

## Mancais tipo Cartucho

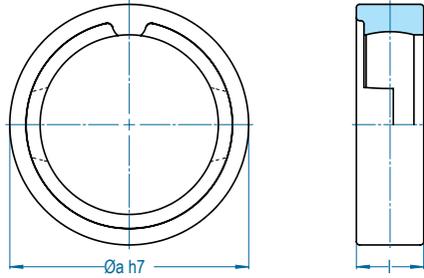


figura 23 - C, RC, SC, e SCX

C	RC	SCX	C	Øa h7
204~205				0 / -30
206~210		05~08	305~308	0 / -35
211~213		09~11	309~314	0 / -40
		12~20	315~319	0 / -46
			320~322	0 / -52
			324~328	0 / -57

tabela 16 - Tolerâncias

unidade: µm

C	RC	SCX	C	Runout radial máximo	I
204~210		05~10	305~310	200	± 200
211~213		11~18	311~318	300	± 300
		20	319~328	400	± 300

tabela 17 - Tolerâncias

unidade: µm

## Unidades de Rolamento

### Vedações

Os rolamentos **FRM** possuem vedação em ambos os lados. Essa vedação consiste na combinação de uma borracha sintética à prova de óleo e de alta resistência ao calor, e de uma chapa de proteção metálica.

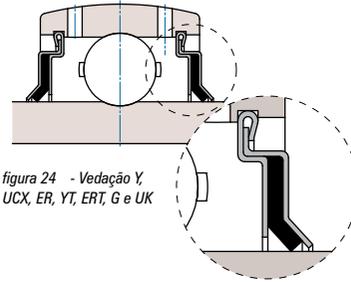


figura 24 - Vedação Y, UCX, ER, YT, ERT, G e UK

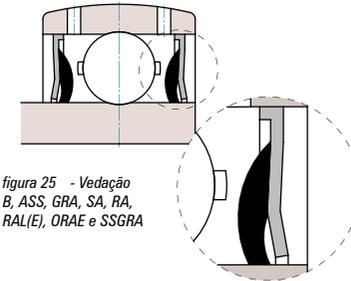


figura 25 - Vedação B, ASS, GRA, SA, RA, RAL(E), ORAE e SSGRA

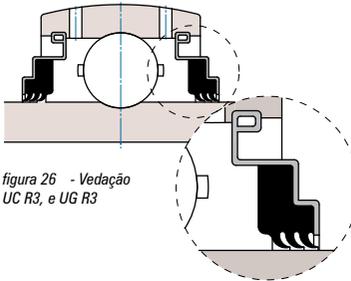


figura 26 - Vedação UC R3, e UG R3

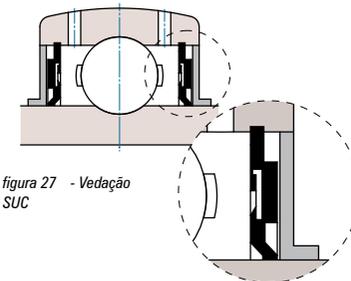


figura 27 - Vedação SUC

### Tolerâncias

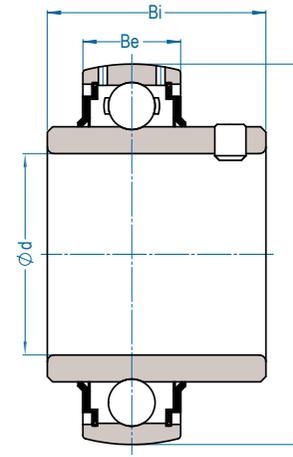


figura 28 - Tolerâncias para rolamentos

Ø externo (D) de mm	até mm	ΔDmp desvio		Runout radial
		máx	mín	
30	50	0	-11	20
50	80	0	-13	25
80	120	0	-15	35
120	150	0	-18	40
150	180	0	-25	45
180	250	0	-30	50

tabela 18 - Diâmetro externo

unidade: µm

Diâmetro nominal (d) de mm	até mm	Furo cilíndrico						Runout radial
		Δdmp desvio		Δds desvio		Largura desvio		
		máx	mín	máx	mín	ΔBis máx	ΔBes mín	
10	18	+18	0	+22	-4	0	-120	15
18	30	+21	0	+25	-4	0	-120	18
30	50	+25	0	+30	-5	0	-120	20
50	80	+30	0	+36	-6	0	-150	25
80	120	+35	0	+42	-7	0	-200	30

tabela 19 - Furo cilíndrico

(Y, UCX, UC, B, ASS, ER, YT, ERT, G, GRA, SA, RA, RAL(E), GR, ORAE e SS)

unidade: µm

Diâmetro nominal (d) de mm	até mm	Furo cônico				
		Δdmp desvio		Δd1mp-Δdmp		Vdp
		máx	mín	máx	mín	máx
18	30	+21	0	+21	0	0
30	50	+25	0	+25	0	0
50	80	+30	0	+30	0	0
80	120	+35	0	+42	0	0

tabela 20 - Furo cônico (UK)

unidade: µm

## Cargas aplicadas ao rolamento

### Valor da carga estática

Quando o rolamento está submetido a cargas estáticas, as esferas desse rolamento sofrem uma deformação plástica da superfície no ponto de contato dessas esferas com a pista de rolagem. Essa deformação se acentua com o aumento da carga e, a partir de um certo limite, o funcionamento mais suave é prejudicado.

Por meio de vias experimentais é verificado que uma deformação de 0,0001 vezes o diâmetro da esfera ocorre na maioria dos pontos de contato da esfera com a pista de rolagem, podendo ser tolerada sem danos para a eficiência de giro.

O valor da carga estática se refere à carga de valor fixo, limite no qual uma específica quantidade de deformação permanente ocorre. Isso se aplica a rolamentos de carga radial pura.

Geralmente, a carga estática equivalente permitida é limitada pelo valor da carga estática. Contudo, dependendo dos requisitos quanto a fricção e cargas, esses limites podem ser maiores ou menores do que o valor da carga estática.

O fator de segurança pode ser determinado considerando a máxima carga equivalente estática.

$$P_o \text{ máx} = \frac{C_{or}}{S_o}$$

Onde :

$P_o \text{ máx}$  carga equivalente estática máx., kgf

$C_{or}$  valor da carga estática, kgf

$S_o$  fator de segurança (tabela 21)

Condições de operação	Fator de segurança $S_0$
Alta rotação	2
Rotação normal	1
Baixa rotação, altas cargas	0.5

tabela 21 - Fator de segurança

## Cargas agindo no rolamento

As cargas aplicadas a um rolamento geralmente incluem o peso do próprio elemento rotativo, a carga produzida pelo trabalho da máquina e a carga resultante da força de transmissão. Em adição, a operação da máquina inevitavelmente provoca diferentes níveis de vibração e de choque. Levando esses fatores em consideração, o valor teórico da carga é multiplicado por fatores de segurança. Esses são chamados fatores de carga fw (tabela 22). Logo:

$$\text{Carga agindo sobre o rolamento} = \text{Carga calculada} \cdot \text{Fator de carga (fw)}$$

Condições de carga	fw
Mínima ou sem choques	1 até 1.2
Algum grau de choque, equipamentos vibratórios	1.2 até 1.5
Choques violentos	1.5 até 3

tabela 22 - Fatores de carga

## Carga aplicada no rolamento pela força de transmissão

Quando é transmitida por correias, rodas dentadas ou correntes, a força que age sobre o eixo pode ser calculada pelas seguintes fórmulas:

$$K_t = \frac{T}{r}$$

sendo

$$\text{Carga(transmissão)} = K_t \cdot f$$

Ou

$$T = \frac{974 \cdot H}{n}$$

Onde:

**Kt** força de transmissão (força de transmissão efetiva da correia, corrente ou força tangencial de engrenagens), *Kgf*

**T** torque, *kgf.m*

**r** raio efetivo da polia, engrenagem, etc., *m*

**H** potência de transmissão, *Kw*

**n** rotações, *rpm*

**f** fn, fz ou fp - fator que varia de acordo com o sistema de transmissão

### Fator fn: transmissão por correias

Nos casos em que a distância entre eixos é pequena e a rotação é baixa, ou as condições de operação são severas, deverá ser utilizado o maior fator fn (tabela 23).

Tipo da correia	fn
Correias - V -	1.5 até 2.0
Correias sincronizadas	1.1 até 1.3
Correias planas (com polia tensora)	2.5 até 3.0
Correias planas	3.04 até 4.0

tabela 23 - Fator fn

### Fator fz: transmissão por engrenagens

O valor do fator fz é praticamente o mesmo descrito para fw (tabela 22). Contudo, nos casos em que a engrenagem é o elemento componente, vibrações e choques serão produzidos. Logo, é necessário utilizar valores de acordo com o tipo da engrenagem (tabela 24).

Tipo de engrenagem	fz
Engrenagem de precisão	1.05 até 1.1
Engrenagem com grau de acabamento comum	1.1 até 1.3

tabela 24 - Fator fz para engrenagens como elemento componente

### Fator fp: transmissão por correntes

Quando a potência é transmitida por correntes, a força de transmissão efetiva na coroa é calculada pela fórmula Kt. Para obter a carga de operação, a força deve ser multiplicada pelo fator da corrente (fp), de 1.2 até 1.5.

## Distribuição da carga radial

A carga, agindo no eixo, é distribuída para os rolamentos que o suportam.

As figuras abaixo mostram a carga (W) sendo aplicada no eixo entre dois rolamentos (figura 29) e externamente (em balanço) aos rolamentos (figura 30).

O cálculo pode ser feito pelas seguintes fórmulas:

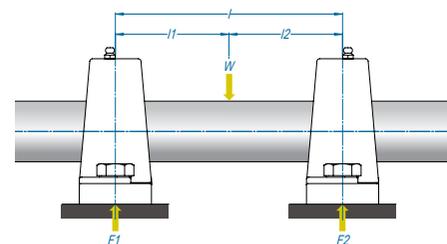


figura 29

$$F_1 = \frac{l_1}{l_2} \cdot W$$

$$F_2 = \frac{l_2}{l_1} \cdot W$$

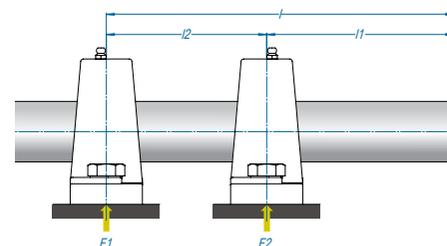


figura 30

$$F_2 = \frac{l_1}{l_2} \cdot W$$

$$F_1 = \frac{l_2}{l_1} \cdot W$$

### Carga equivalente radial dinâmica

O valor da carga dinâmica apresentado nas tabelas dimensionais é aplicado somente quando a carga nos rolamentos for puramente radial. Na prática, contudo, os rolamentos são submetidos à combinação de carga radial e axial. O equivalente radial dinâmico é a conversão do valor de carga radial e axial em um simples valor de carga radial, o qual terá efeito sobre a vida útil do rolamento e será equivalente à carga atual empregada.

$$P_r = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$$

Onde:

**Pr** Carga do equivalente radial dinâmico, *kgf*

**X** Fator radial

**F<sub>r</sub>** Carga radial, *kgf*

**Y** Fator axial

**F<sub>a</sub>** Carga axial, *kgf*

$F_a / C_{Or}$	e	$F_a / C_{Or} > e$	
		X	Y
0.01	0.18	0.56	2.46
0.02	0.20		2.14
0.04	0.24		1.83
0.07	0.27		1.61
0.10	0.29		1.48
0.15	0.32		1.35
0.20	0.35		1.25
0.30	0.38		1.13
0.40	0.41		1.05
0.50	0.44		1.00

tabela 25 - Fatores radial e axial dinâmicos

- $C_{Or}$  = carga estática (ver tabela de dimensões).
- Quando o valor de  $F_a / C_{Or}$  ou  $F_a / F_r$  não corresponder à tabela 25, os valores intermediários podem ser calculados por interpolação aritmética.
- Quando somente cargas radiais são envolvidas ou quando  $F_a / F_r \geq e$ , o valor de  $X = 1$  e  $Y = 0$ , resultando na seguinte equação:

$$P_r = F_r$$

### Carga equivalente radial estática

No caso de rolamentos estacionários que operam em baixa rotação (aprox. 10 rpm) ou que produzem leves movimentos oscilatórios, é necessário levar em consideração a carga do equivalente radial estático.

No caso, a seguinte fórmula é utilizada:

$$P_{Or} = X_0 \cdot F_r + Y_0 \cdot F_a$$

Onde :

$P_{Or}$  Carga do equivalente radial estático, *kgf*

$X_0$  Fator radial estático

$F_r$  Carga radial, *kgf*

$Y_0$  Fator axial estático

$F_a$  Carga axial, *kgf*

- Para rolamento de esfera:  $X_0=0.6$  e  $Y_0=0.5$ .

- Quando somente a carga radial é envolvida ou quando  $F_a / F_r \geq e$ , são utilizados  $X_0=1$  e  $Y_0=0$ .

Logo:

$$P_{Or} = F_r$$

## Carga axial

A capacidade de carga axial dos rolamentos depende fundamentalmente da rigidez da fixação no eixo.

Os rolamentos **FRM** com fixação por parafusos (Y 200, Y 300, UCX 00, B 200, ER 200, ASS 200) ou colar excêntrico (G 200, G 300, GR 200, GRA 200, SA 200, RA 200, RAL(E)) podem suportar cargas axiais de até 20% da capacidade da carga dinâmica. Em caso de montagens com ajuste por interferência ou eixos escalonados (apoiados), suportam até 25% dessa carga. Deve-se levar em consideração que os respectivos parafusos estejam devidamente apertados conforme tabela 32, tabela 33, tabela 34 e tabela 35.

Rolamentos **FRM** com fixação por colar de travamento concêntrico (Y 200 T, ER 200 T) ou por buchas adaptadoras (UK 200, UK 300) podem suportar cargas axiais de 15% a 20% da capacidade da carga dinâmica.

## Compensação para expansão axial do eixo

Quando vários conjuntos **FRM** estão montados no mesmo eixo ou há uma grande distância entre os conjuntos, um dos rolamentos (lado motriz) deverá estar fixo ao eixo e sujeito a cargas radial e axial. O(s) outro(s) conjunto(s) deve(m) estar sujeito(s) somente à carga radial, para tanto, esse(s) conjunto(s) deve(m) ser fixado(s) ao eixo por meio de um sistema que permita a sua expansão, tais como: cartuchos flutuantes (figura 31) ou parafusos flutuantes do tipo W5 (figura 32) ou W6 (figura 33). A expansão ocorre devido ao aumento de temperatura ou a possíveis erros de montagem na distância entre as unidades. Quando um parafuso do tipo W5 ou W6 é usado para um eixo com entalhe, a tolerância de ajuste recomendada é h7 ou h8.

Caso não haja um conjunto disponível para compensar a expansão do eixo, os rolamentos estarão sujeitos à alta carga axial e conseqüente falha prematura.

Se a temperatura de operação for superior a 100°C, deve-se utilizar rolamentos especiais para alta temperatura (série HT2, páginas 248, 260 e 261).

Para mais detalhes, consulte os Departamentos de Engenharia / Comercial da **FRM**.

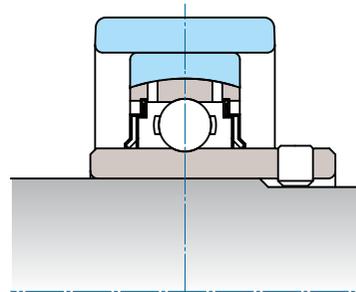


figura 31 - Exemplo de utilização de cartucho flutuante

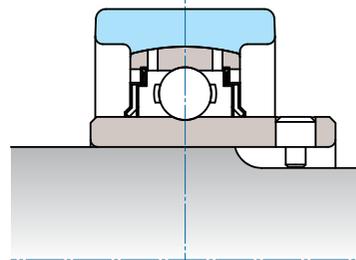


figura 32 - Exemplo de fixação por parafuso tipo W5

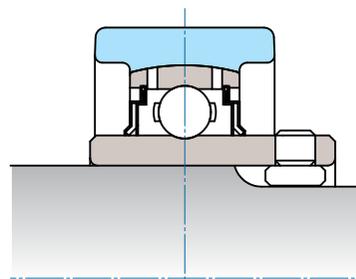


figura 33 - Exemplo de fixação por parafuso tipo W6

## Limite de Rotação

O limite de rotação dos rolamentos é principalmente determinado pelo ajuste entre o rolamento e o eixo, sendo que:

- Para rolamentos com fixação por parafusos ou colar excêntrico (operando sob condições normais de carga e rotação) é recomendado o ajuste h7;
- Em operações com carga leve e de baixa rotação é recomendado o ajuste h8 ou h9;
- Em operações com altas cargas e / ou altas rotações é recomendado o ajuste j7;
- Para rolamentos com fixação por bucha adaptadora é recomendado o ajuste até h9 e classe de tolerância IT5; e
- Quanto maior for a rotação e a carga aplicada, mais preciso deverá ser o ajuste entre o rolamento e o eixo (tabela 28).

d (mm)	Série 200 Tolerância de eixo			
	j7 (h9/IT5)	h7	h8	h9
12	6700	5300	3800	1400
15	6700	5300	3800	1400
17	6700	5300	3800	1400
20	6000	4800	3400	1200
25	5600	4000	3000	1000
30	4500	3400	2400	850
35	4000	3000	2000	750
40	3600	2600	1900	670
45	3200	2400	1700	600
50	3000	2200	1600	560
55	2600	2000	1400	500
60	2400	1800	1200	450
65	2200	1700	1100	430
70	2200	1600	1100	400
75	2000	1500	1000	380
80	1900	1400	950	340
85	1800	1300	900	320
90	1700	1200	800	300
95	1600	1100	750	280
100	1500	1000	700	260

tabela 26 - Limite de rotação (Série 200)

unidade: rpm

d (mm)	j7 (h9/IT5)	Série 300 / X 00 Tolerância de eixo		
		h7	h8	h9
25	5000	3600	2600	900
30	4300	3000	2200	800
35	3800	2800	2000	700
40	3400	2400	1700	630
45	3000	2200	1500	560
50	2600	2000	1400	500
55	2400	1800	1300	450
60	2200	1700	1100	430
65	2000	1500	1100	400
70	1900	1400	1000	360
75	1800	1300	900	340
80	1700	1200	850	320
85	1600	1100	800	300
90	1500	1100	750	280
95	1400	1000	700	260
100	1300	950	670	240

tabela 27 - Limite de rotação (Série 300 / X 00)

unidade: rpm

Ajuste do eixo			j7	h7	h8	h9
acima de	até					
10	18	máx.	+12	0	0	0
		mín.	-6	-18	-27	-43
18	30	máx.	+13	0	0	0
		mín.	-8	-21	-33	-52
30	50	máx.	+15	0	0	0
		mín.	-10	-25	-39	-62
50	80	máx.	+18	0	0	0
		mín.	-12	-30	-46	-74
80	120	máx.	+20	0	0	0
		mín.	-15	-35	-54	-87

tabela 28 - Ajustes

unidade:  $\mu\text{m}$

# Limite de Cargas x Rotação

Séries leves, normais e médias															
Y ER	UCX	B ASS G GRA SA GR RA UK ORAE	Rotação (RPM)												
			33	50	100	250	500	750	1000	1200	1500	2000	2400	3600	5000
		201 202 203	970	850	675	500	395	345	315	295	275	250	235	205	185
		201 202 203 204	1310	1150	910	670	530	645	420	395	370	335	315	275	245
		205	1430	1250	990	730	580	505	460	435	400	365	345	300	270
	05	206	2000	1750	1390	1020	810	710	645	605	560	510	480	420	375
	06	207	2640	2310	1830	1350	1070	935	850	800	740	675	635	555	
	07	208	2990	2610	2070	1530	1210	1060	960	905	840	765	720	630	
	08	209	3350	2930	2320	1710	1360	1190	1080	1010	940	855	805	705	
	09	210	3600	3150	2500	1840	1460	1280	1160	1090	1010	920	865	755	
	10	211	4400	3840	3050	2250	1780	1560	1420	1330	1240	1120	1060		
	11	212	5350	4670	3710	2730	2170	1900	1720	1620	1500	1370	1290		
	12	213	5850	5110	4060	2990	2370	2070	1880	1770	1650	1490	1410		
	13	214	6350	5550	4400	3240	2580	2250	2040	1920	1790	1620	1530		
	14	215	6750	5900	4680	3450	2740	2390	2170	2040	1900	1720	1620		
	15	216	7400	6460	5130	3780	3000	2620	2380	2240	2080	1890			
	16	217	8500	7430	5890	4340	3450	3010	2740	2570	2390	2170			
	17	218	9750	8520	6760	4980	3950	3450	3140	2950	2740	2490			
	18		11000	9700	7700	5670	4500	3930	3570	3360	3120				
	20		13500	12000	9500	7000	5560	4850	4410	4150	3850				

tabela 29 - Cargas radiais de rolamentos da Série 200 conforme RPM

Séries pesadas														
Y G UK	Rotação (RPM)													
	33	50	100	250	500	750	1000	1200	1500	2000	2400	3600	5000	
	305	2280	1900	1500	1110	880	770	700	655	610	555	520	455	410
	306	2760	2390	1890	1400	1110	965	880	825	765	695	655	575	515
	307	3420	2970	2360	1740	1380	1200	1090	1030	955	870	815	715	
	308	4140	3630	2880	2120	1680	1470	1340	1260	1170	1060	995	870	
	309	5410	4590	3640	2680	2130	1860	169	1590	1480	1340	1260	1100	
	310	6300	5500	4370	3220	2550	2230	2030	1910	1770	1610	1510		
	311	7300	6380	5060	3730	2960	2590	2350	2210	2050	1870	1760		
	312	8330	7250	5750	4240	3370	2940	2670	2510	2330	2120	2000		
	313	9580	8260	6550	4830	3830	3350	3040	2860	2660	2410	2270		
	314	10640	9260	7350	5420	4300	3750	3400	3210	2980	2710	2550		
	315	11570	10100	8040	5930	4700	4110	3730	3510	3260	2960			
	316	12540	10900	8670	6390	5070	4430	4020	3790	3510	3190			
	317	13530	11800	9360	6900	5470	4780	4340	4090	3800	3450			
	318 318S	14590	12800	10100	7460	5920	5170	4700	4420	4100				
	319	15920	13600	10800	7970	6330	5530	5020	4720	4390				
	320 320S	17510	15460	12300	9040	7180	6270	5700	5360	4980				
	322	20900	18300	14500	10700	8470	7400	6730	6330					
	324	21100	18400	14600	10800	8560	7470	6790	6390					
	326	23300	20400	16200	12000	9490	8290	7530	7090					
	328	23300	22700	18000	13300	10500	9210	8370	7870					

tabela 30 - Cargas radiais de rolamentos da Série 300 conforme RPM

# Vida útil do conjunto FRM

As superfícies da pista de rolagem das esferas e elementos rolantes dos rolamentos, operando sob condições normais, estão constantemente sujeitas a forças compressivas contínuas que ocasionam fadiga e, eventualmente, falhas.

A vida útil efetiva dos rolamentos é dimensionada em termos do número de revoluções que um rolamento pode suportar antes de ocorrerem falhas nas superfícies de rolagem e das esferas.

No entanto, instalações impróprias, lubrificação insuficiente, choques e/ou seleção incorreta do rolamento podem provocar problemas, como desgaste acelerado, quebra, abrasão, oxidação etc., diminuindo a vida útil dos rolamentos. Por isso devem ser tomadas precauções no sentido de evitar que esses aspectos interfiram no processo, visto que a causa de um problema pode não ser simplesmente a fadiga do material.

É importante salientar que condições estáveis de operação e rigidez do equipamento são fatores preponderantes para a vida útil dos conjuntos.

## Valor de carga dinâmica e carga calculada

Diversos rolamentos semelhantes, quando submetidos a cargas e a condições de operação idênticas, podem ter durabilidades diferentes.

Para explicar essa diferença, considera-se a fadiga do próprio material do rolamento, calculando a relação entre a vida útil e o valor da vida básica do rolamento.

O cálculo da vida útil é baseado em um modelo estatístico de 90% de uma amostragem na qual se considera um grupo idêntico de rolamentos, submetidos às mesmas condições de operação, então se calcula a vida útil pelo número de revoluções e pelas horas de operação até o limite anterior à falha ocasionada pela fadiga do material. Nesse modelo estatístico, o valor da vida útil é expresso pelo número de revoluções, mas também pode ser expresso pelo total de horas de operação.

O cálculo do valor da carga dinâmica é feito com base na capacidade de carga constante que um rolamento pode suportar em um milhão de revoluções. Nos rolamentos radiais, esse valor é aplicado à carga radial pura.

A relação entre o valor da vida útil e a carga do rolamento é dada por:

$$L_{10} = \left(\frac{C_r}{P_r}\right)^3$$

Onde:

- $L_{10}$  Valor da vida útil, 10<sup>6</sup> revoluções
- $C_r$  Carga radial dinâmica, kgf
- $P_r$  Carga dinâmica equivalente, kgf

Essa relação também pode ser expressa em horas:

$$L_h = \frac{10^3}{60n} \left(\frac{C_r}{P_r}\right)^3$$

Onde:

- $L_h$  Valor da vida útil, horas
- $n$  rotação, rpm

## Aplicações

Para fazer a seleção de um rolamento, é essencial que o requisito de vida útil seja estabelecido em relação às condições de operação. O requisito de vida útil de um rolamento é geralmente determinado pelo tipo de equipamento em que o rolamento será utilizado, pela duração do serviço e confiabilidade requerida.

Quando determina-se o rolamento, a vida útil é um importante fator, contudo, além da vida útil do rolamento, a força e a rigidez do eixo e do mancal também devem ser levadas em consideração.

## Fatores de ajuste da vida útil

O valor da vida útil do rolamento (fator de confiabilidade de 90%) pode ser calculado por meio das fórmulas apresentadas anteriormente, contudo, em algumas aplicações, fatores acima de 90% de confiabilidade podem ser requisitados. Condições de temperatura, de rotação e de lubrificação exercem significativo efeito sobre a vida útil.

Usando os fatores de ajuste da vida útil, tem-se:

$$L_{na} = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \left(\frac{C_r}{P_r}\right)^3$$

Onde:

- $L_{na}$  Valor da vida útil do rolamento ajustada em milhões de revoluções
- $a_1$  fator de ajuste de confiabilidade
- $a_2$  fator de ajuste em relação à construção / material
- $a_3$  fator de ajuste em relação às condições operacionais

## Fator de ajuste para confiabilidade, $a_1$

Valores do fator de ajuste de confiabilidade  $a_1$ :

Confiabilidade %	$L_n$	Fator de Confiabilidade $a_1$
90	L10	1.00
95	L5	0.62
96	L4	0.53
97	L3	0.44
98	L2	0.33
99	L1	0.21

tabela 31 - Fator  $a_1$

## Fator de ajuste para material / construção, $a_2$

Os valores da carga dinâmica dados em tabela são para rolamentos **FRM** submetidos a esforços contínuos. Conseqüentemente  $a_2=1$  é usado como fator de ajuste. O valor de  $a_2$  poderá ser  $a_2 > 1$ , caso o rolamento seja fabricado sob requisitos de materiais especiais.

Quando um rolamento de alto teor de carbono e de tratamento térmico normal opera por um longo período de tempo em temperaturas excedendo a 120°C, seu dimensional é consideravelmente afetado.

Consulte os Departamentos de Engenharia / Comercial da **FRM** para mais informações.

$$a_2 = 1$$

## Fator de ajuste para condições operacionais, $a_3$

O fator de condições operacionais  $a_3$  é usado para ajustar condições de lubrificação, de temperatura operacional, entre outros.

Quando as condições operacionais são satisfatórias, o fator  $a_3=1$  e, quando essas condições são excepcionalmente favoráveis, o fator pode ter valor  $a_3 > 1$ .

Contudo, quando as condições de lubrificação são extremamente desfavoráveis e a formação do filme de óleo entre a pista de rolagem e os elementos rolantes é insuficiente, o fator tem valor  $a_3 < 1$  (figura 34). Essa insuficiência da formação da película pode ser causada, entre outros exemplos, pela baixa viscosidade (abaixo de 13mm<sup>2</sup>/s).

Assim como a temperatura de operação do rolamento aumenta, a dureza do material decresce; logo, a vida útil do rolamento diminui.

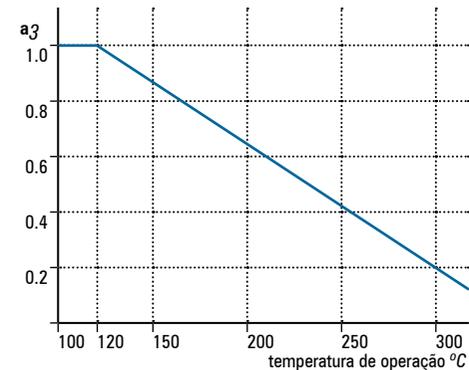


figura 34 - Fator  $a_3$

Nomógrafo ( $n, \frac{C_r}{P_r}, L_h$ )

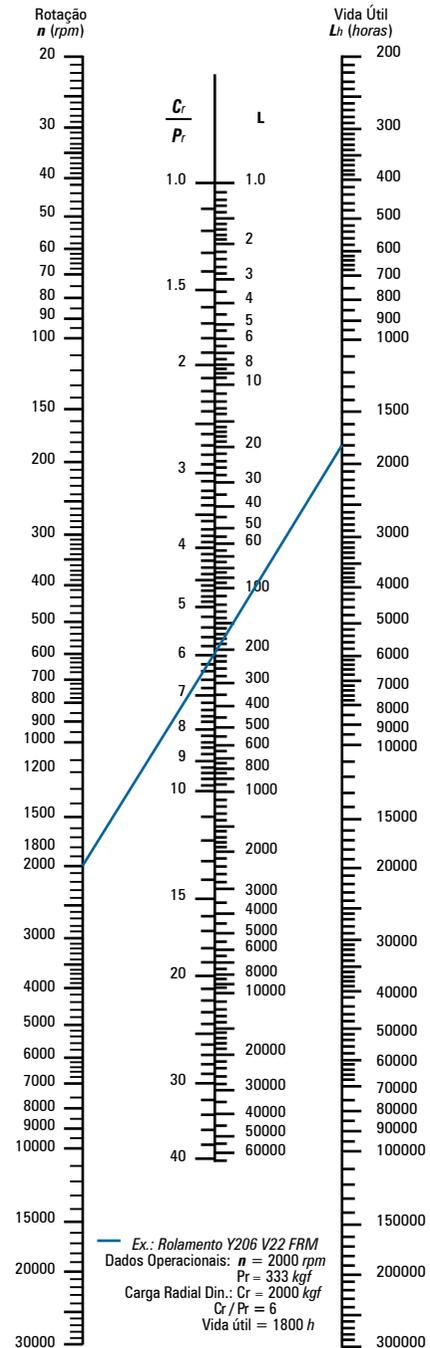


figura 35 - Nomógrafo

# Montagem do conjunto FRM

## Montagem no eixo

### Rolamentos de fixação por Parafusos

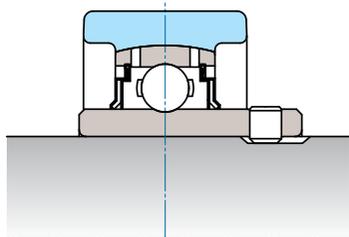


figura 36 - Exemplo de fixação por parafusos em um eixo desgastado planamente

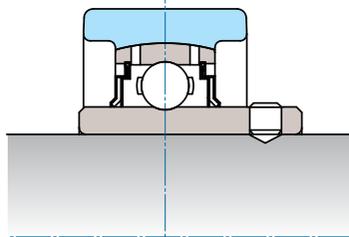


figura 37 - Exemplo de fixação por parafusos em um eixo escareado

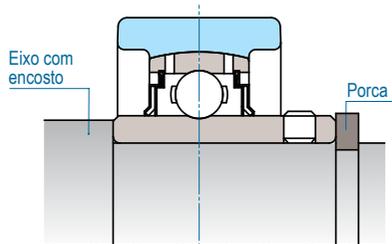


figura 38 - Exemplo de fixação por parafusos em um eixo com encosto e porca

Os rolamentos (Y 200, Y 300, UCX 00, B 200, ER 200 e ASS 200) são fixados ao eixo pelo aperto de dois parafusos. Mas, para que a operação seja realizada adequadamente, antes de apertá-los é desejável que o eixo seja desgastado planamente (figura 36) ou escareado (figura 37) na região onde os parafusos entrarão em contato com ele.

Em aplicações em que os rolamentos estão sujeitos a cargas de vibração, choque ou grandes cargas axiais, deve ser usado um eixo com encosto, fixando o conjunto com uma porca (figura 38). Para essa aplicação, os parafusos devem ser, também, firmemente apertados.

O aperto excessivo dos parafusos pode dificultar o giro do rolamento ou causar trincas no anel interno e, ao contrário, se houver o aperto insuficiente, os parafusos podem afrouxar-se durante a operação, causando escorregamento entre o anel interno e o eixo. Portanto, os parafusos devem ser apertados com o torque recomendado (tabela 32 e tabela 33).

O anel interno dos rolamentos é tratado termicamente e isento de trincas, portanto, pode permanecer fixo ao eixo mesmo em aplicações em que esteja sujeito a altas cargas contínuas de vibrações e choques.

Parafusos (ds)		Rolamentos		Torque de aperto	
Métrico	UNF	Y	UCX	kgf.cm	lbf.pol
M5x0,8	1/4-28	201~203		25	22
M6x1,0	1/4-28	204~206 305~306	05	50 40	43 35
M8x1,0	5/16-24	207~209 307	06~08	120 85	104 74
M10x1,25	3/8-24	210~213 308~309	09~11	240 165	208 143
M12x1,25	7/16-20	214~217 310~314	12~17	285	247
M12x1,25	1/2-20	218		285	247
M14x1,5	1/2-20	315~316	18	285	247
M16x1,5	5/8-18	220 317~319	20	680	590
M18x1,5	3/4-16	320~324		680	590
M20x1,5		326~328			

tabela 32 - Torque de aperto recomendado aos parafusos do anel interno do rolamento (Y, UCX)

Parafusos (ds)		Rolamentos		Torque de aperto	
Métrico	UNF	B   ASS	ER	kgf.cm	lbf.pol
M5x0,8	10-32	201~203		25	22
M6x1,0	1/4-28	204~207	201~206	50	43
M8x1,0	5/16-24	208~209	207~209	120	104
M10x1,25	3/8-24	210~212	210~212	240	208
M12x1,25	7/16-20		214~215	285	247

tabela 33 - Torque de aperto recomendado aos parafusos do anel interno do rolamento (B, ASS, ER)

### Rolamentos de fixação por Colar Excêntrico

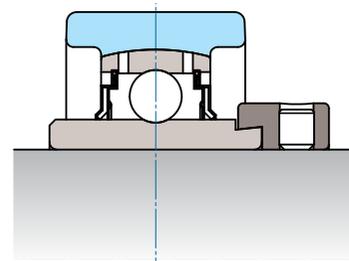


figura 39 - Exemplo de fixação por colar excêntrico em um eixo liso

Os rolamentos com fixação por colar de travamento excêntrico (G 200, G 300, GR 200, GRA 200, SA 200, RA 200, RAL(E)) são montados no eixo encaixando o rebaixo excêntrico do colar no anel interno do rolamento (figura 39). Para aperto do colar, gire-o na direção da rotação e fixe-o ao eixo apertando o parafuso (tabela 34 e tabela 35). O colar aperta-se com a força correspondente às cargas radiais de operação.

Se o aperto do colar for na direção oposta à rotação do eixo, ao iniciar a operação o colar irá afrouxar e apertar no sentido da rotação. Porém, se o conjunto estiver submetido a cargas axiais o eixo pode deslizar no rolamento durante essa operação.

Nas aplicações em que a rotação do eixo ocorre no sentido horário e anti-horário, é necessário usar um eixo com encosto e uma porca (figura 38).

Em casos de operação com cargas axiais superiores à capacidade do rolamento, um eixo com encosto deve ser utilizado (figura 38).

Parafusos (ds)		Rolamentos		Torque de aperto	
Métrico	UNF	GRA   SA RA	RAL(E)	kgf.cm	lbf.in
M5x0,8	3/16-32		012~102 20~30	50	43
M6x1,0	1/4-28 5/16-24	201~205 206		80	69
M8x1,0	5/16-24	207~210		100	86
M10x1,25	3/8-24	211~212		159	138

tabela 34 - Torque de aperto do parafuso para rolamentos com travamento por colar excêntrico (GRA, SA, RA, RAL e RALE)

Parafusos (ds)		Rolamentos		Torque de aperto	
Métrico	UNF	G	GR	kgf.cm	lbf.in
M6x1,0	1/4-28	205~205	204~206	80	69
M8x1,0	5/16-24	206~210 306~307	207~210	100	86
M10x1,25	3/8-24	211~215 308~312 320S		200 300 300	173 260 260
M12x1,25	7/16-20	216~224 314		350	350
M16x1,5	5/8-18	315~316		550	520
M20x1,5	3/4-16	318~320		800	700

tabela 35 - Torque de aperto do parafuso para rolamentos com travamento por colar excêntrico (G e GR)

### Rolamentos de fixação por Colar Concêntrico

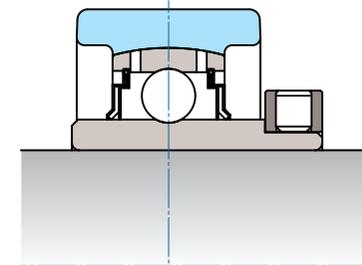


figura 40 - Exemplo de fixação por colar concêntrico em um eixo liso

Os rolamentos com fixação por colar de travamento concêntrico (Y 200 T, ER 200 T) são montados ao eixo pelo aperto de dois parafusos, dispostos a 45°, existentes no colar concêntrico (figura 40). Esses parafusos exercem uma força igual em todos os segmentos ranhurados do anel interno do rolamento.

Os parafusos devem ser apertados com o torque recomendado (tabela 36), pois o aperto excessivo dos parafusos pode dificultar o giro do rolamento ou causar trincas no anel interno e, ao contrário, se houver o aperto insuficiente, os parafusos podem afrouxar-se durante

a operação, causando escorregamento entre o anel interno e o eixo.

Esse sistema de fixação, por assegurar maior rigidez ao eixo, quando comparado aos demais sistemas de fixação, é apropriado para equipamentos que operam no limite de rotação do rolamento, casos com reversão no sentido de rotação do eixo (horário e anti-horário), paradas e acionamentos súbitos.

Parafusos (ds)		Rolamentos		Torque de aperto	
Métrico	UNF	Y T	ER T	kgf.cm	lbf.in
M5x0,8	10-32	204		25	22
M6x1,0	1/4-28	205~206	204~206	50	43
M8x1,0	5/16-24	207~209	207~209	120	104
M10x1,25	3/8-24	210~212	210~214	240	208
M12x1,25	7/16-20		215	285	247

tabela 36 - Torque de aperto do parafuso para rolamentos com travamento por colar concêntrico (Y T, ER T)

## Rolamentos de fixação por Bucha Adaptadora

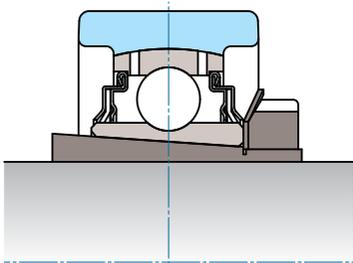


figura 41 - Exemplo de fixação por bucha adaptadora em um eixo liso

Os rolamentos com fixação por bucha adaptadora (UK 200 e UK 300) permitem maior tolerância nos eixos e podem ser usados em aplicações sujeitas a vibrações e choques pesados (figura 41).

$\beta$	Rolamento UK	
70°	205~211	305~311
90°	212~216	312~316
120°	217~218	317~328

tabela 37 - Ângulo de travamento da bucha adaptadora (UK)

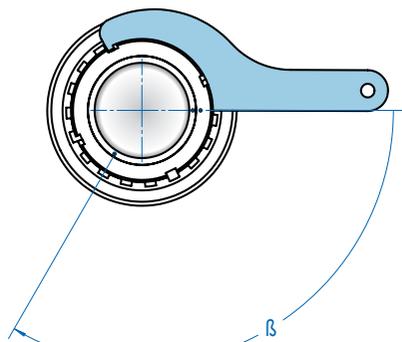


figura 42 - Posição inicial

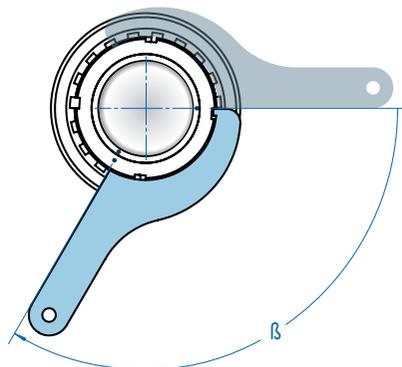


figura 43 - Posição final

O processo de montagem do rolamento com fixação por bucha adaptadora é o seguinte:

- deslize a bucha adaptadora no eixo até a posição requerida;
- deslize o conjunto no eixo e acople a parte cônica do rolamento na parte cônica contrária à bucha;
- monte a porca na bucha e aperte com a mão;
- com um marcador industrial referencie a porca e a bucha (figura 42), conforme o eixo do rolamento (tabela 37) ;
- gire a porca com uma chave apropriada (de gancho) até coincidir com a referência feita na bucha (figura 43);
- retire a porca;
- remonte a arruela e a porca;
- reaperte até fazer coincidir com um dente da arruela;
- dobre um dente da arruela dentro de um entalhe da porca para prevenir afrouxamento; e
- fixe o conjunto à estrutura da máquina.

## Inspeção

Quando a montagem do conjunto FRM estiver completa, verifique se os procedimentos foram seguidos apropriadamente. Gire o eixo com a mão e certifique-se que ele esteja rotacionando suavemente. O sistema deve ser acionado, inicialmente, à baixa velocidade e sem carga. Depois, gradualmente, a velocidade e a carga deverão ser aumentadas até alcançarem as condições da aplicação desejada, observando o ruído e o aumento da temperatura durante a operação.

## Variação da temperatura

A temperatura na superfície do anel interno do rolamento e do mancal deve ser verificada durante a operação. Geralmente, a temperatura aumenta até um valor específico, normalmente entre 60°C e 80°C para operações em temperatura ambiente e se estabiliza em algumas horas após o início da operação. Mas, se o conjunto FRM for montado inapropriadamente ou ocorrerem outras irregularidades, a temperatura poderá aumentar gradualmente e significativamente sem se estabilizar nesse período.

Os itens acima devem ser verificados durante o início da operação. Caso não ocorram irregularidades, comece a operar a máquina normalmente.

O ruído e a temperatura devem ser inspecionados periódica e regularmente durante a operação, para que qualquer anormalidade possa ser detectada brevemente.

## Lubrificação do conjunto FRM

### Unidades de mancal

A graxa injetada pela engraxadeira flui para dentro da câmara do rolamento através do canal de graxa na caixa e do furo de graxa no anel externo do rolamento.

Existem 2 tipos de engraxadeiras disponíveis: reta vertical e 45°L. O tipo utilizado varia de acordo com a série do mancal, conforme tabela 38 e tabela 39, sendo esta referente a marca AMI, que atende o mercado dos EUA.

Engraxadeira	Série Mancal	Tamanho	
Tipo	Rosca		
	1/4-28 UNF	Cartucho TM 200	201~218 305~328 X05~X20
		Apoio Flange	201~213 305~313 X05~X12 25~60
		T 200 ST 200 HE 00 ECH 200	201~213 04~10
	1/8-27 NPT	Apoio Flange	214~218 314~328 X13~X20 65~100
		T 200 ECH 200	214~218
	1/4-28 UNF	MT 0 T 300 TX 00 MST 00	05~10 305~313 X05~X12 25~60
		1/8-27 NPT	314~328 X13~X20 65~100

tabela 38 - Tipo de engraxadeira para mancais FRM

Engraxadeira	Série Mancal	Tamanho	
Tipo	Rosca		
	1/4-28 UNF	Cartucho TM 200	203~213 305~328
		Apoio Flange ECH 200	203~205
		1/8-27 NPT	Apoio Flange ECH 200
	1/4-28 UNF	Tensor (exceto série ECH 200)	203~205
		1/8-27 NPT	206~218 305~328 X05~X20

tabela 39 - Tipo de engraxadeira para mancais AMI

## Unidades de rolamento

As unidades de rolamento **FRM** são pré-lubrificadas com graxa à base de lítio, que proporciona uma boa resistência à água e ao calor, além de ótima estabilidade mecânica.

Para escolher o lubrificante adequado é necessário conhecer as condições de operação dos rolamentos, como: velocidade, carga, tipo de solicitação e ambiente de trabalho.

## Relubrificação

Os rolamentos **FRM** são relubrificáveis e possuem furos de relubrificação em ambos os lados do anel externo, com exceção das séries ER 200, GR 200, RA 200 e RAL(E), o que facilita a montagem do rolamento no mancal e garante sua relubrificação.



figura 44 - Furos de lubrificação dos rolamentos

## Frequência de relubrificação

As condições operacionais do rolamento devem ser consideradas para o ajuste do intervalo de relubrificação.

O intervalo de relubrificação pode ser definido conforme figura 45, em que os valores estimados são apreSENTADOS para temperatura de funcionamento de até 50 °C, utilizando graxas à base de lítio de boa qualidade.

Deve-se ajustar a frequência de relubrificação em função do nível de contaminação (tabela 40) e temperatura (tabela 41) aos quais o rolamento é exposto.

Todavia, em linhas gerais:

- Não é recomendável utilizar intervalos de relubrificação que excedam 20.000 horas;
- Na presença de contaminação é recomendado aumentar a frequência de relubrificação seguindo a tabela 40;

- Aplicações sujeitas a contaminações por fluidos (água, fluidos de processamento) exigem um intervalo reduzido de relubrificação;

- Em casos de temperaturas acima de 50°C é recomendado, para cada 15°C de aumento de temperatura, reduzir pela metade o intervalo de relubrificação obtido na figura 45 (tabela 41). Atentar-se para que o limite de temperatura de trabalho da graxa ou do rolamento não seja excedido;

- Acima de 80°C já é recomendada a aplicação de rolamentos HT2, pois são mais adequados para operação em altas temperaturas; e

- Para eixos posicionados na vertical os intervalos sugeridos na figura 45 devem ser reduzidos pela metade.

## Quantidade de lubrificante

A quantidade de graxa para relubrificação pode ser obtida através da seguinte equação:

$$G = 0,002 \times D \times B$$

Onde :

- G** Quantidade de graxa, g
- D** Diâmetro externo do rolamento, mm
- B** Largura total do rolamento, mm

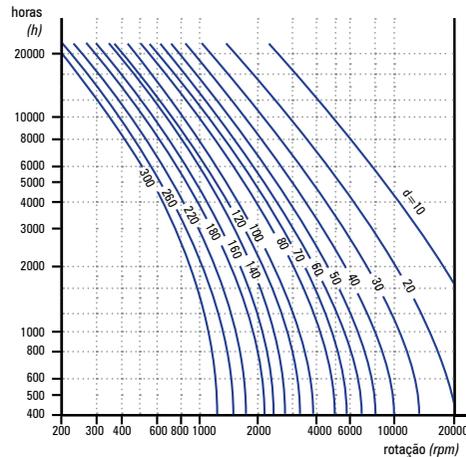


figura 45 - Intervalo de relubrificação com graxa para rolamentos radiais de esferas

Contaminação ambiente	
Muito limpo	h
Limpo	h/2
Sujo	h/4
Sujo e úmido	h/8
Muito sujo e úmido	h/16

tabela 40 - Ajuste por contaminação

Temperatura de operação	
50°C	h
65°C	h/2
80°C	h/4
95°C	h/8
110°C	h/16

tabela 41 - Ajuste por temperatura

## Tampas de Proteção

As tampas de proteção **FRM** são ideais para isolar as extremidades dos eixos, promovendo uma máxima proteção e respeitando normas de segurança relacionadas a elementos rolantes expostos.

As linhas standard de tampas **FRM** estão disponíveis em ferro fundido (C, CE), aço estampado (S, SE) ou em borracha (ECY A, ECY B), e podem ser do tipo cega ou passante. A tampa interna em silicone (TI) e a tampa traseira em ferro fundido (TT) estão disponíveis apenas no tipo passante. Todas são adaptáveis na maioria das séries de conjuntos **FRM**.

## Tampas de Ferro Fundido (C, CE)

As tampas em ferro fundido (C, CE) oferecem excelente resistência à temperatura e choques mecânicos e apresentam alto índice de proteção a intempéries. Sua fixação ao mancal é feita por meio de parafusos.

A vedação usual é do tipo "Z", para mais opções de elementos vedantes, como retentores, materiais especiais, consulte os Departamentos de Engenharia / Comercial da **FRM** para mais informações.

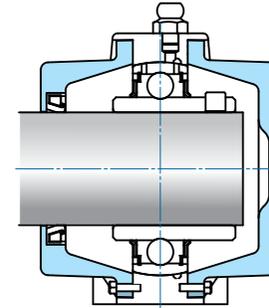


figura 46 - Tampa em ferro fundido

Disponibilidade: até eixo Ø120mm.

Opções: cega (CE) e passante (C).

Material: ferro fundido e lábio vedante, este em borracha nitrílica, viton, feltro ou PTFE.

Montagem: em todas as séries de mancais montados com rolamentos com fixação por parafusos, colar centríco ou bucha adaptadora.

Nomenclatura:

- para conjuntos tipo cega:

**C YT205 CE FRM**

- para conjuntos tipo passante:

**C YT205 C FRM**

Onde:

- C** tampa em ferro fundido do tipo passante
- YT205** mancal T 205 montado com rolamento Y 205
- CE** tampa em ferro fundido do tipo cega

## Tampa em Aço Estampado (S, SE)

As tampas em aço estampado (S, SE) também oferecem excelente resistência à temperatura e alto índice de proteção a intempéries. Os mancais são exclusivos para sua instalação. Sua fixação é feita de maneira rápida e fácil, por meio de encaixe.

Por ser uma tampa compacta, pode ser utilizada em aplicações em que o espaço seja reduzido. Os elementos vedantes são integrados à carcaça e são formados por duplo lábio, conferindo excelente vedação ao conjunto.

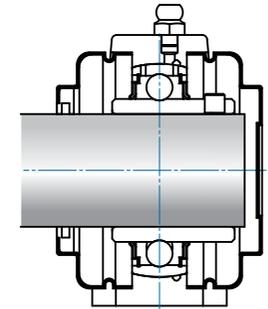


figura 47 - Tampa em aço estampado

Disponibilidade: até eixo Ø60mm.

Opções: cega (SE) e passante (S).

Material: aço estampado e lábio vedante em borracha nitrílica.

Montagem: em mancais da série 200 montados com rolamentos com fixação por parafusos.

Nomenclatura

- para conjuntos tipo cega:

**S YT205 SE FRM**

- para conjuntos tipo passante:

**S YT205 S FRM**

Onde:

- S** tampa em aço estampado do tipo passante
- YT205** mancal T 205 montado com rolamento Y 205
- SE** tampa em aço estampado do tipo cega

## Tampas de Borracha (ECY)

As tampas de borracha (ECY) oferecem alto índice de proteção a intempéries. Como os mancais são exclusivos para sua instalação, sua fixação é feita de maneira rápida e fácil, por meio de encaixe.

Os elementos vedantes são integrados à carcaça, conferindo excelente vedação ao conjunto. Podem ser fornecidas em diversas cores e materiais, como silicone e EPDM, ambas atóxicas, dedicadas à indústria alimentícia e farmacêutica.

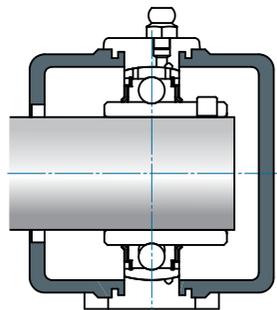


figura 48 - Tampa em borracha

Disponibilidade: até eixo Ø90mm.

Opções: cega (ECY A) e passante (ECY B).

Material: lábios vedantes incorporados - em borracha nitrílica, EPDM ou silicone (cor branca).

Montagem: em todas as séries de mancais montados com rolamentos com qualquer fixação.

Nomenclatura:

- para conjuntos tipo cega:

**YT205 ECYA FRM**

- para conjuntos tipo passante:

**YT205 ECYB FRM**

Onde:

YT205 mancal T 205 montado com rolamento Y 205

ECYA tampa do tipo cega

ECYB tampa do tipo passante

## Tampa Interna (TI)

As tampas internas (TI) oferecem alto índice de proteção a intempéries. Como os mancais são exclusivos para sua instalação, sua fixação é feita de maneira rápida e fácil, por meio de encaixe.

Os elementos vedantes são integrados à carcaça, conferindo excelente vedação ao conjunto. Podem ser aplicadas na maioria dos mancais FRM montados com rolamentos das séries B 200, GRA 200 e SA200.

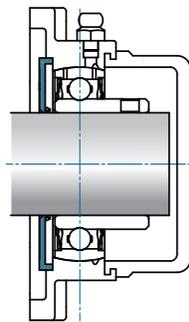


figura 49 - Tampas em plástico e interna

Disponibilidade: até eixo Ø60mm.

Opção: passante (TI).

Material: borracha nitrílica.

Montagem: em mancais da série 200 montados com rolamentos da série B 200, GRA 200 ou SA 200.

Nomenclatura:

- para conjuntos tipo passante:

**BT205 TI FRM**

Onde:

BT205 mancal T 205 montado com rolamento B 205

TI tampa interna do tipo passante

## Tampa Traseira (TT)

As tampas traseiras (TT), oferecem um alto índice de proteção mecânica e contra intempéries devido a sua estrutura de ferro fundido parafusada ou encaixada no mancal que são exclusivos para sua instalação.

A vedação é fabricada em teflon, feltro ou borracha nitrílica com lábios simples ou duplos ou tipo ZF, adaptadas ao projeto. As vedações em borracha nitrílica podem ser fornecidas em viton, EPDM ou silicone.

Consulte os Departamentos de Engenharia / Comercial da FRM para mais informações.

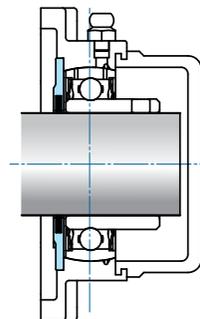


figura 50 - Tampa traseira (TT)

## Tampas B00 e BF00

As tampas B00 e BF00 oferecem alto índice de proteção a intempéries, uma vez que seu lábio de vedação duplo apoia-se diretamente sobre o anel interno dos rolamentos.

Como os mancais são exclusivos para sua instalação, a fixação ao mancal é feita de maneira rápida e fácil, sendo aparafusadas para a série B00 e por meio de encaixe para a série BF00.

São fabricadas em borracha nitrílica com alma metálica, mas podem ser fornecidas em materiais especiais, como EPDM e silicone.

Consulte os Departamentos de Engenharia / Comercial da FRM para mais informações.

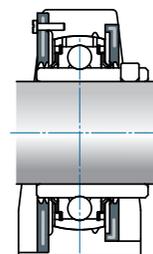


figura 51 - Tampa B00 e BF00

## Vedação Flocada

As vedações flocadas são fabricadas em borracha nitrílica ou viton e alojadas sobre a vedação standard de rolamento exclusivo para a sua aplicação. Permitem instalação e substituição rápidas e fáceis.

Conferem proteção extra a intempéries, pois sua forma construtiva cria um labirinto, dificultando que líquidos e poeira entrem em contato com a vedação standard do rolamento.

Consulte os Departamentos de Engenharia / Comercial da FRM para mais informações.

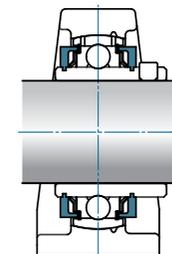


figura 52 - Vedação flocada

## Tampas Especiais

A FRM desenvolve ou adapta tampas em seus conjuntos de mancais conforme necessidades específicas.

Consulte os Departamento de Engenharia / Comercial da FRM para adequação ou desenvolvimento de tampas em projetos específicos.