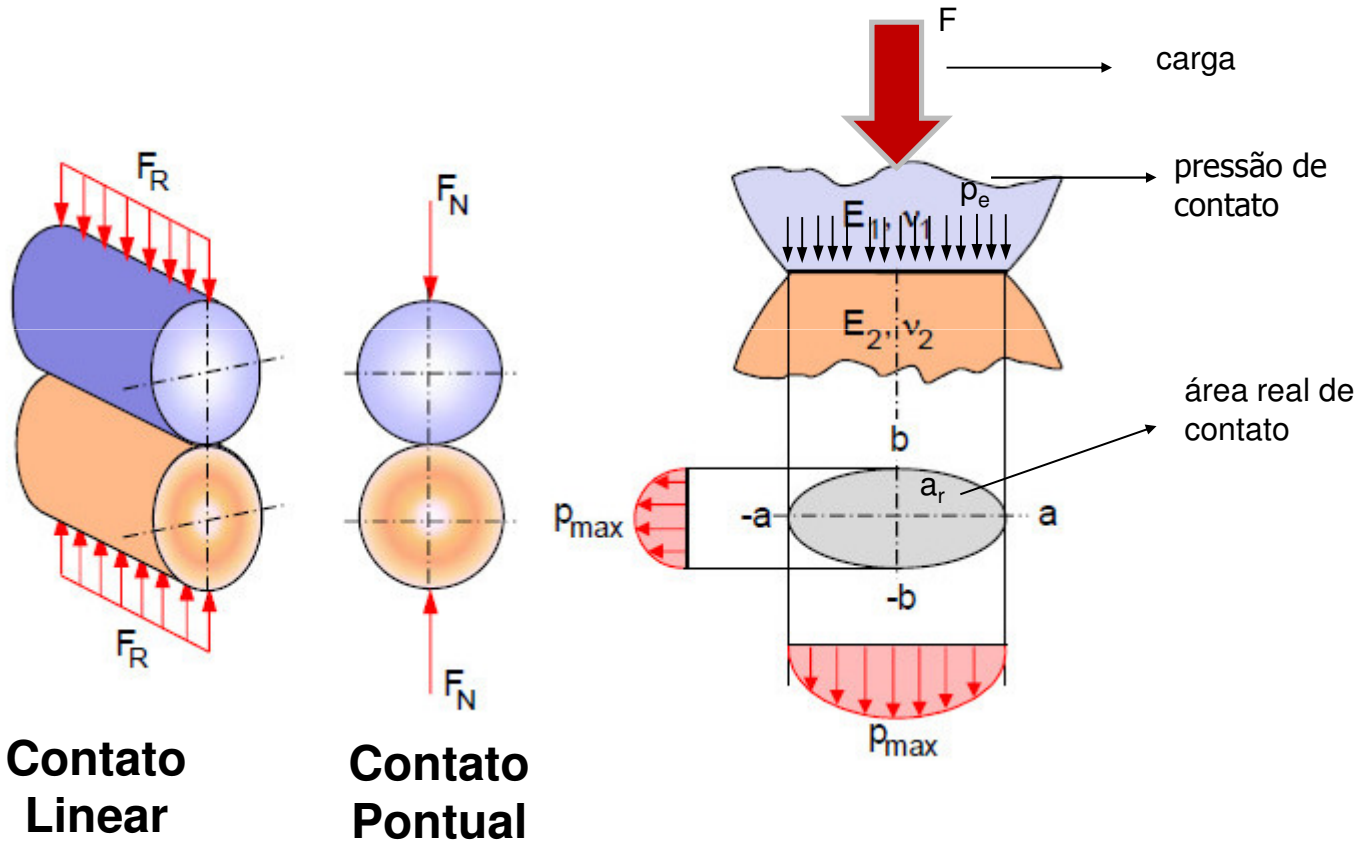




Teoria de Hertz

Contato nos elementos rolantes

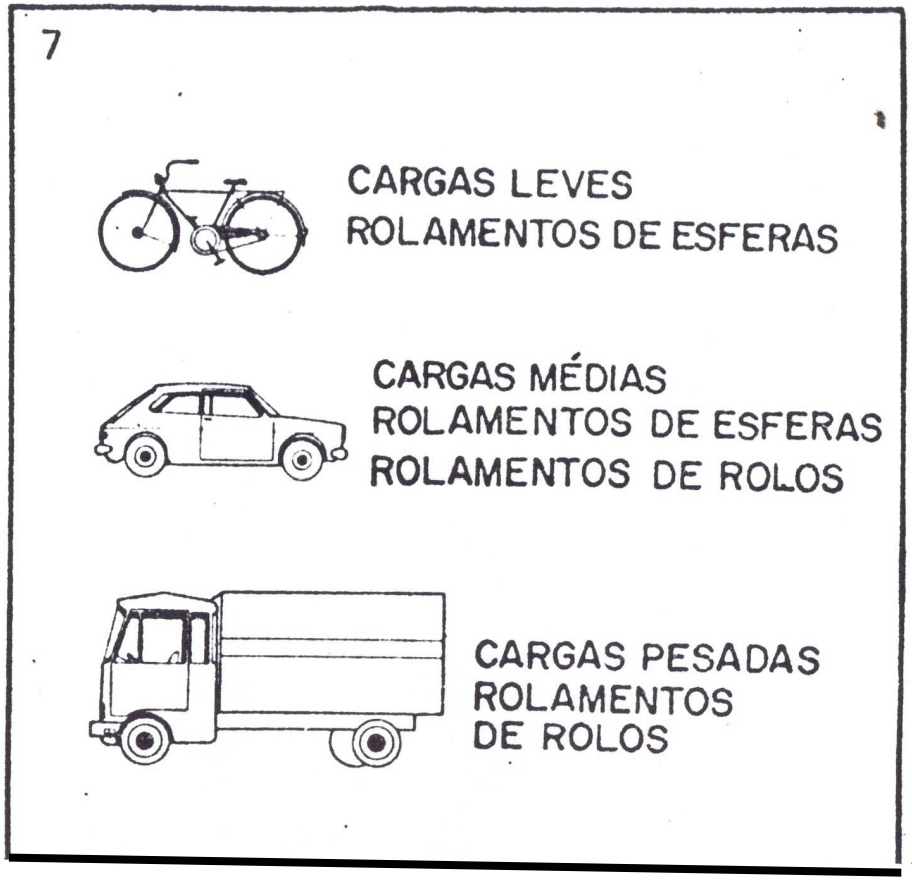
Teoria de Hertz



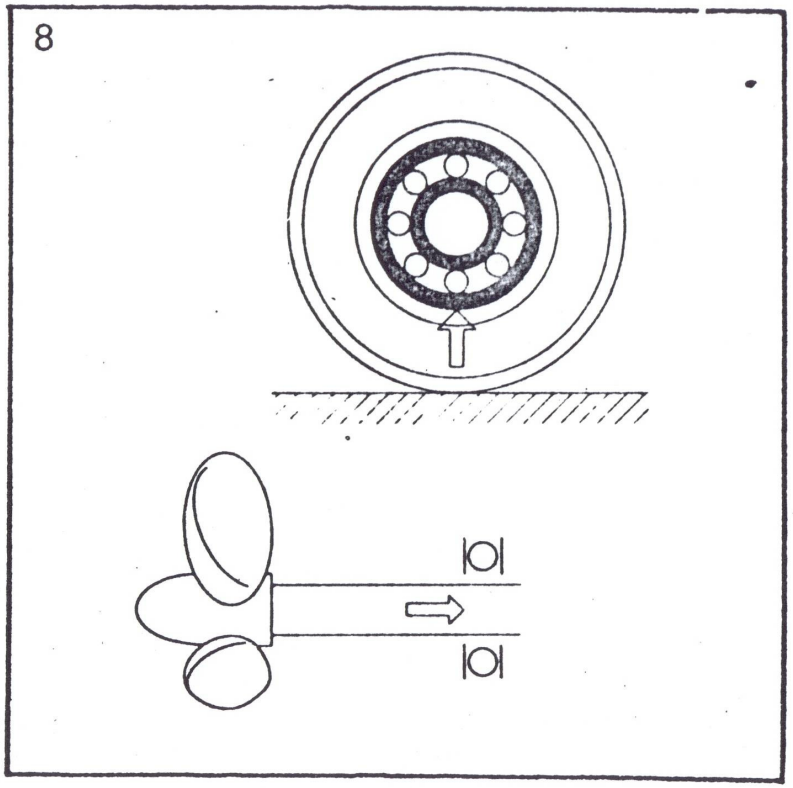
Contato Linear

Contato Pontual

Seleção de mancais de Rolamento

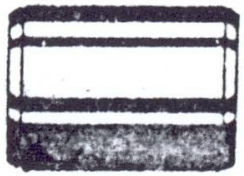
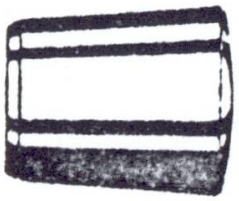
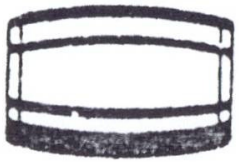


Magnitude da Carga



Sentido da Carga

6

ROLO	ROLAMENTO
CILÍNDRICO	 DE ROLOS CILÍNDRICOS
CÔNICO	 DE ROLOS CÔNICOS
ESFÉRICO	 AUTOCOMPENSADOR DE ROLOS

Grande variedade de tipos de mancais de rolamento

Mancais de Rolamento

(mancais de elementos rolantes)

- Classificação quanto ao carregamento resistido

Radiais

Radiais/Axiais

Axiais

ROLAMENTOS RADIAIS

RÍGIDOS DE ESFERAS

DE ESFERAS DE CONTATO ANGULAR

AUTOCOMPENSADORES DE ESFERAS

DE ROLOS CILÍNDRICOS

DE AGULHAS

AUTOCOMPENSADORES DE ROLOS

DE ROLOS CÔNICOS

ROLAMENTOS AXIAIS

AXIAIS DE ESFERAS

AXIAIS DE ESFERAS DE CONTATO ANGULAR

AXIAIS AUTOCOMPENSADORES DE ROLOS

Características dos Mancais de Rolamento

NSK NSK

1 TIPOS E CARACTERÍSTICAS DOS ROLAMENTOS

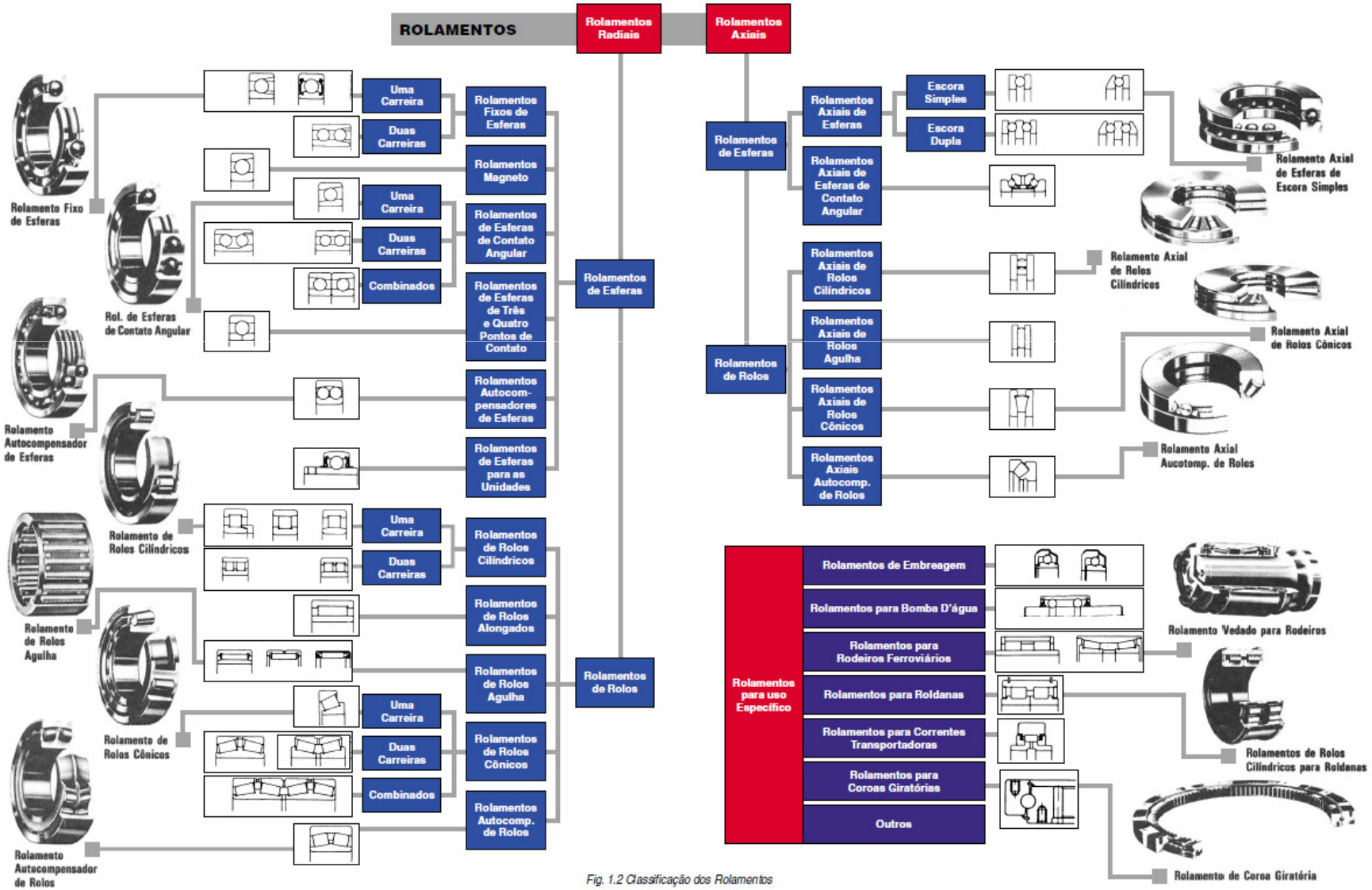
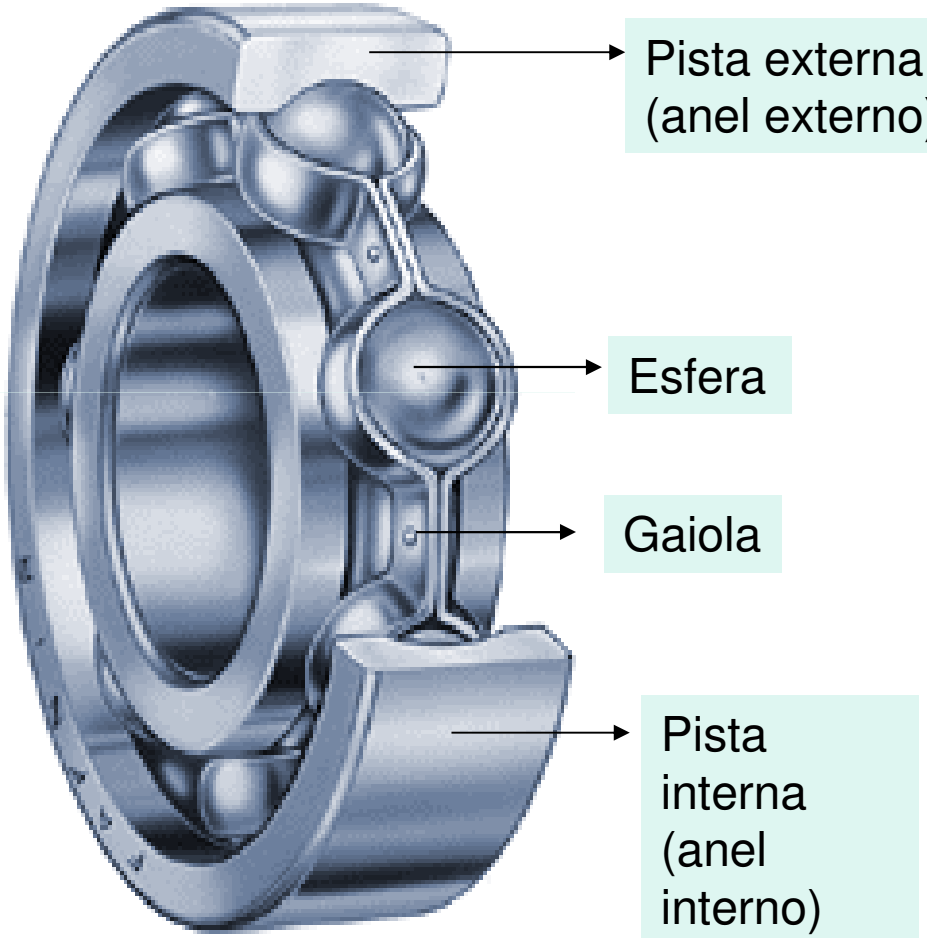
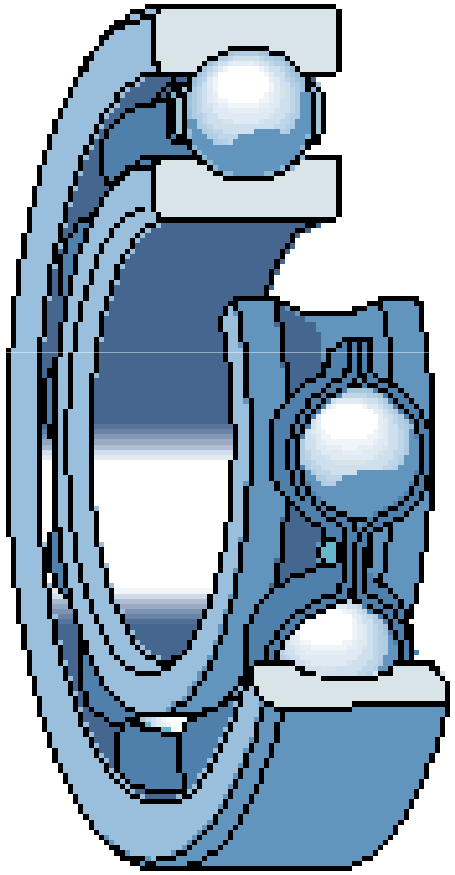


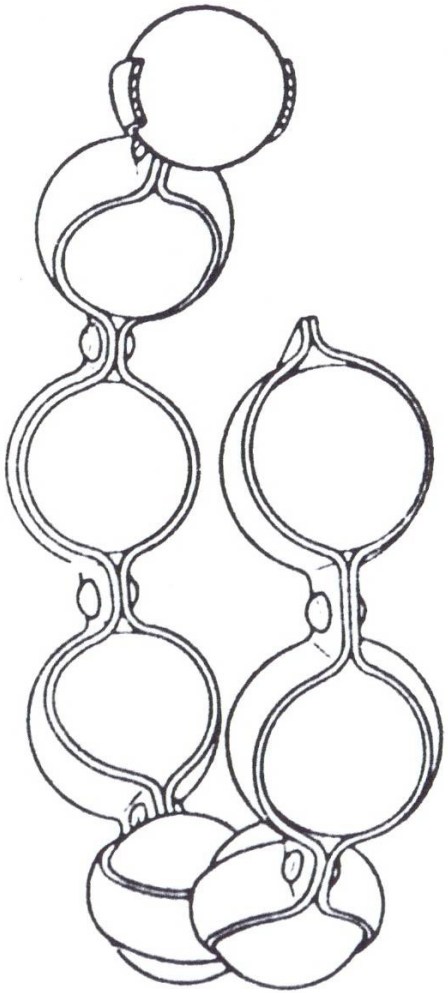
Fig. 1.2 Classificação dos Rolamentos

Mancal de Rolamento Rígido de uma Carreira de Esferas

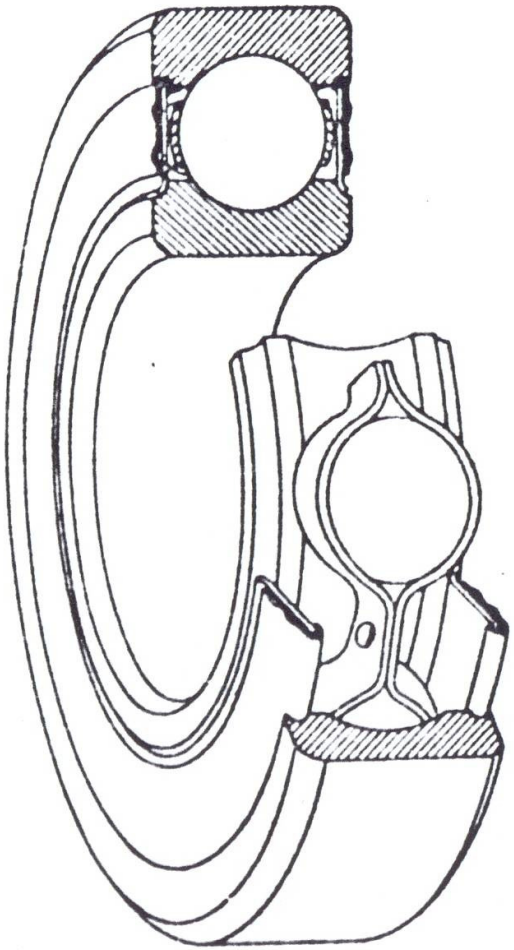




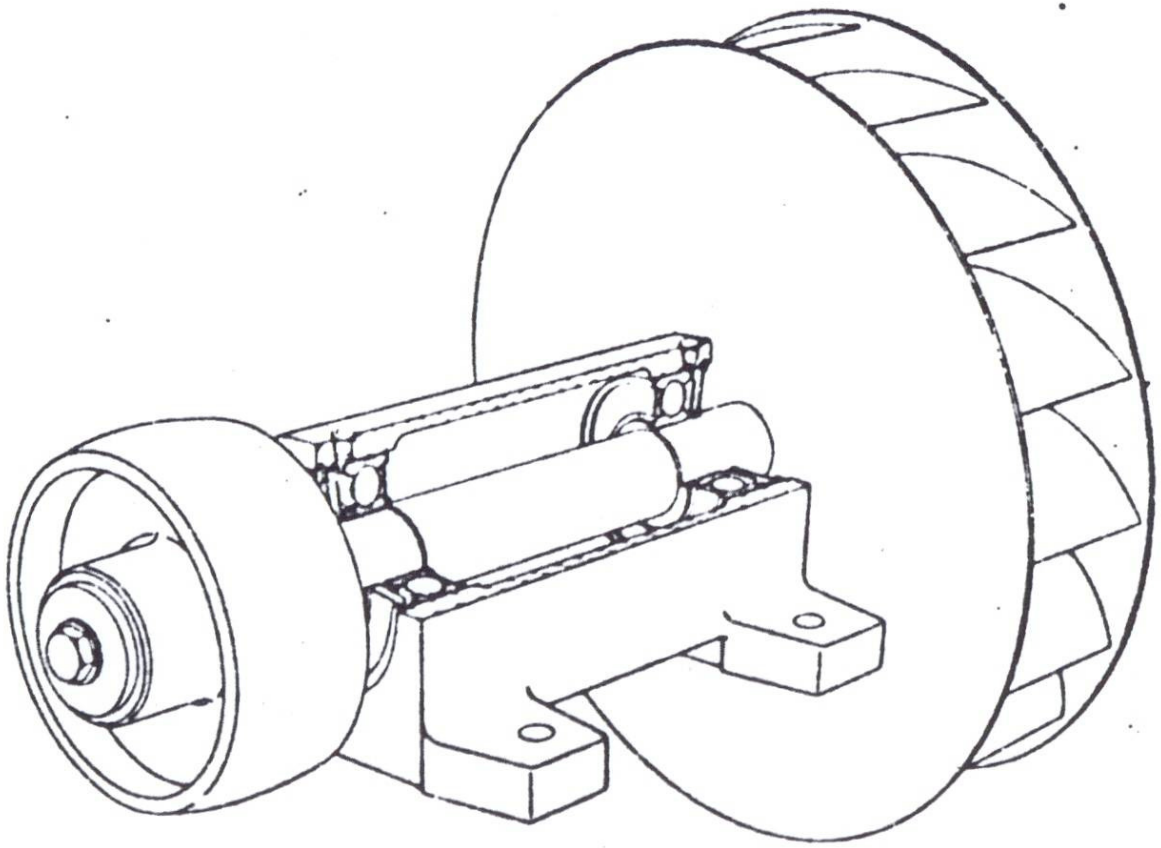
51



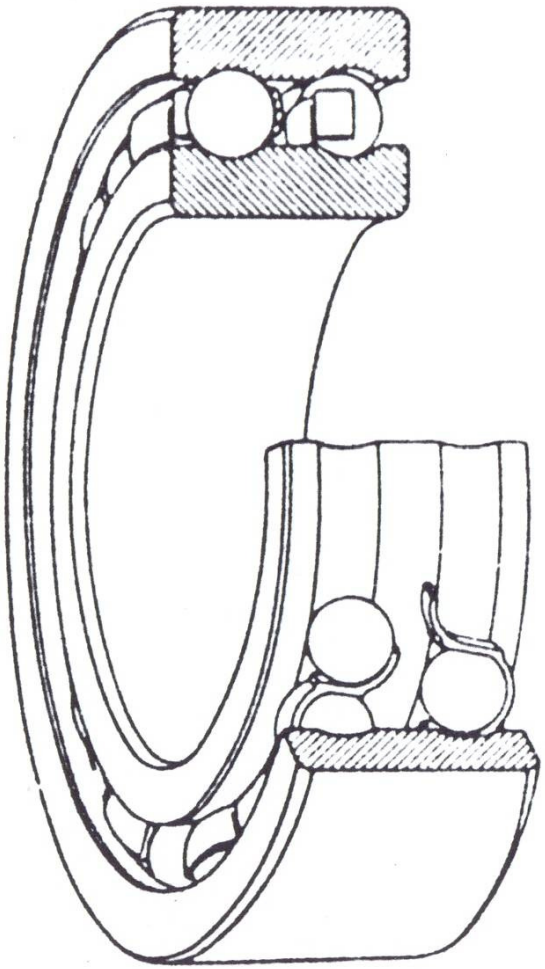
11



16

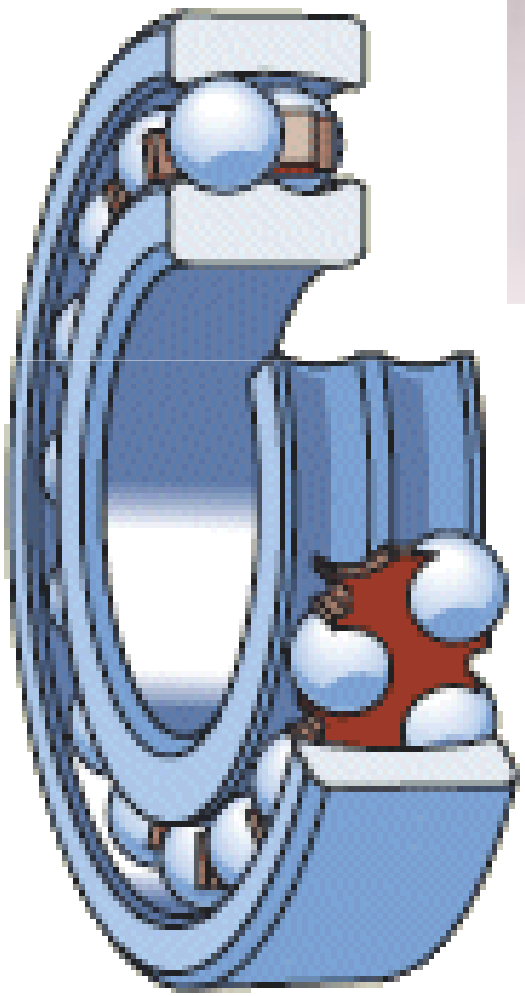


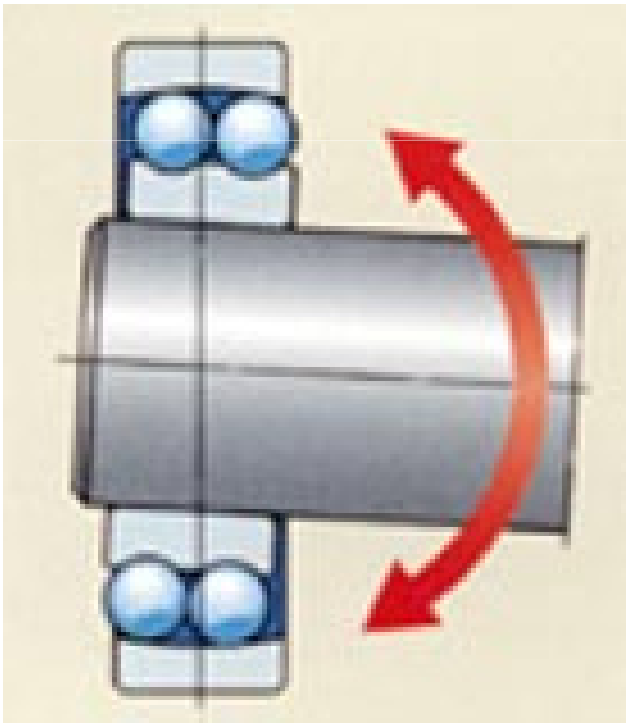
19



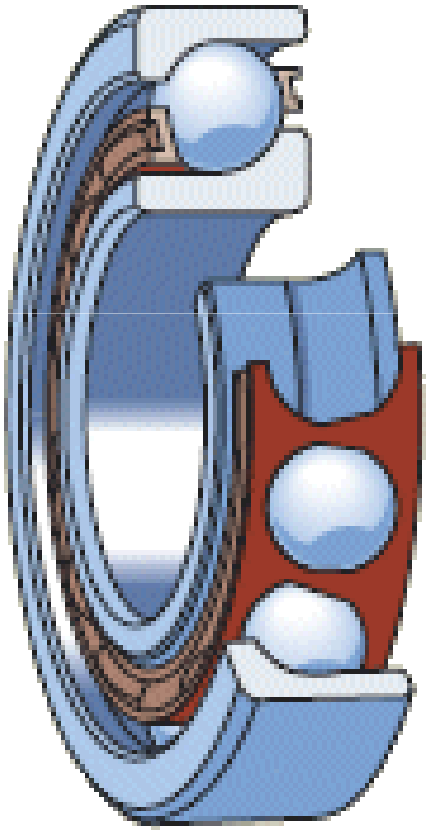
Rolamento Rígido de Duas Carreiras de Esferas

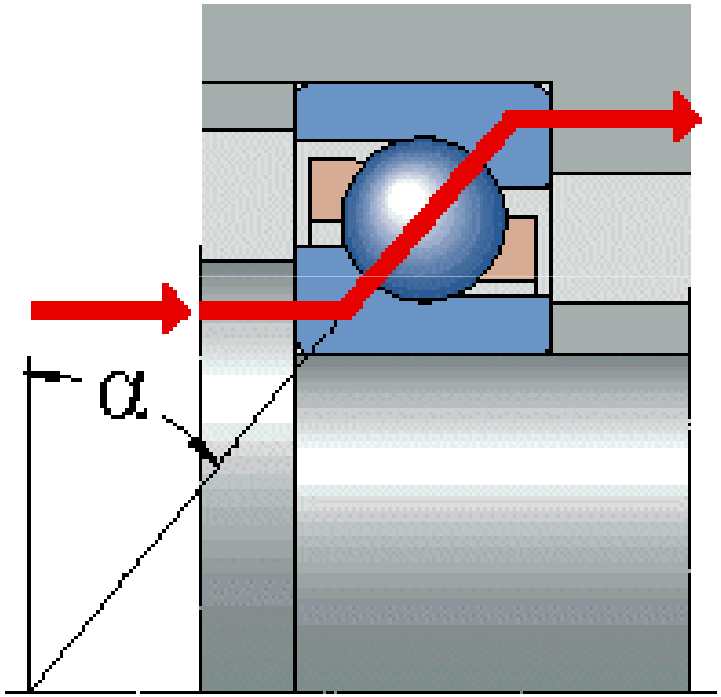
Rolamento Autocompensador de Esferas



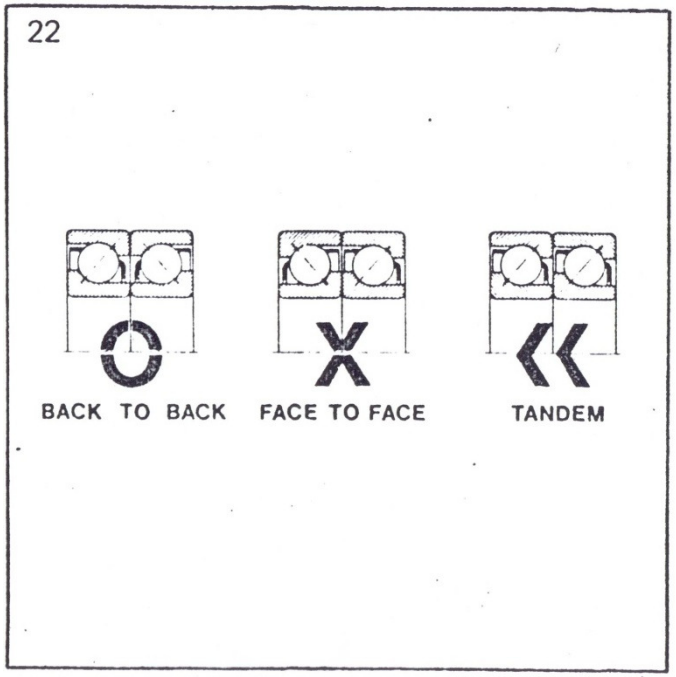


Rolamento de Contato Angular de uma Carreira de Esferas

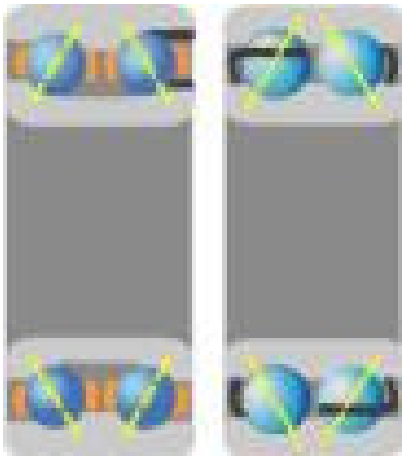




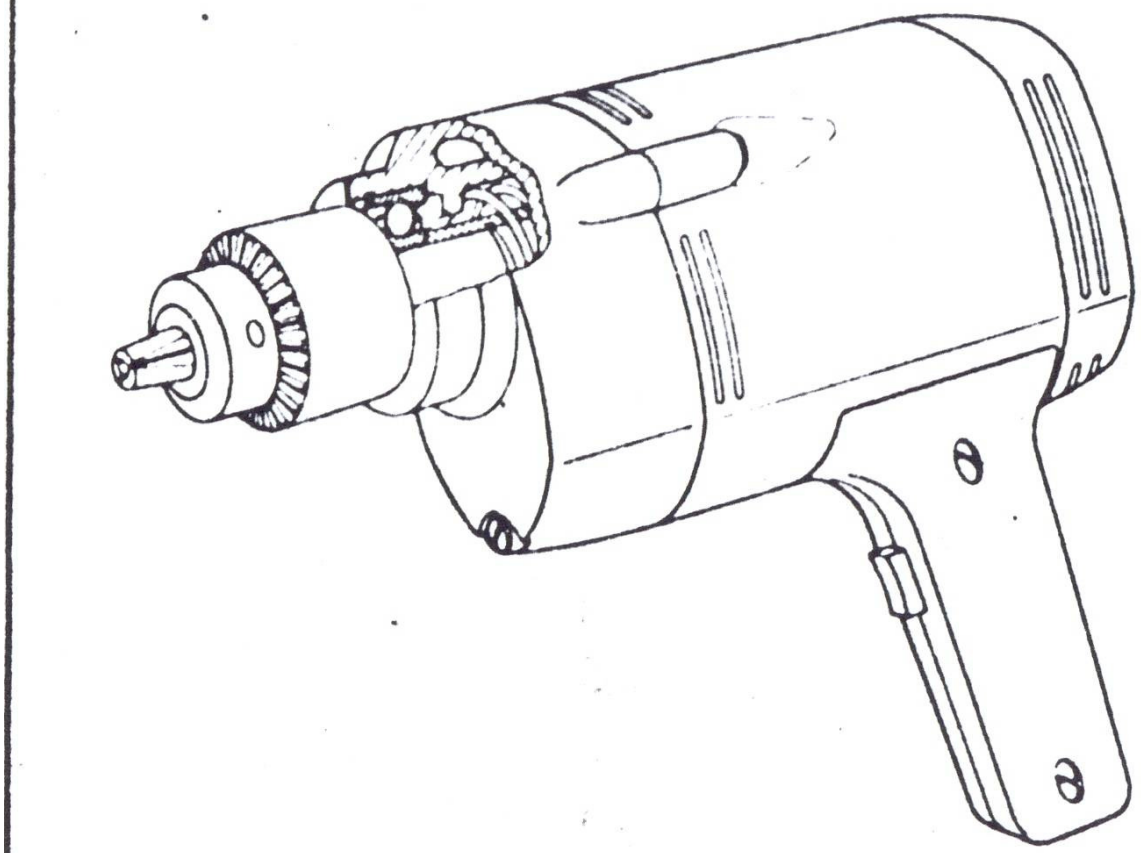
Tipo de Montagem



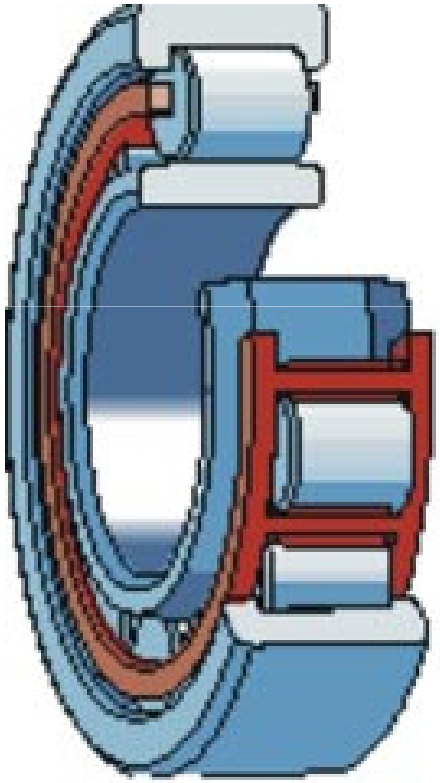
Rolamento de Contato Angular de Duas Carreiras de Esferas

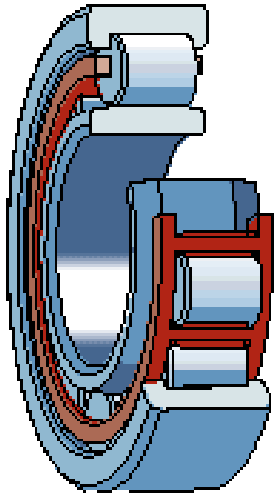


21

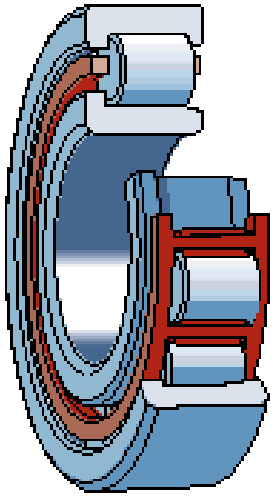


Rolamento de Rolos Cilíndricos

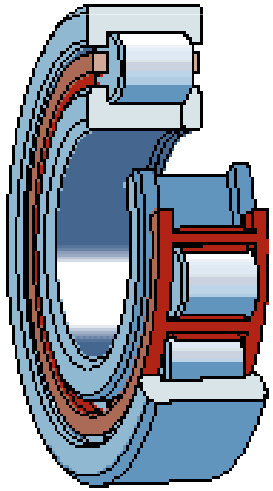




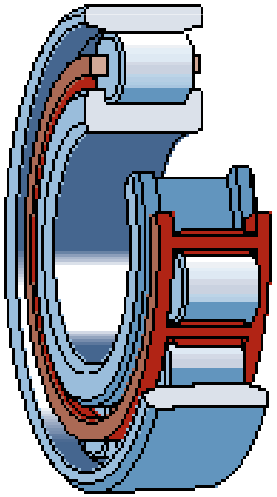
NU



NJ

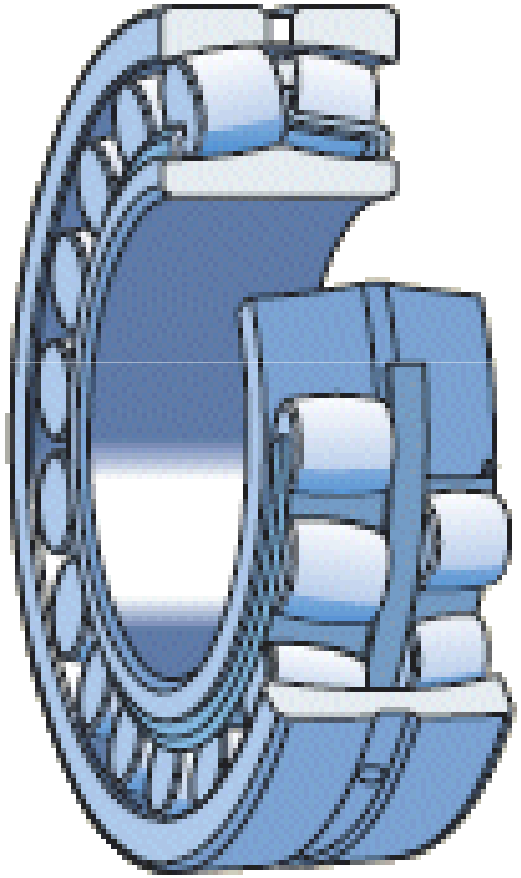


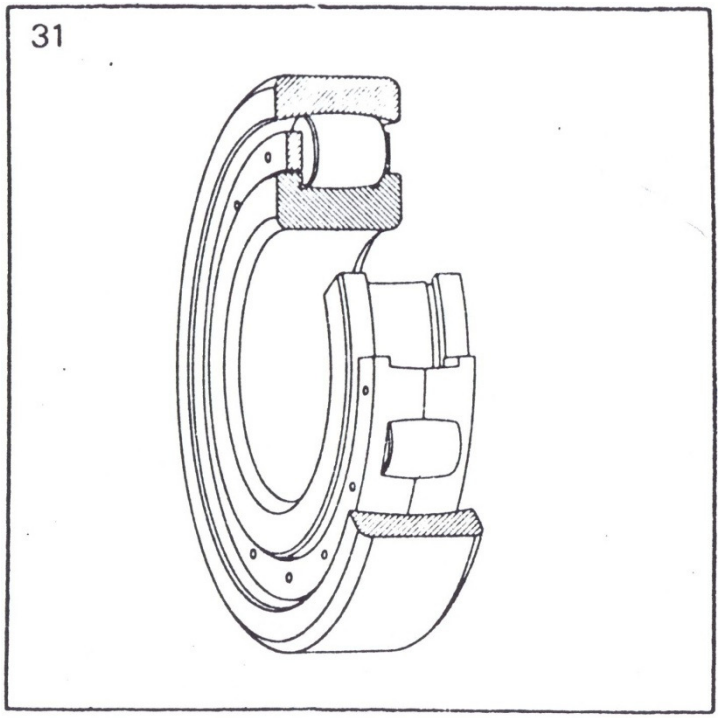
NUP



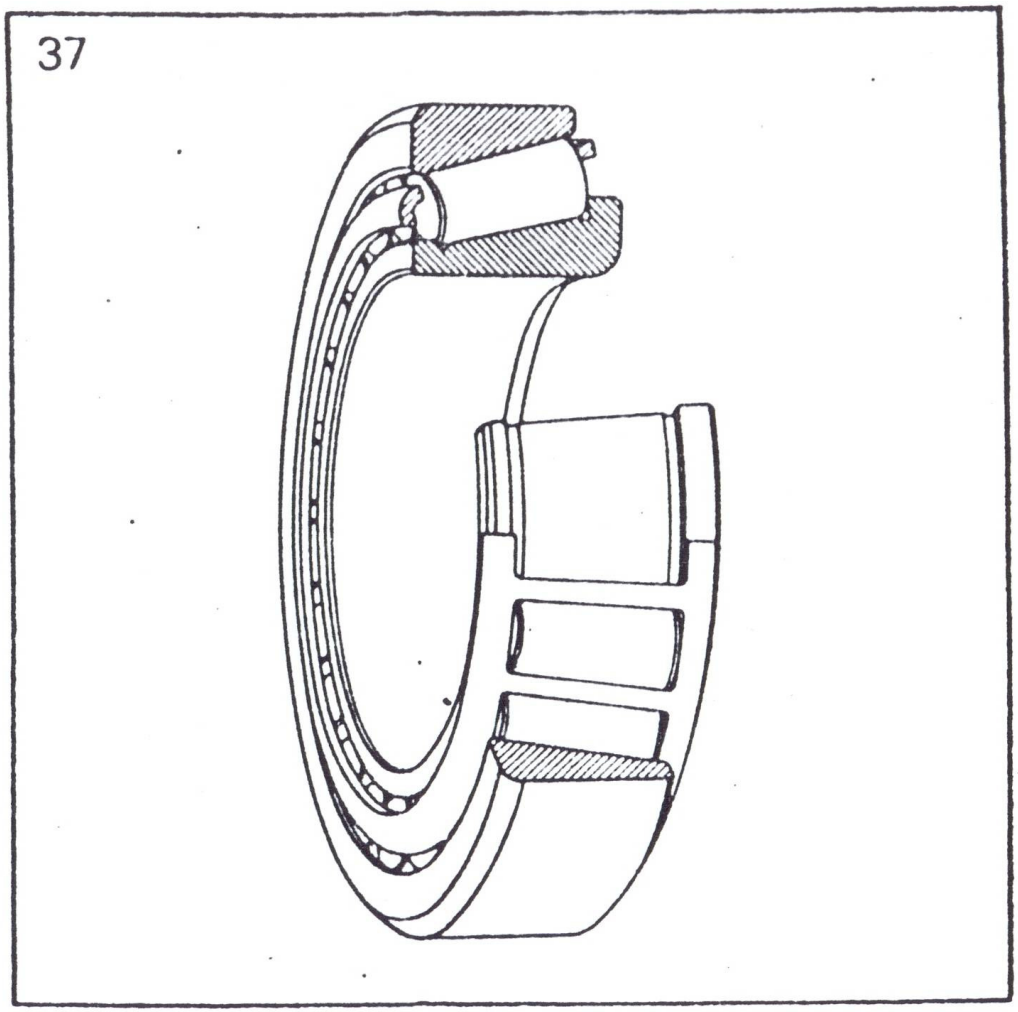
N

Rolamento Autocompensador de Rolos

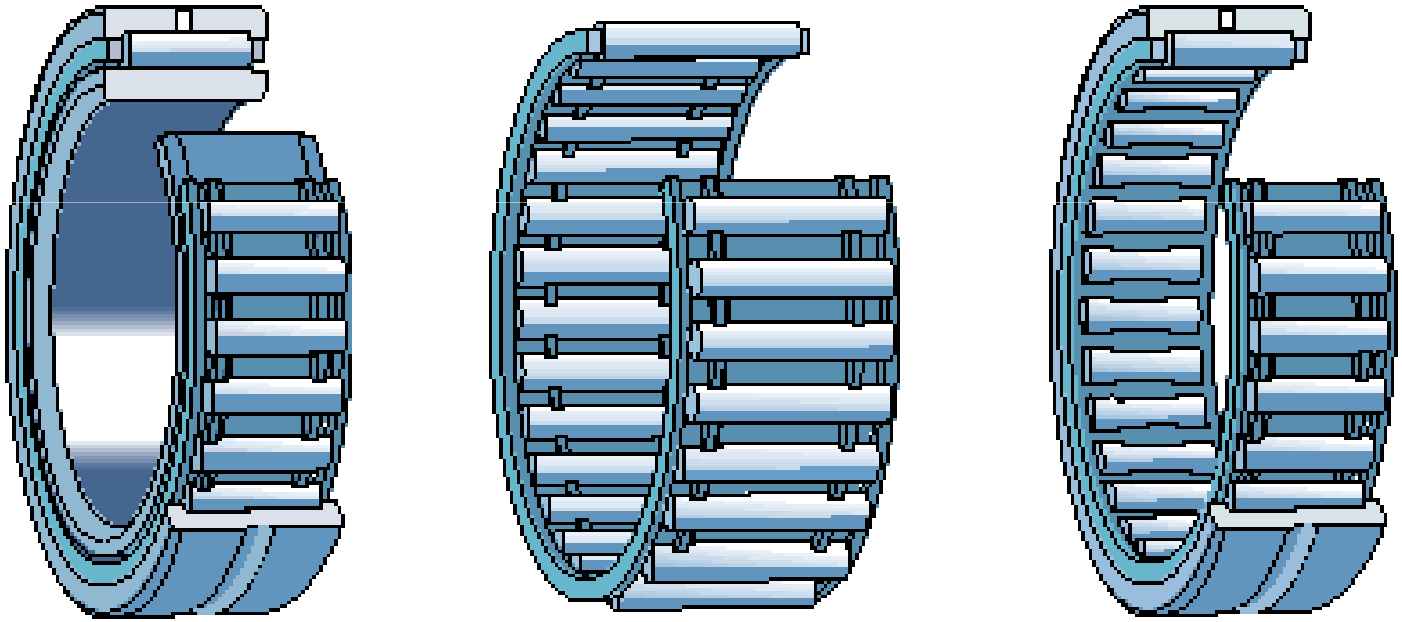




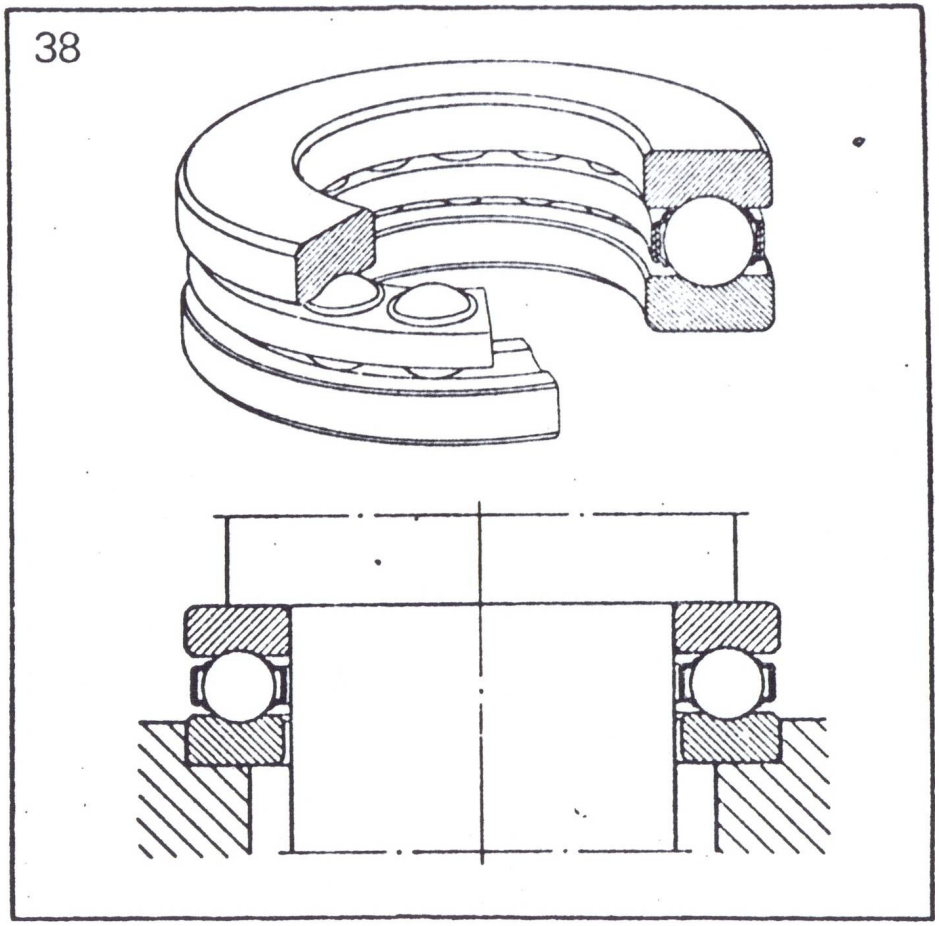
Rolamento de Rolos Cônicos



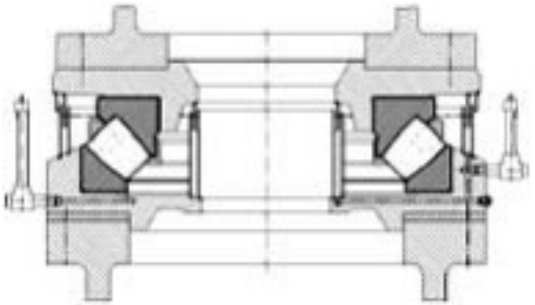
Rolamento de Agulhas

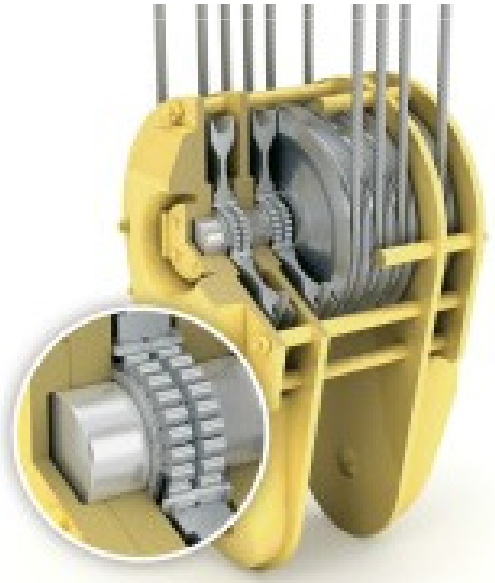


Rolamento Axial de Esferas



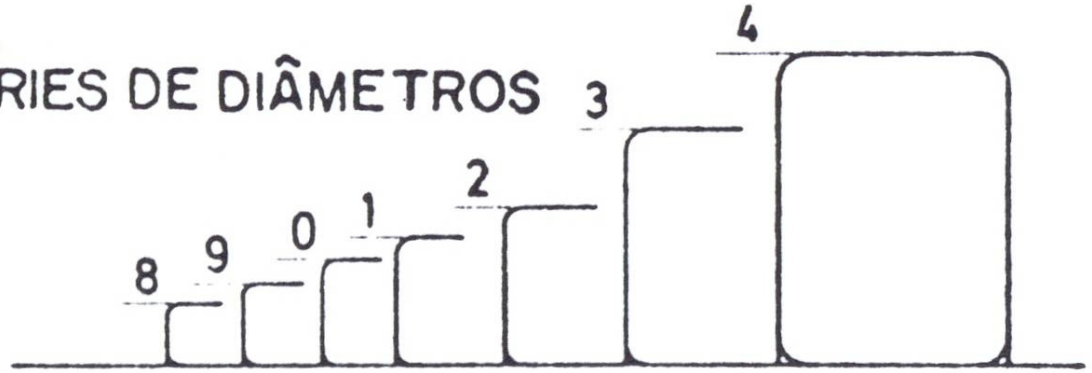
© Tiago Neves

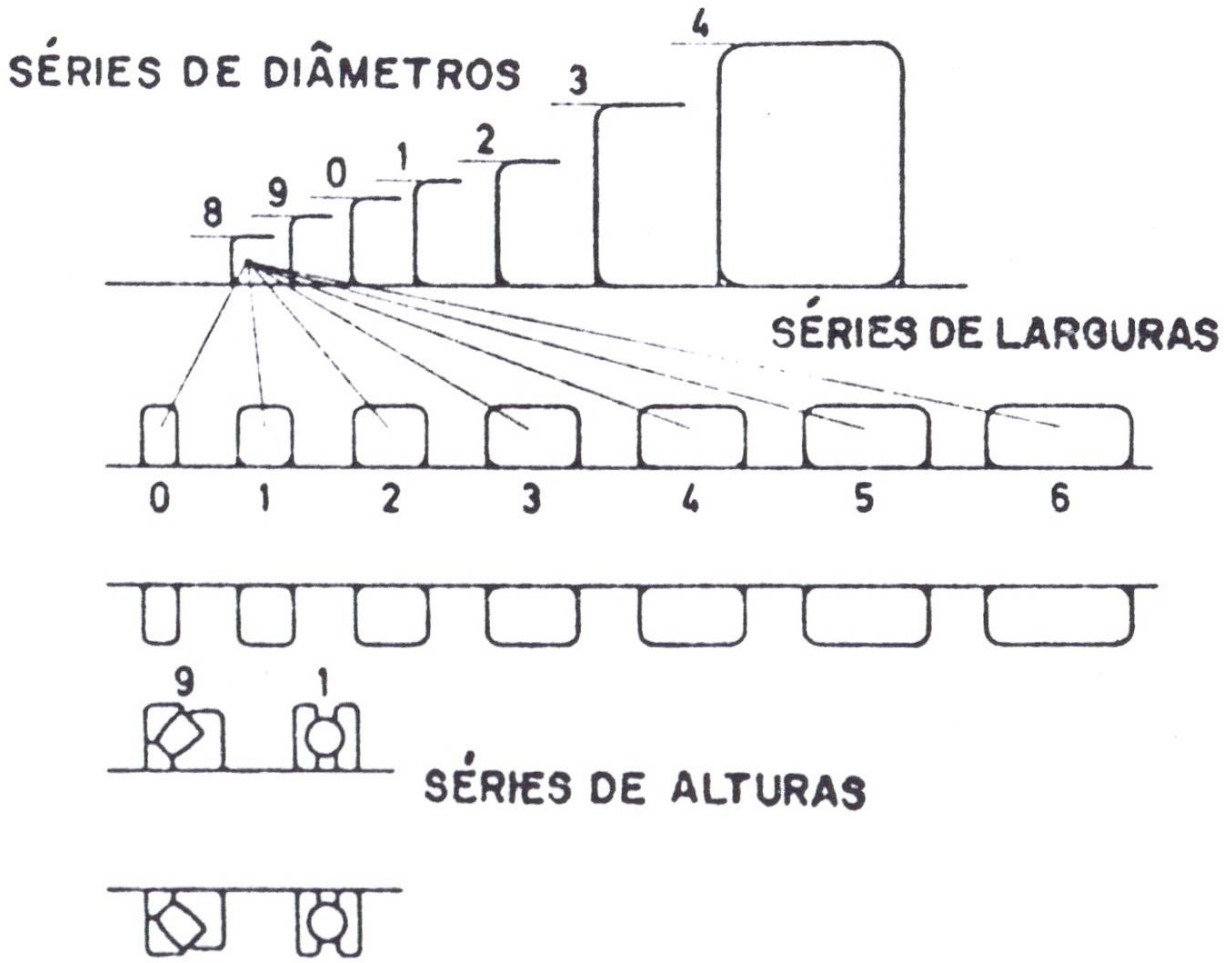


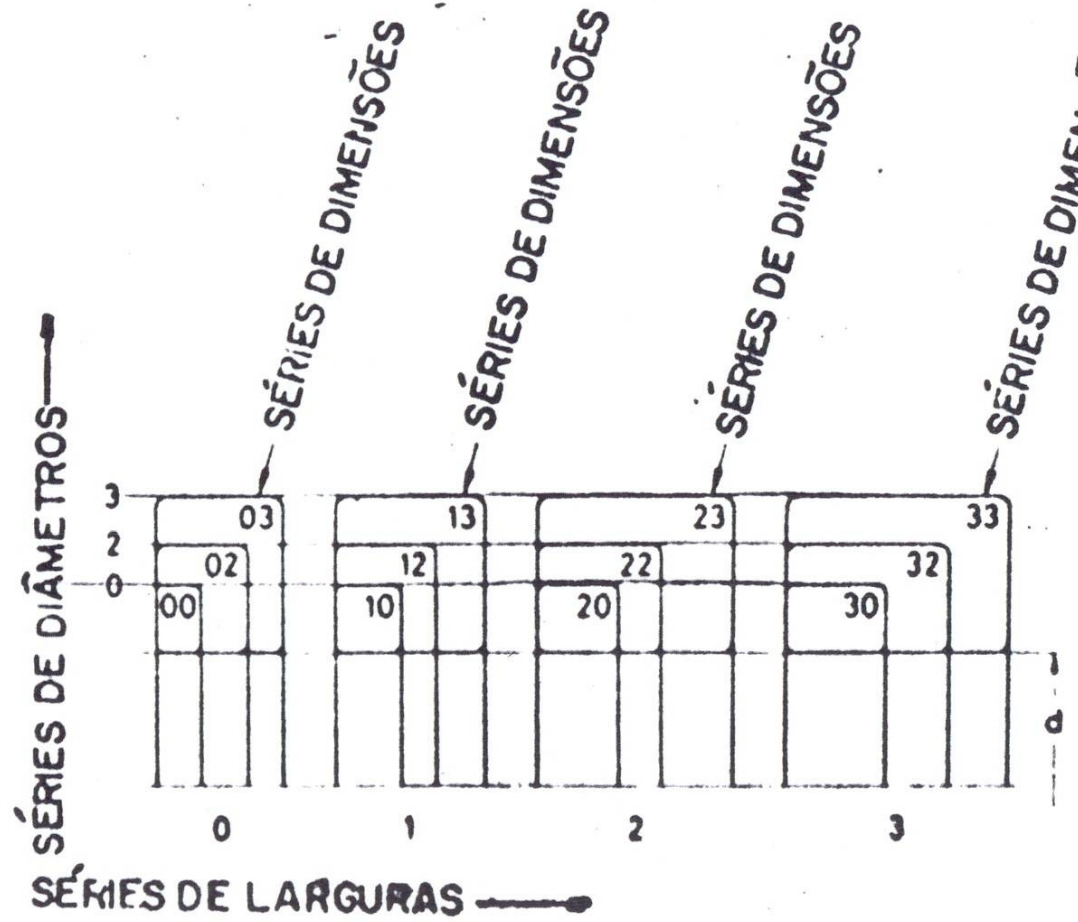


Como especificar os rolamentos?

SÉRIES DE DIÂMETROS




SÉRIES DE DIÂMETROS
8
9
0
1
2
3
4
SÉRIES DE LARGURAS
0
1
2
3
4
5
6
9
1
SÉRIES DE ALTURAS

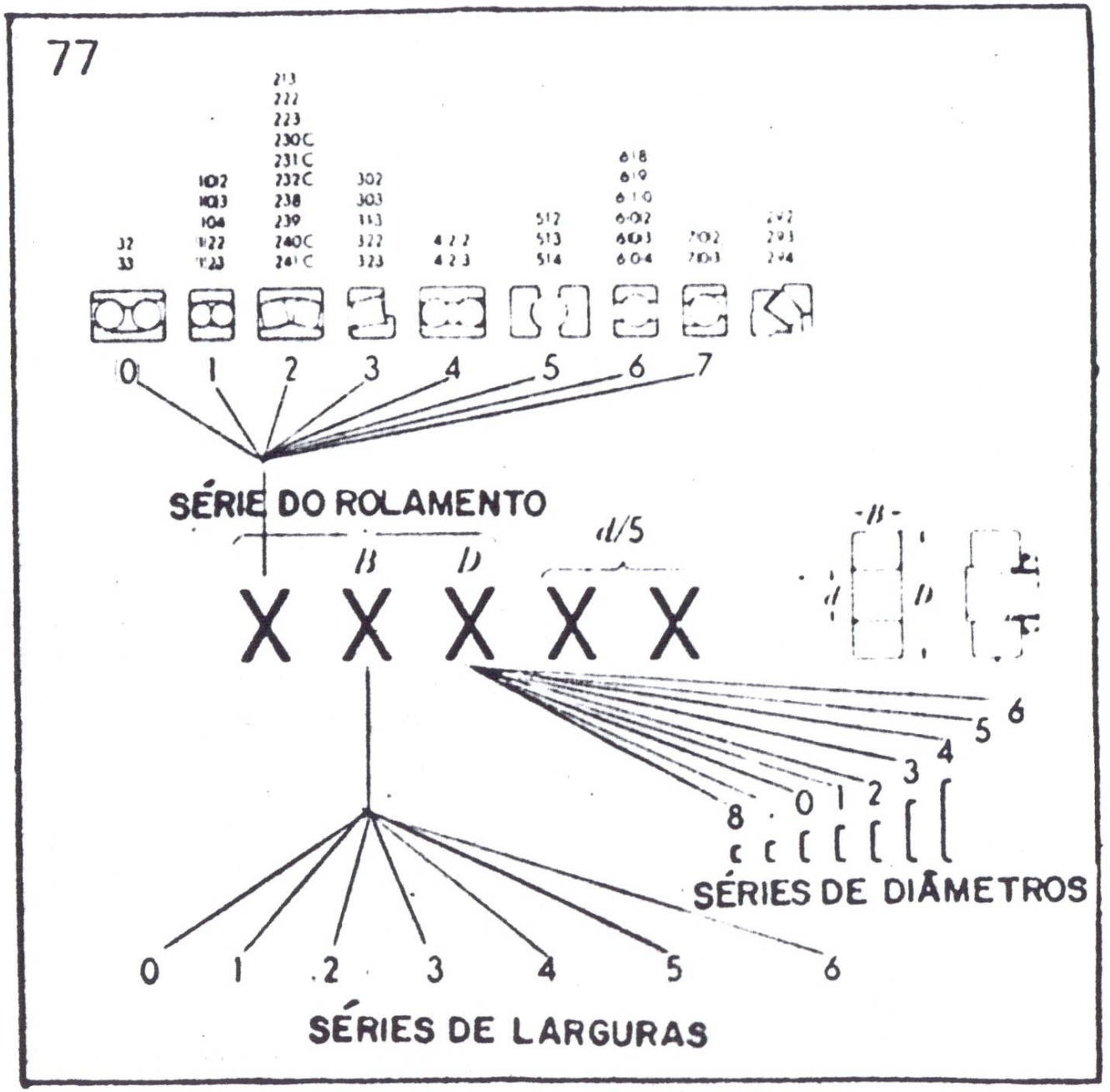

SÉRIES DE DIMENSÕES
SÉRIES DE DIMENSÕES
SÉRIES DE DIMENSÕES
SÉRIES DE DIMENSÕES
SÉRIES DE DIÂMETROS
SÉRIES DE LARGURAS
3
2
0
1
0
1
2
3
03
02
00
13
12
10
23
22
20
33
32
30

Diam. furo	Série de diâmetros 1	Série de dimensões			
		11	21	31	41
d	D	B			
mm	mm				
160	270	51	66	86	109
170	280	51	66	88	109
180	300	56	72	96	118
190	320	60	78	104	128
200	340	65	82	112	140
220	370	69	88	120	150
240	400	74	95	128	160
260	440	82	106	144	180
280	460	82	106	146	180
300	500	90	118	160	200

DESIGNAÇÃO DE ROLAMENTO

5 ALGARISMOS (DÍGITOS)

X X X X X


213
222
223
230C
231C
1002
1003
1004
232C
238
239
302
303
113
618
619
610
512
513
514
6002
6003
6004
7202
7203
292
293
294
32
33
1022
1023
240C
241C
322
323
422
423
0 1 2 3 4 5 6 7
SÉRIE DO ROLAMENTO
d/5
B D
X X X X X
8 0 1 2 3 4 5 6
SÉRIES DE DIÂMETROS
0 1 2 3 4 5 6
SÉRIES DE LARGURAS

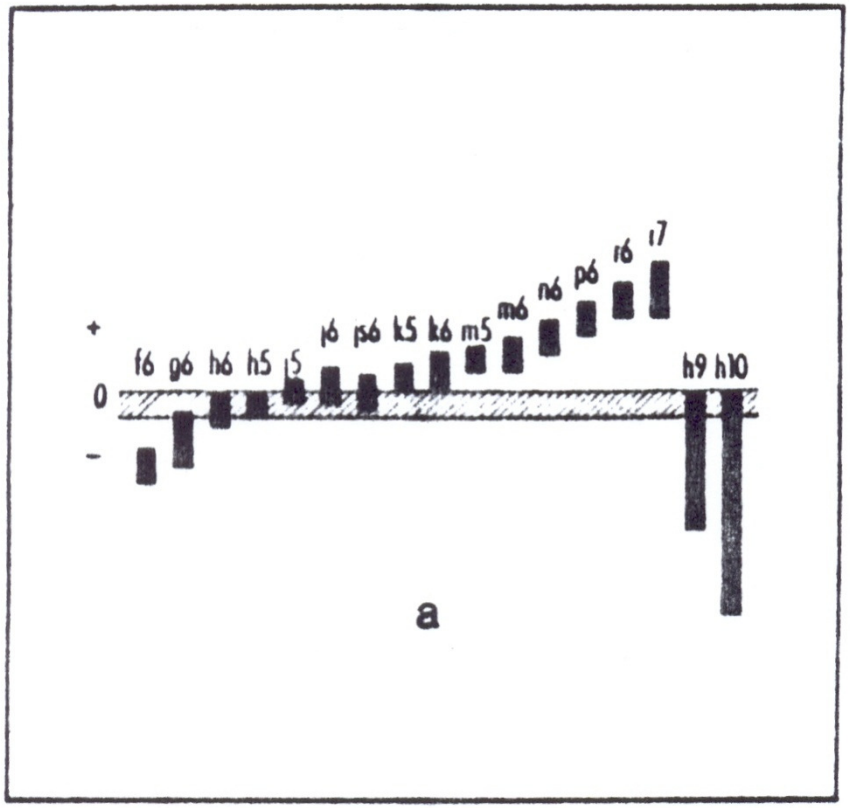
22214

$d = 14 \cdot 5 = 70\,mm$

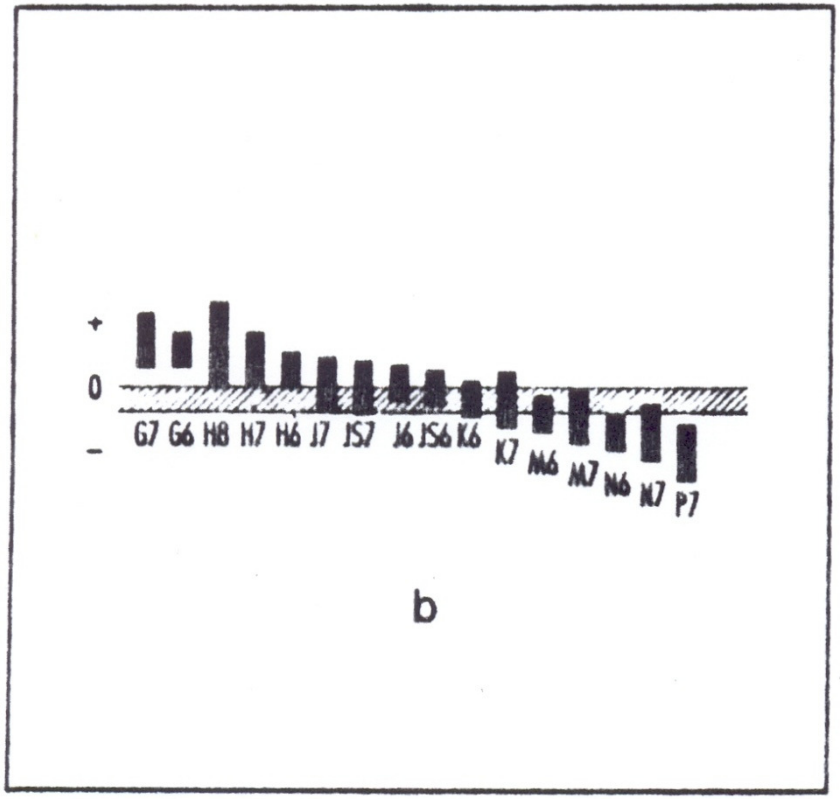
ROLAMENTO AUTOCOMPENSADOR DE ROLOS, SÉRIE 222

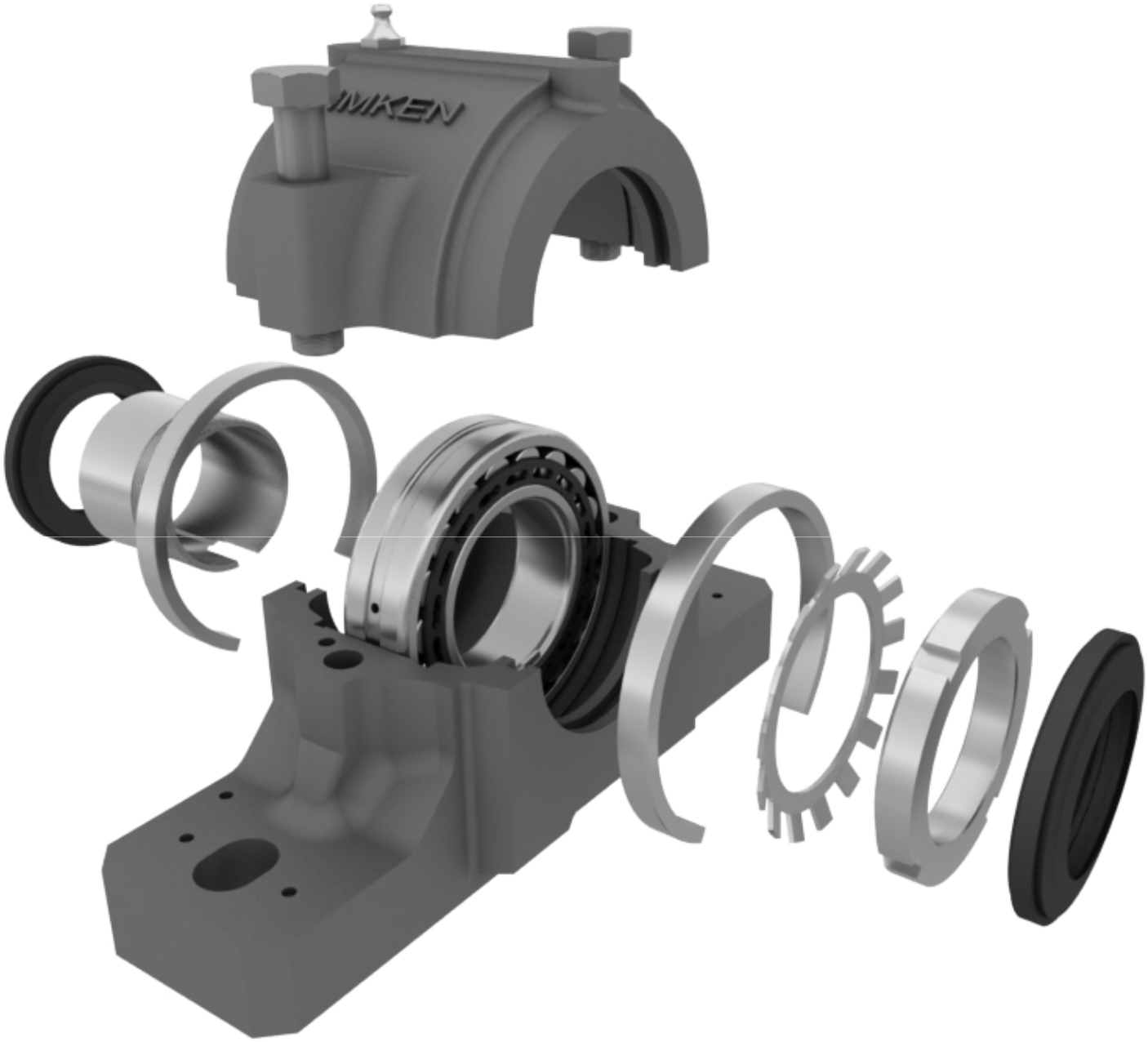
Montagem de Rolamentos

- Eixo



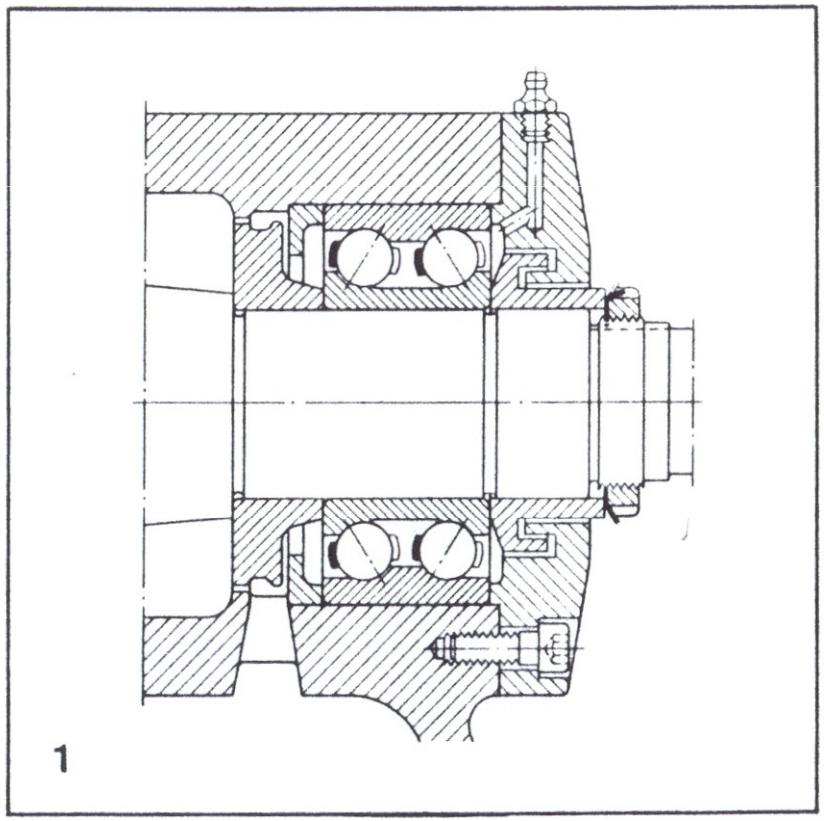
- Carcaça

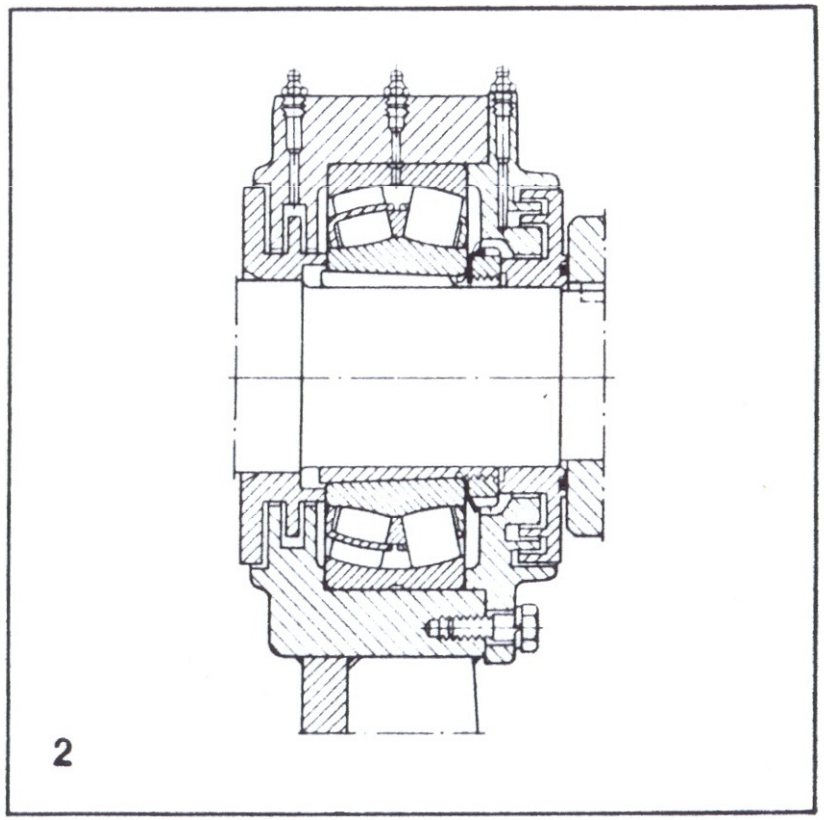



TIMKEN

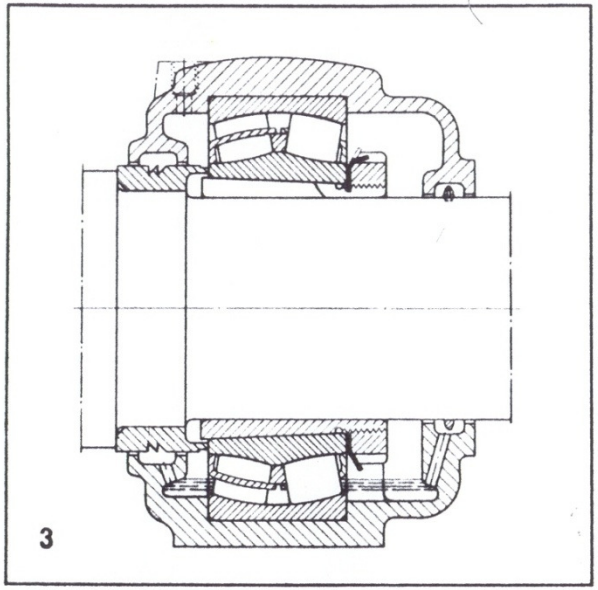
Lubrificação de Mancais

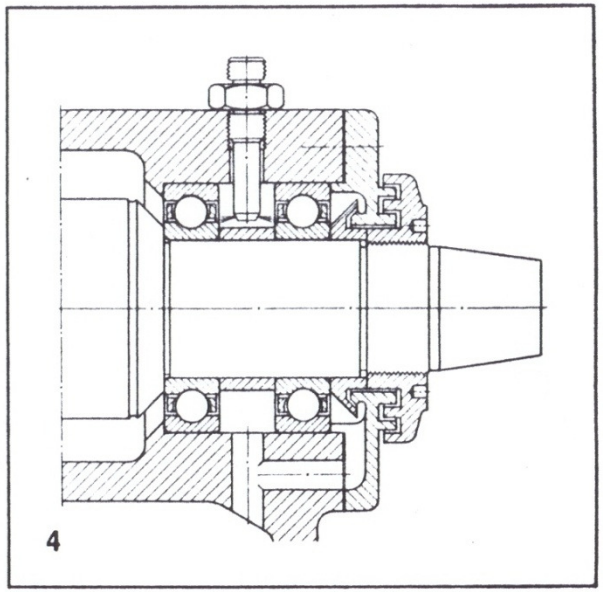
- Graxa

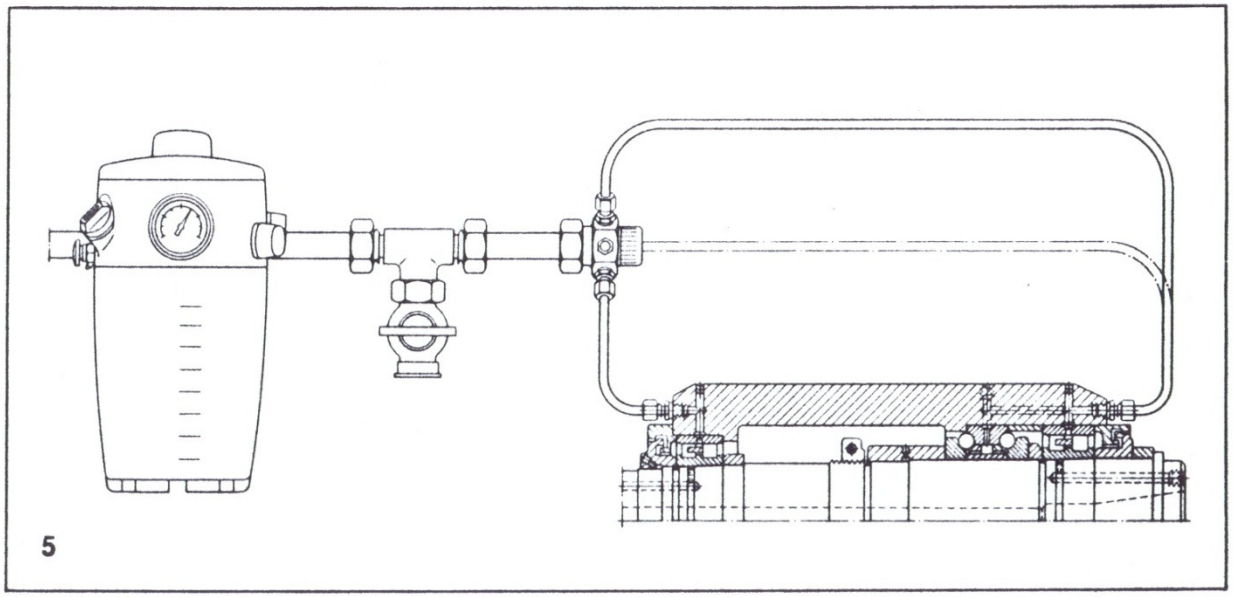




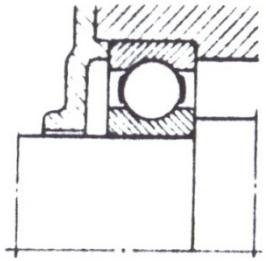
Óleo



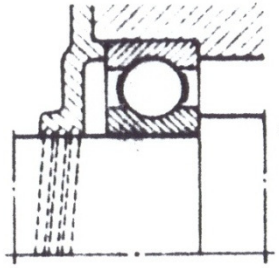




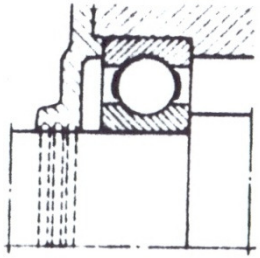
Vedação sem Contato



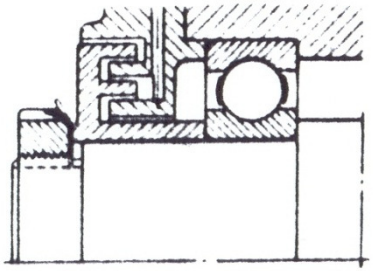
a



c

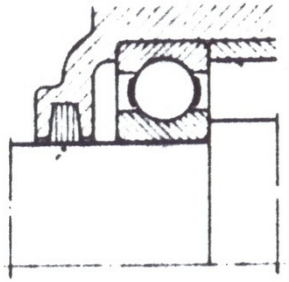


b

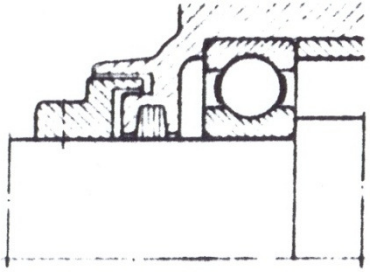


d

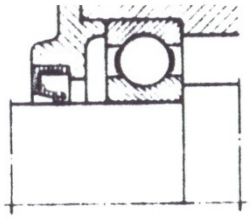
Vedação com Contato



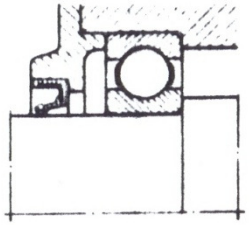
a



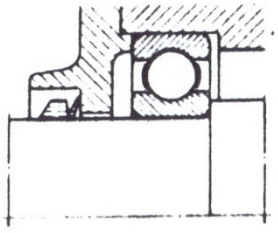
b



c



d



e

Vida de um Rolamento

Foto 7-1-1
Componente: Anel interno de rolamento de contato angular.
Sintoma: Escamamento em metade da circunferência da pista.
Causa: Lubrificação deficiente gerada pela entrada de fluido de corte no interior do rolamento.

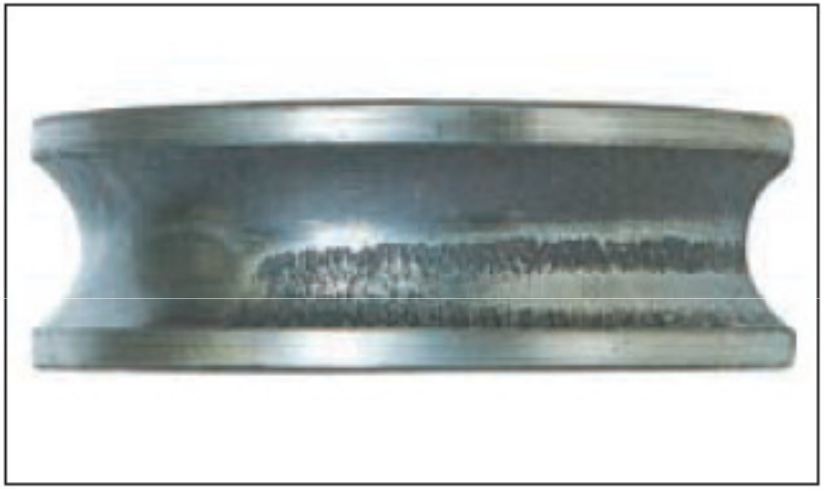


Foto 7-1-2
Componente: Anel interno de rolamento de contato angular.
Sintoma: Escamamento ao longo da pista.
Causa: Desalinhamento na instalação.

Vida de um Rolamento

Foto 7-1-3
Componente: Anel interno de rolamento fixo de uma carreira de esferas.
Sintoma: Escamamento na pista no intervalo das esferas.
Causa: Impactos na instalação.

Foto 7-1-4
Componente: Anel interno de rolamento de contato angular.
Sintoma: Escamamento na pista nos intervalos das esferas.
Causa: Impactos na instalação.

Vida de um Rolamento

Foto 7-1-6
Componente: Esferas da foto 7-1-4.
Sintoma: Escamamento na superfície das esferas.
Causa: Impactos na instalação.

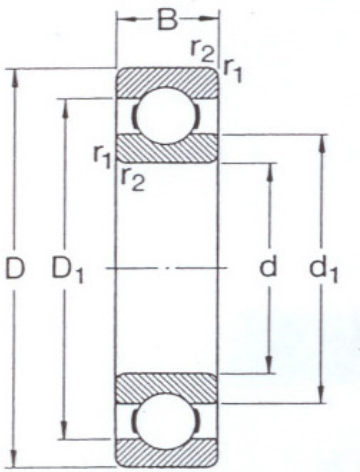
Foto 7-1-10
Componente: Rolos de rolamento de rolos cilíndricos.
Sintoma: Escamamento prematuro ocorrido axialmente sobre a superfície dos rolos.
Causa: Instalação inadequada.

Vida Nominal Ajustada

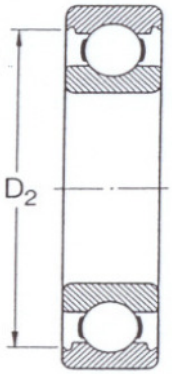
$L_{10} = a1.a2.a3.(C/P)^p$

L_{10} = Vida em 10^6 ciclos
P = Carga Dinâmica Equivalente
a1 = fator de confiabilidade
a2 = fator de material
a3 = fator de serviço - lubrificação

ROLAMENTO RÍGIDO DE UMA CARREIRA DE ESFERAS



Anel externo sem ranhuras de placas



Anel externo com ranhuras de placas

Dimensões principais			Capacidades de carga		Carga limite de fadiga	Velocidades de referência		Massa	Designação
			dinâm.	estát.		Lubrificação			
d	D	B	C	C_0	P_u	graxa	óleo		
mm			N		N	r/min		kg	–
35	47	7	4 750	3 200	166	13 000	16 000	0,030	61807
	55	10	9 560	6 200	290	11 000	14 000	0,080	61907
	62	9	12 400	8 150	375	10 000	13 000	0,11	16007
	62	14	15 900	10 200	440	10 000	13 000	0,16	6007
	72	17	25 500	15 300	655	9 000	11 000	0,29	6207
	80	21	33 200	19 000	815	8 500	10 000	0,46	6307
	100	25	55 300	31 000	1 290	7 000	8 500	0,95	6407
40	52	7	4 940	3 450	186	11 000	14 000	0,034	61808
	62	12	13 800	9 300	425	10 000	13 000	0,12	61908
	68	9	13 300	9 150	440	9 500	12 000	0,13	16008
	68	15	16 800	11 600	490	9 500	12 000	0,19	6008
	80	18	30 700	19 000	800	8 500	10 000	0,37	6208
	90	23	41 000	24 000	1 020	7 500	9 000	0,63	6308
	110	27	63 700	36 500	1 530	6 700	8 000	1,25	6408
45	58	7	6 050	4 300	228	9 500	12 000	0,040	61809
	68	12	14 000	9 800	465	9 000	11 000	0,14	61909
	75	10	15 600	10 800	520	9 000	11 000	0,17	16009
	75	16	20 800	14 600	640	9 000	11 000	0,25	6009
	85	19	33 200	21 600	915	7 500	9 000	0,41	6209
	100	25	52 700	31 500	1 340	6 700	8 000	0,83	6309
	120	29	76 100	45 000	1 900	6 000	7 000	1,55	6409
50	65	7	6 240	4 750	250	9 000	11 000	0,052	61810
	72	12	14 600	10 400	500	8 500	10 000	0,14	61910
	80	10	16 300	11 400	560	8 500	10 000	0,18	16010
	80	16	21 600	16 000	710	8 500	10 000	0,26	6010
	90	20	35 100	23 200	980	7 000	8 500	0,46	6210
	110	27	61 800	38 000	1 600	6 300	7 500	1,05	6310
	130	31	87 100	52 000	2 200	5 300	6 300	1,90	6410
55	72	9	8 320	6 200	325	8 500	10 000	0,083	61811
	80	13	15 900	11 400	560	8 000	9 500	0,19	61911
	90	11	19 500	14 000	695	7 500	9 000	0,26	16011
	90	18	28 100	21 200	900	7 500	9 000	0,39	6011
	100	21	43 600	29 000	1 250	6 300	7 500	0,61	6211
	120	29	71 500	45 000	1 900	5 600	6 700	1,35	6311
	140	33	99 500	62 000	2 600	5 000	6 000	2,30	6411

Fator de Confiabilidade

Confiabilidade %	a1
90	1
95	0,62
96	0,53
97	0,44
98	0,33
99	0,21

Exercício 1

Definir a vida nominal ajustada de um mancal de rolamento rígido de uma carreira de esferas, com código 6208, quando submetido a uma carga radial de 5500 N e girando com uma rotação de 320 rpm. Pede-se definir as vidas para confiabilidades de 90% e 97%

⇒ CÓDIGO 6208

MANCAL RÍGIDO DE UMA CARREIRA DE ESFERAS

$C = 30700\ N$ (CAPACIDADE DE CARGA DINÂMICA)

- CONFIABILIDADE DE 90%.

$$L_{10} = a_1 \underbrace{a_2 . a_3}_{\text{CONSIDERADOS IGUAL A 1,0}} \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^{(3)}$$

(3) ~ MANCAL DE ESFERAS

(CONDIÇÕES DE USO CONFORME DADOS DO FABRICANTE)

$a_1 = 1,0$ (CONFIABILIDADE DE 90%.)

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 = \left(\frac{30700}{5500}\right)^3 = 173,911 \text{ (MILHÕES DE REVOLUÇÕES)}$$

$$L_{10h} = \frac{L_{10} \times 10^6}{60 \times n} = \frac{173,911 \times 10^6}{60 \times 320} = 9057,86 \text{ horas}$$

- CONFIABILIDADE DE 97%

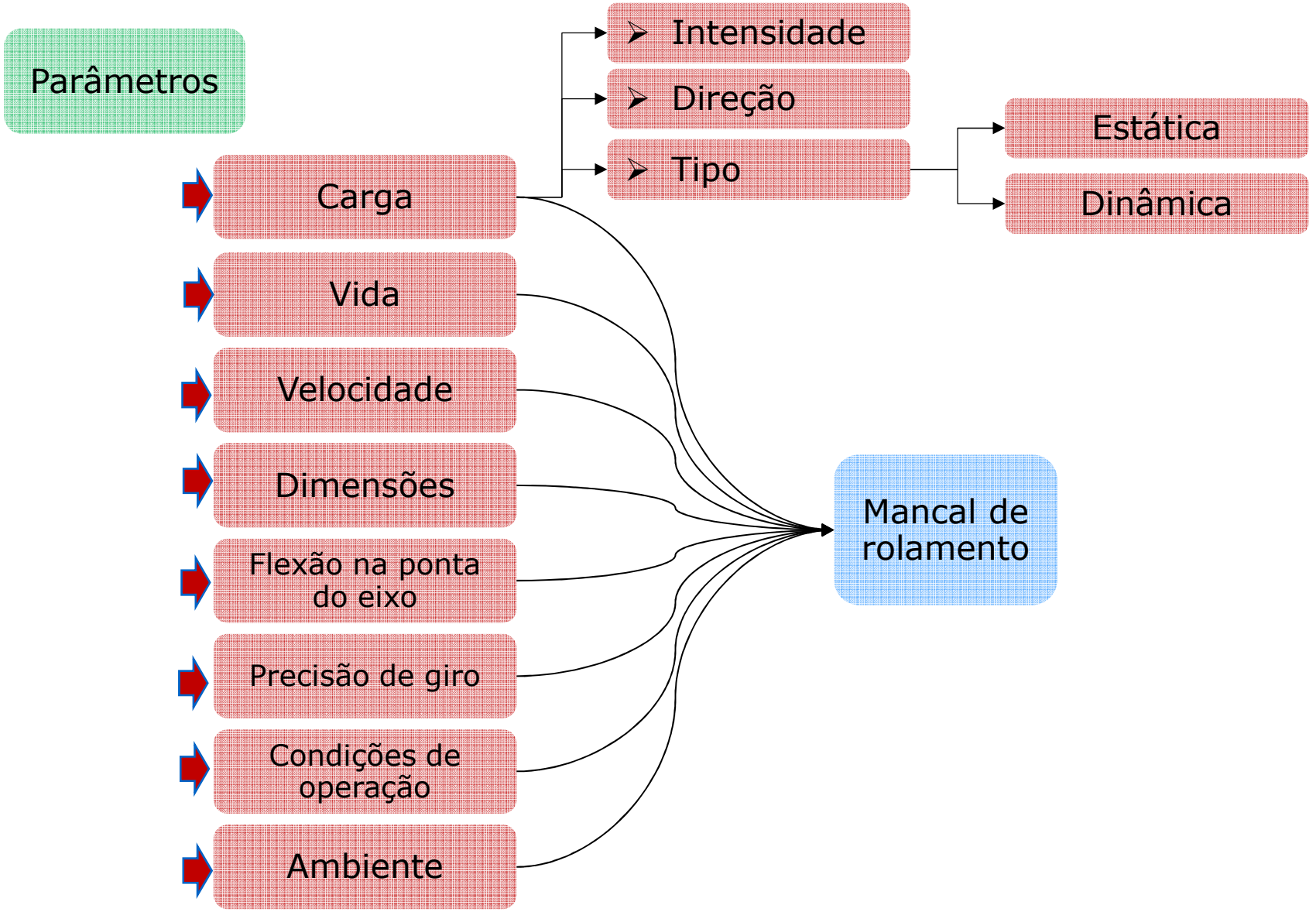
$$L_3 = a_1 \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^3$$

↳ PARA CONFIABILIDADE 97%, $a_1 = 0,44$ (TABELADO PELO FABRICANTE)

$$L_3 = 0,44 \times \left(\frac{30700}{5500}\right)^3 = 76,52 \text{ (MILHÕES DE REVOLUÇÕES)}$$

$$L_{3h} = \frac{L_3 \times 10^6}{60 \times n} = \frac{76,52 \times 10^6}{60 \times 320} = 3985,48 \text{ horas}$$

Seleção de Mancais de Rolamento



Características dos Mancais de Rolamento

NSK

1 TIPOS E CARACTERÍSTICAS DOS ROLAMENTOS

Tabela 1.1 Tipos e Características dos Rolamentos

Tipos de Rolamentos / Características	Fixos de uma carreira de esferas	Magneto	Uma carreira de esferas de contato angular	Duas carreiras de esferas de contato angular	Combinados	Esferas de Quatro pontos de contato	Autocompensadores de esferas	Rolos Cilíndricos	Duas carreiras de rolos Cilíndricos	Rolos Cilíndricos com Rebordo em um lado	Rolos Cilíndricos com anel de encosto	Rolos Agulha	Rolos Cônicos	Duas e multiplas carreiras de rolos Cônicos	Autocompensadores de rolos	Axiais de esferas	Axiais de esferas com contraplaca esférica	Duas carreiras de esferas de contato angular	Axiais de Rolos Cilíndricos	Axiais de Rolos Cônicos	Axiais autocompensadores de rolos	Referência na Página
Capacidade de carga – Carga Radial	☺	☹	☺	☺	☺	☹	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☹	☹	☹	☹	☹	☹	
Carga Axial	↔ ☺	→ ☹	→ ☺	↔ ☺	↔ ☺	↔ ☺	↔ ☹	☹	☹	→ ☺	↔ ☺	☹	→ ☺	↔ ☺	↔ ☺	→ ☺	→ ☺	↔ ☺	→ ☺	→ ☺	→ ☺	
Carga Combinada	☺	☹	☺	☺	☺	☺	☹	☹	☹	☺	☺	☹	☺	☺	☺	☹	☹	☹	☹	☹	☹	
Alta Velocidade	☺	☺	☺	☹	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☹	☹	☺	☹	☹	☹	A 18 A 37
Alta Pressão	☺		☺		☺	☺		☺	☺				☺			☺		☺				A 19 A 58 A 81
Baixo Torque e Ruido	☺							☺														A 19
Rigidez					☺	☺		☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺				☺	☺	☺		A 19 A 96
Desalinhamento Permissivel	☺	☹	☹	☹	☹	☹	☺	☺	☹	☺	☺	☹	☺	☹	☺	☹	☺	☹	☹	☹	☺	A 18 No Prelúdio de cada tipo
Ação de Compensação							●								●		●				●	A 18
Separação dos Anéis		●				●		●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	A 19 A 20
Rolamento Lado Fixo	●			●	●	●	●				●			●	●							A 20~ A 21
Rolamento lado Livre	◐			◐	◐	◐	◐	●	●			●		◐	◐							A 20~ A 27
Furo Cônico							●		●						●							A 80 A 118 A 122
Observação		Usa-se duas peças contrapostas	Ângulo de contato de 15°, 25°, 30° e 40°. Duas peças contrapostas, a folga deve ser ajustada		Além desta, existem as combinações DF e DT, mas não permitem o uso no lado livre	o ângulo de contato é de 35°		Inclui o tipo N	Inclui o tipo NNU	Inclui o Tipo NF	Inclui o tipo NJP		Usa-se duas peças contrapostas, a folga deve ser ajustada	Além desta, existem os tipos KH e KV, mas ligeiramente não permitem o uso no lado livre				Inclui os Rolamentos axiais de rolos Agulha		Usados com lubrificação a óleo	

☺ Muito Bom ☺ Bom ☺ Regular ☹ Precário ☹ Inviável → Somente em um sentido ↔ Dois sentidos ● Aplicável ◐ Aplicável, porém deve permitir a fuga da dilatação ou contração do eixo na superfície de ajuste do rolamento

Comparação entre Mancais de Rolamento e Deslizamento

Vantagens

- Menor atrito e aquecimento
- Coeficiente de atrito de partida (estático) não superior ao de operação (dinâmico)
- Pouca variação do coeficiente de atrito com carga e velocidade
- Baixa exigência de lubrificação
- Intercambialidade internacional
- Ocupa menor espaço axial
- Pequeno aumento da folga durante a vida útil

Desvantagens

- Maior sensibilidade aos choques
- Maiores custos de fabricação
- Tolerância pequena para carcaça e alojamento do eixo
- Não suporta cargas tão elevadas como os mancais de deslizamento
- Ocupa maior espaço radial