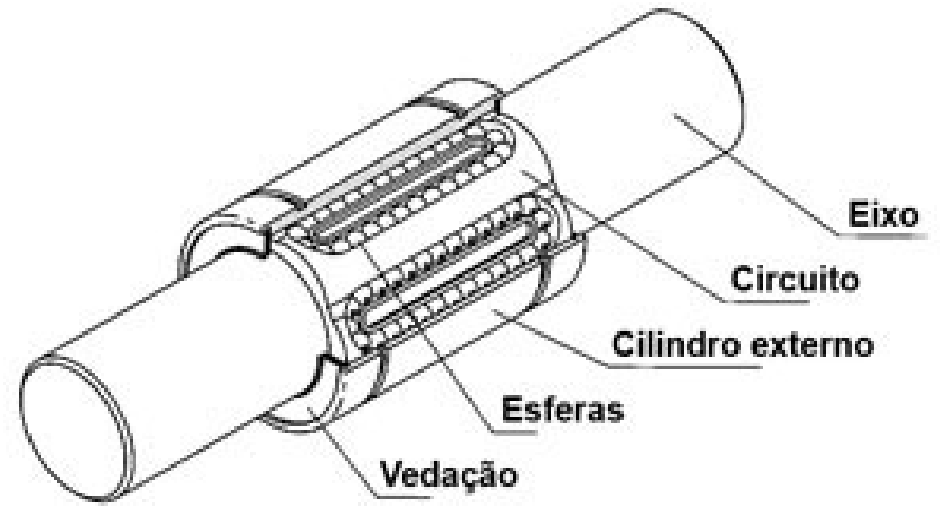
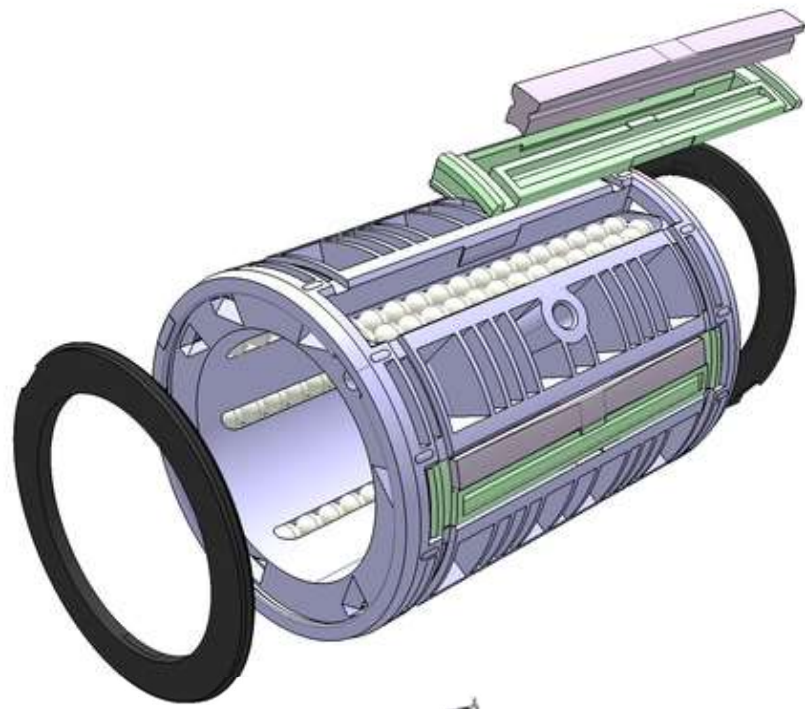


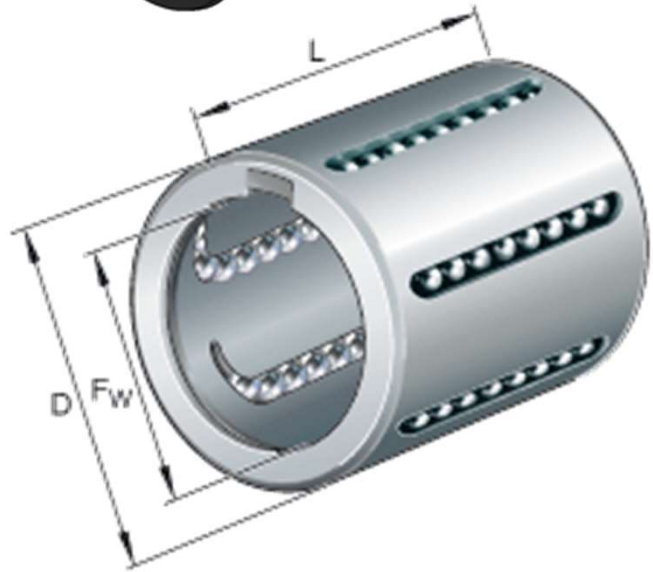
Mancais de Rolamento Vida

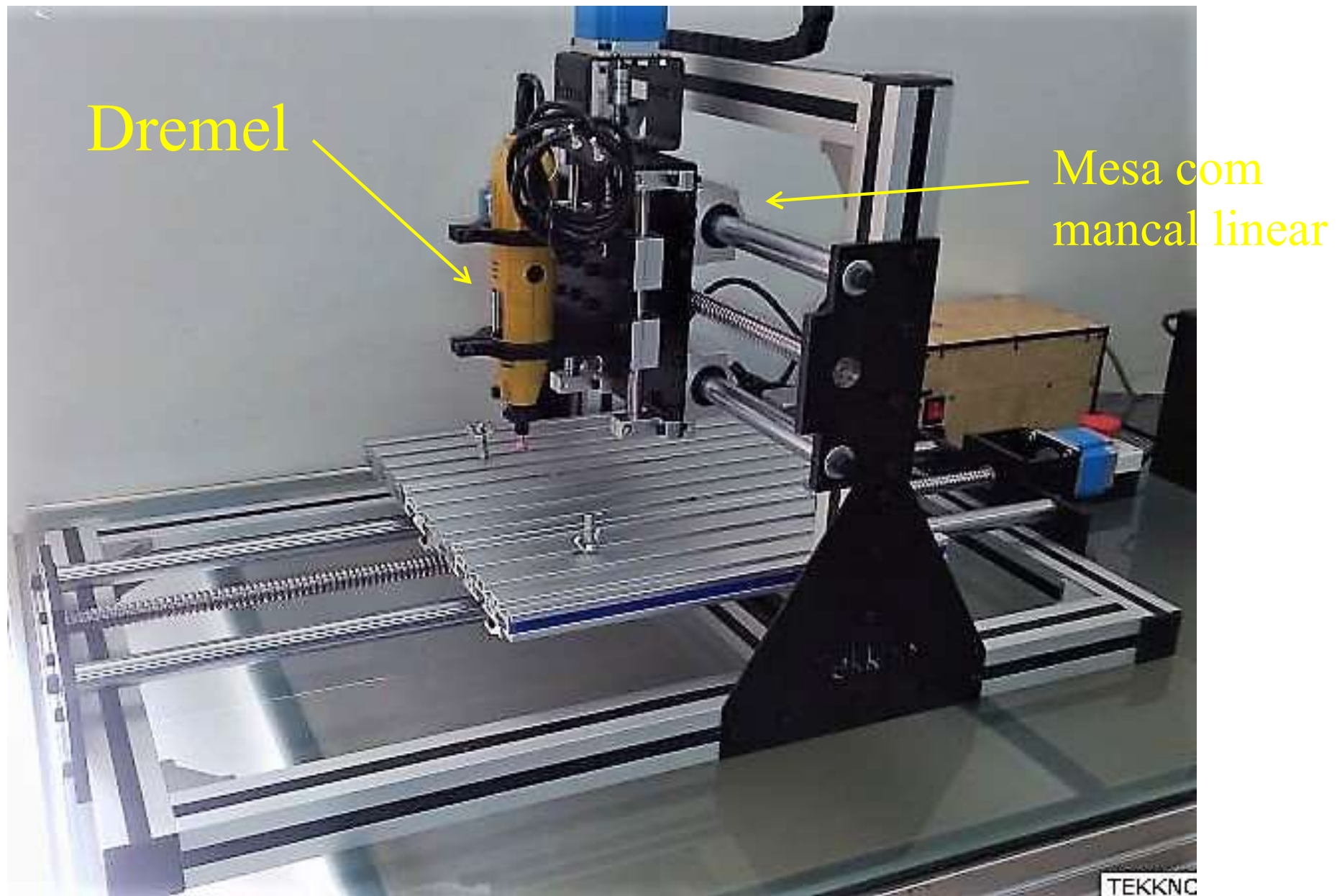
Mancais Lineares

- Utilizados para possibilitar a vinculação de um componente que executa um movimento linear a um eixo (que serve de guia para o movimento), possibilitando a transmissão de cargas e um movimento linear com atrito reduzido.



HIWIN®





Router CNC

fonte: <https://www.tekkno.com.br/produto/3678/fresadora-router-cnc---usina-aco---fuso-de-esferas>

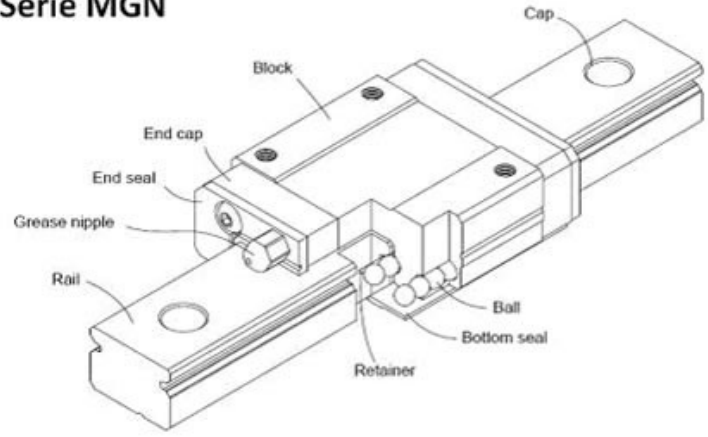
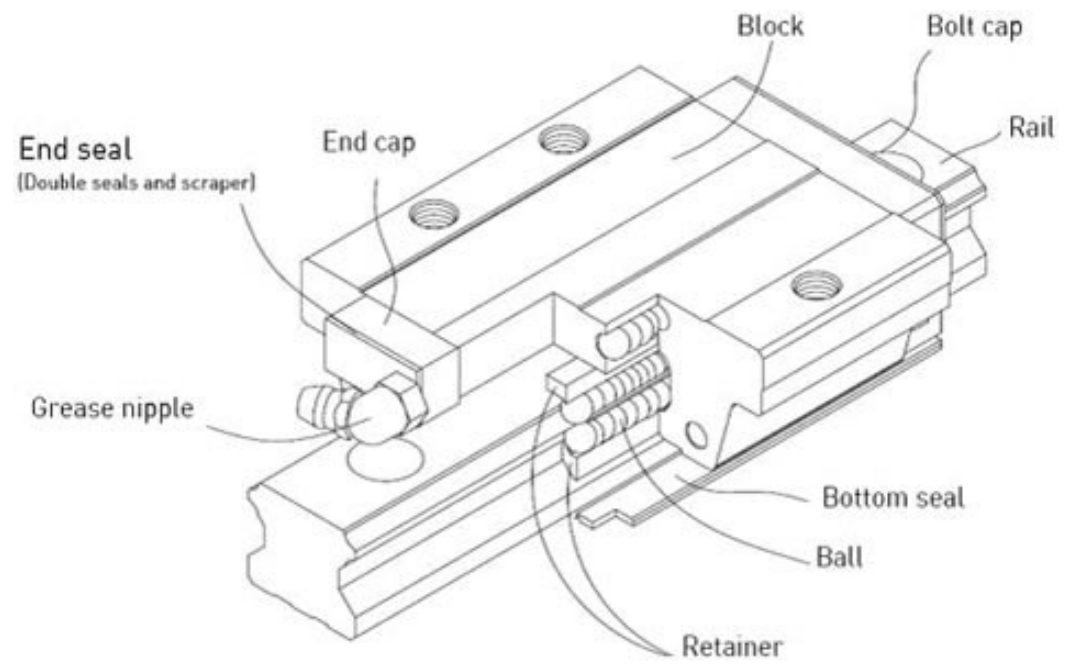
- Eixos são retificados e fabricados com dureza superficial: 60 ~ 64HRC
- Diâmetros em medidas estabilizadas na tolerância h6.
- Tratamento térmico: têmpera por indução.

Guias Lineares

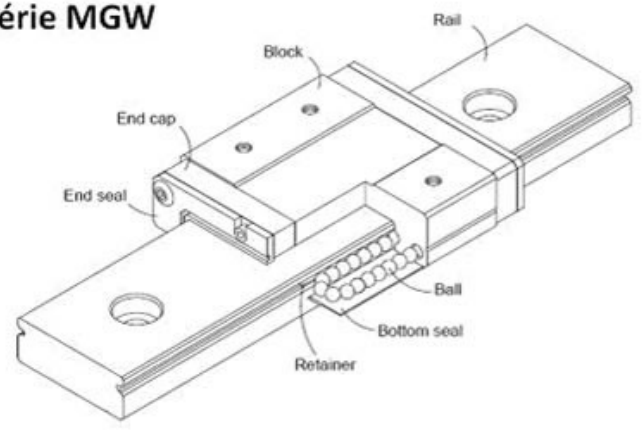
- São utilizadas em máquinas operatrizes em substituição ao barramento de deslizamento.
- Quando a carga é conduzida pelas guias lineares, o contato entre a carga e o trilho é realizado sob movimentos rotativos das esferas. O coeficiente de atrito é de apenas 1/50 de contato tradicional e a diferença entre o coeficiente de atrito dinâmico e o estático é pequena.



Série MGN

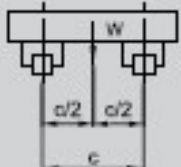
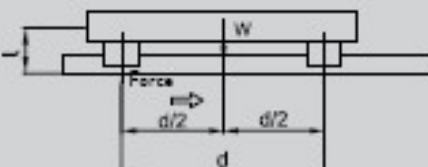
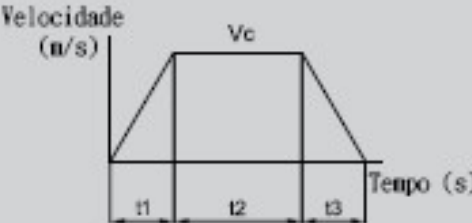


Série MGW



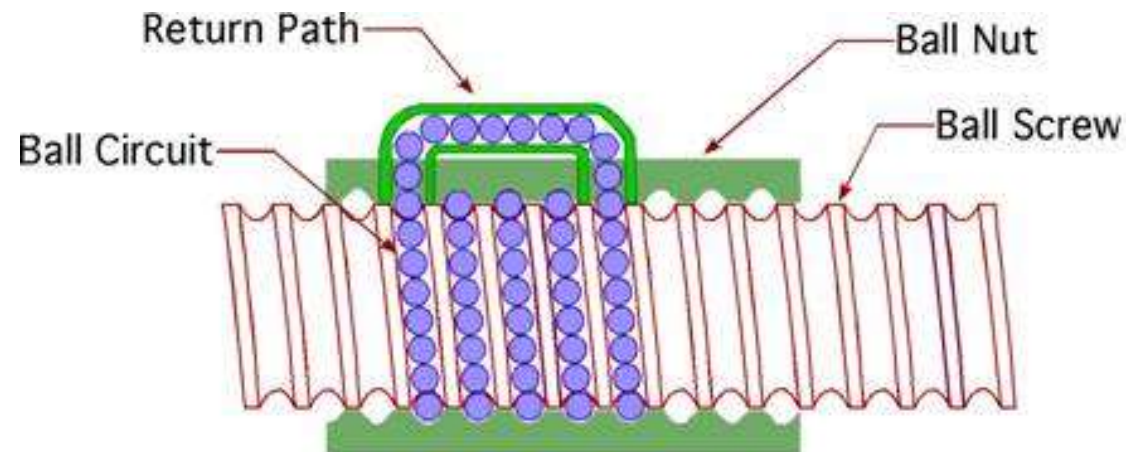
Exemplo de Cálculo de Cargas Atuantes Nas Guias

Tabela 1-4 Exemplos de Cálculo para cargas com forças de Inércia

Considere a aceleração e desaceleração	Carga no bloco
   <p> W: Peso do objeto (N) g: Aceleração gravitacional (9.8m/sec²) P_n: Carga (radial, radial inversa) (N), n=1~4 V_c: Velocidade máxima (m/sec) $t_1(t_3)$: Aceleração (desaceleração) tempo (s) t_2: Tempo de velocidade constante (s) c: Espaçamento do trilho (m) d: Espaçamento do bloco (m) l: Distância do centro de gravidade ao percurso (m) </p>	<ul style="list-style-type: none"> Velocidade constante $P_1 \sim P_4 = \frac{W}{4}$ Aceleração $P_1 = P_3 = \frac{W}{4} + \frac{1}{2} \cdot \frac{W}{g} \cdot \frac{V_c}{t_1} \cdot \frac{l}{d}$ $P_2 = P_4 = \frac{W}{4} - \frac{1}{2} \cdot \frac{W}{g} \cdot \frac{V_c}{t_1} \cdot \frac{l}{d}$ Desaceleração $P_1 = P_3 = \frac{W}{4} - \frac{1}{2} \cdot \frac{W}{g} \cdot \frac{V_c}{t_3} \cdot \frac{l}{d}$ $P_2 = P_4 = \frac{W}{4} + \frac{1}{2} \cdot \frac{W}{g} \cdot \frac{V_c}{t_3} \cdot \frac{l}{d}$

Fuso de Esferas Recirculantes

- Utilizado em substituição ao parafuso de potência em máquinas operatrizes com Comando Numérico.



Vantagens:

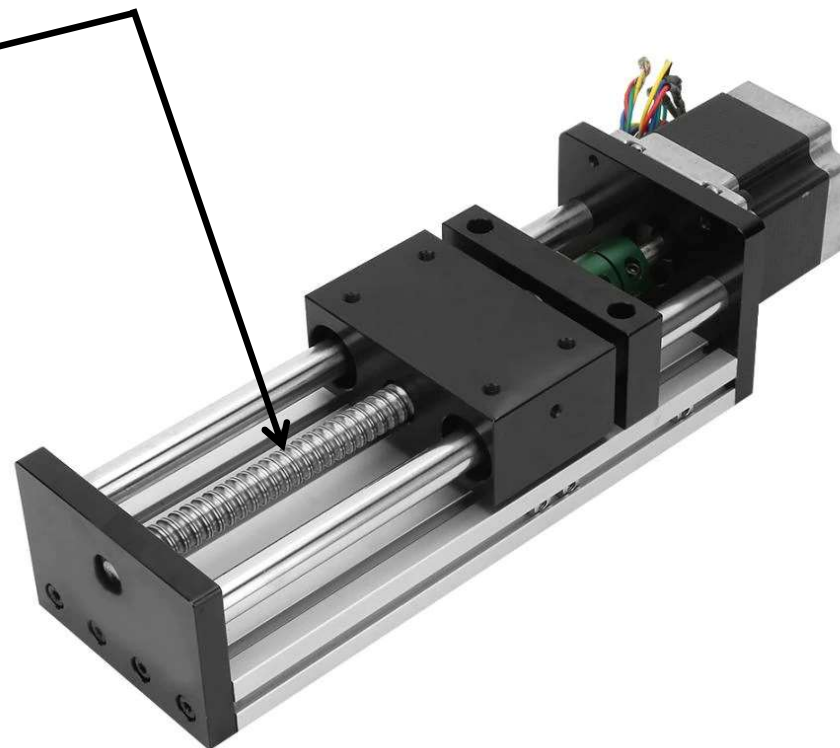
- Altíssima capacidade de carga;
- Altíssima rigidez;
- Boa qualidade de movimento;
- Boa precisão;
- Compacto.

Desvantagens:

- Movimento limitado;
- Presença de folga:
 - Pré-carga diminui folga mas não elimina;
 - Pré-carga aumenta atrito \Rightarrow dificulta controle de precisão.







Fuso de esferas recirculantes



Comportamento Dinâmico e Flambagem

$$\omega_n = k^2 \sqrt{\frac{EI}{A\rho L^4}}$$

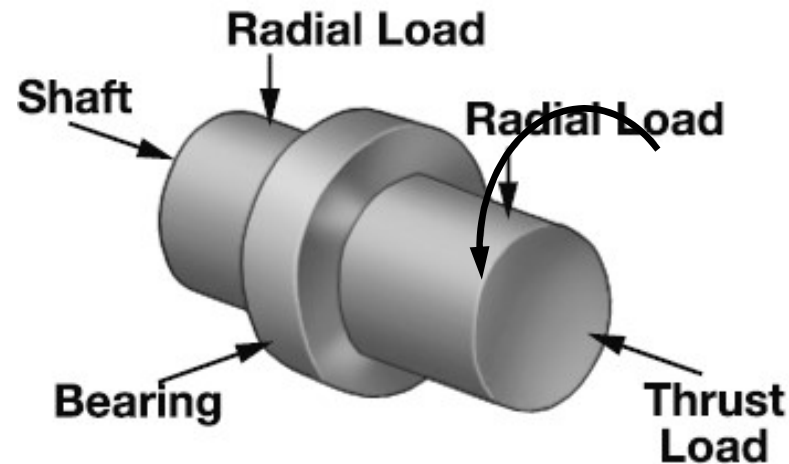
$$F_{buckle} = \frac{cEI}{L^2}$$

								
	Cantilevered		Simply Supported		Fixed-Simple		Fixed-Fixed	
mode n	k	c	k	c	k	c	k	c
1	1.875	2.47	3.142	9.87	3.927	20.2	4.730	39.5
2	4.694		6.283		7.069		7.853	
3	7.855		9.425		10.210		10.996	
4	10.996		12.566		13.352		14.137	
n	$(2n-1)\pi/2$		$n\pi$		$(4n+1)\pi/4$		$(2n+1)\pi/2$	

Mancais de Rolamento

- Principal Característica: Baixo Atrito mesmo sem Lubrificação
- Valores Típicos:

$$\mu=0.001 - 0.005$$



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.

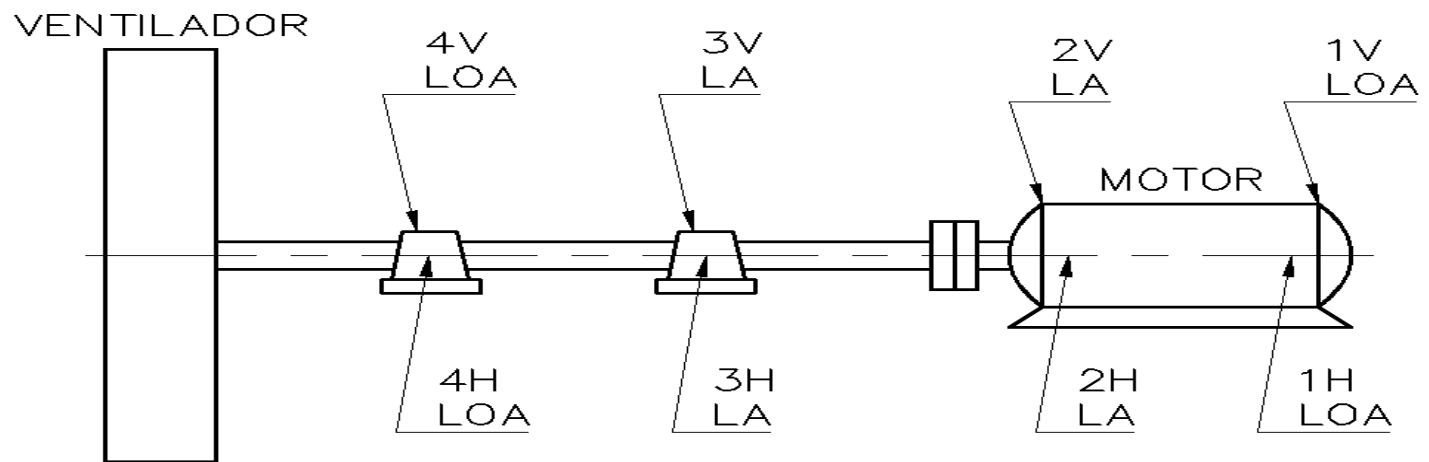


Foto 7-1-10

Componente: Rolos de rolamento de rolos cilíndricos.

Sintoma: Escamamento prematuro ocorrido axialmente sobre a superfície dos rolos.

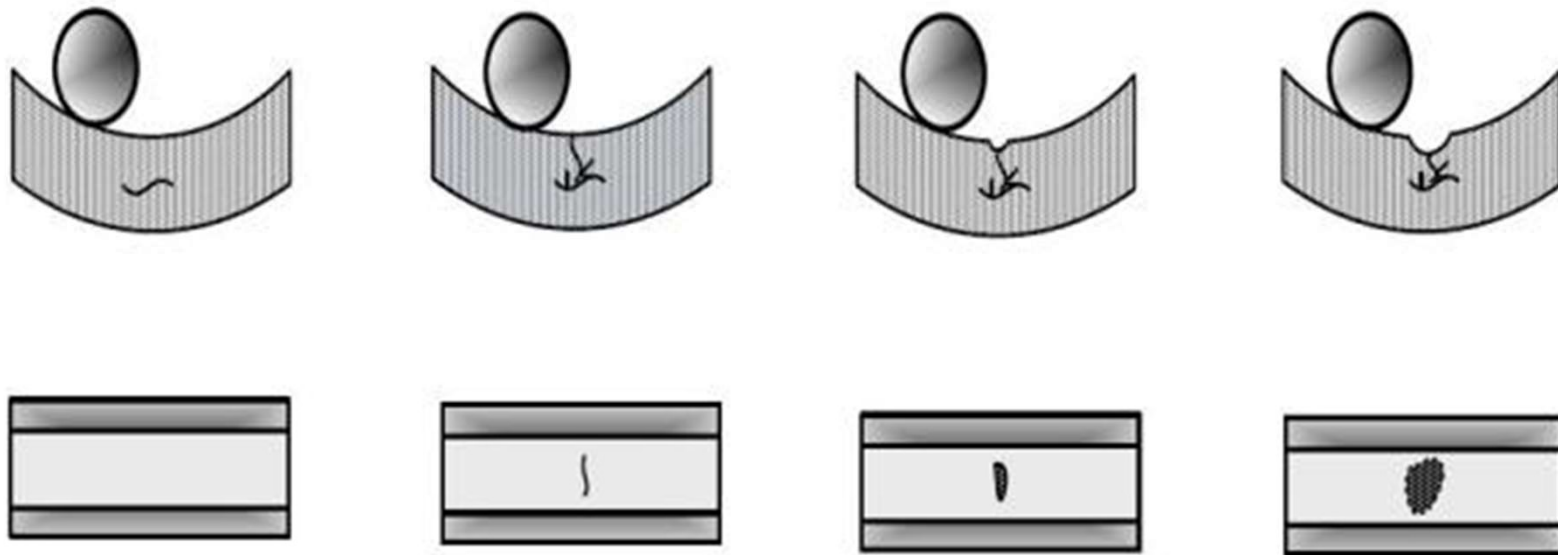
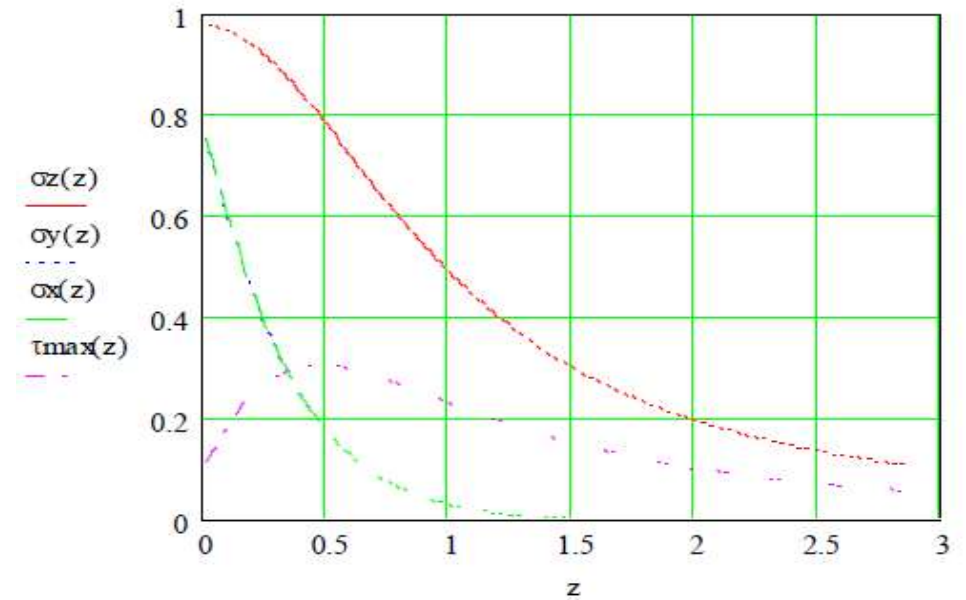
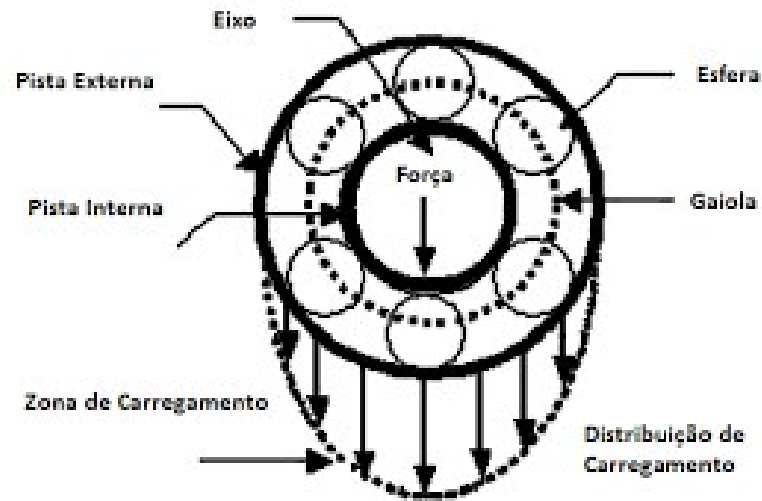
Causa: Instalação inadequada.





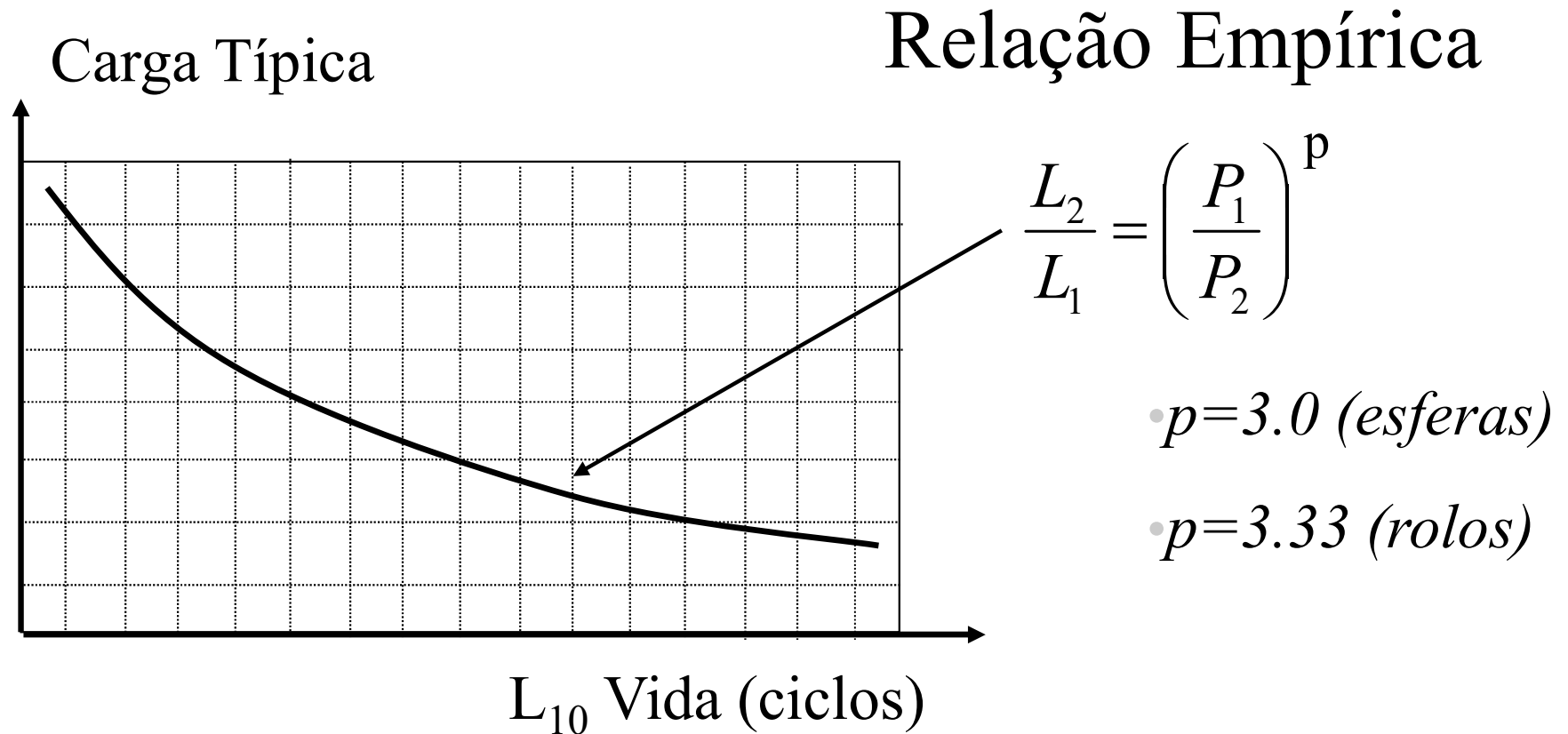
*Componente
em Falha*

Fadiga de Contato em Mancais de Rolamento



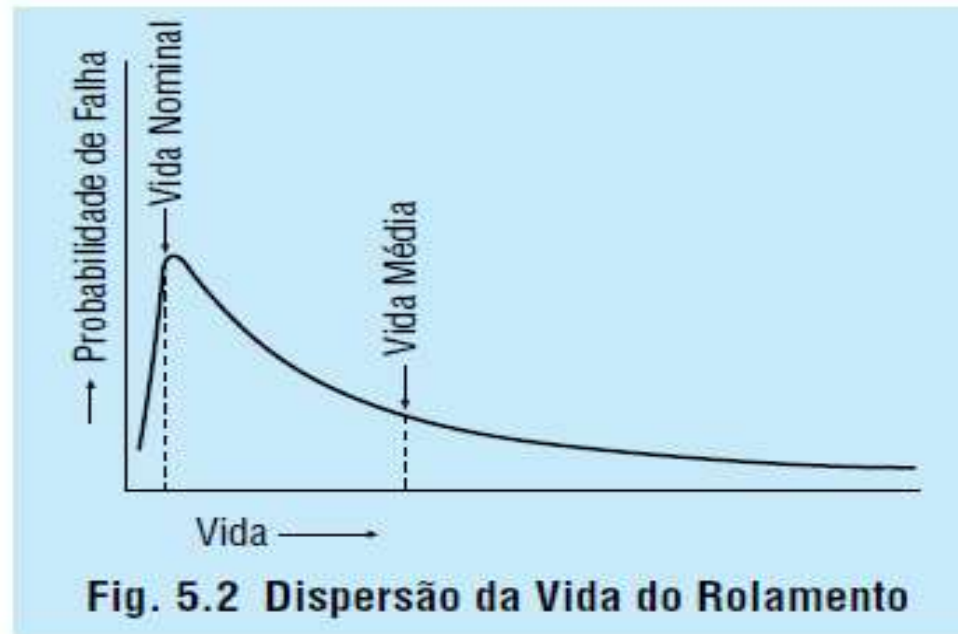
Relação Carga x Vida

□ Ensaio de Fadiga



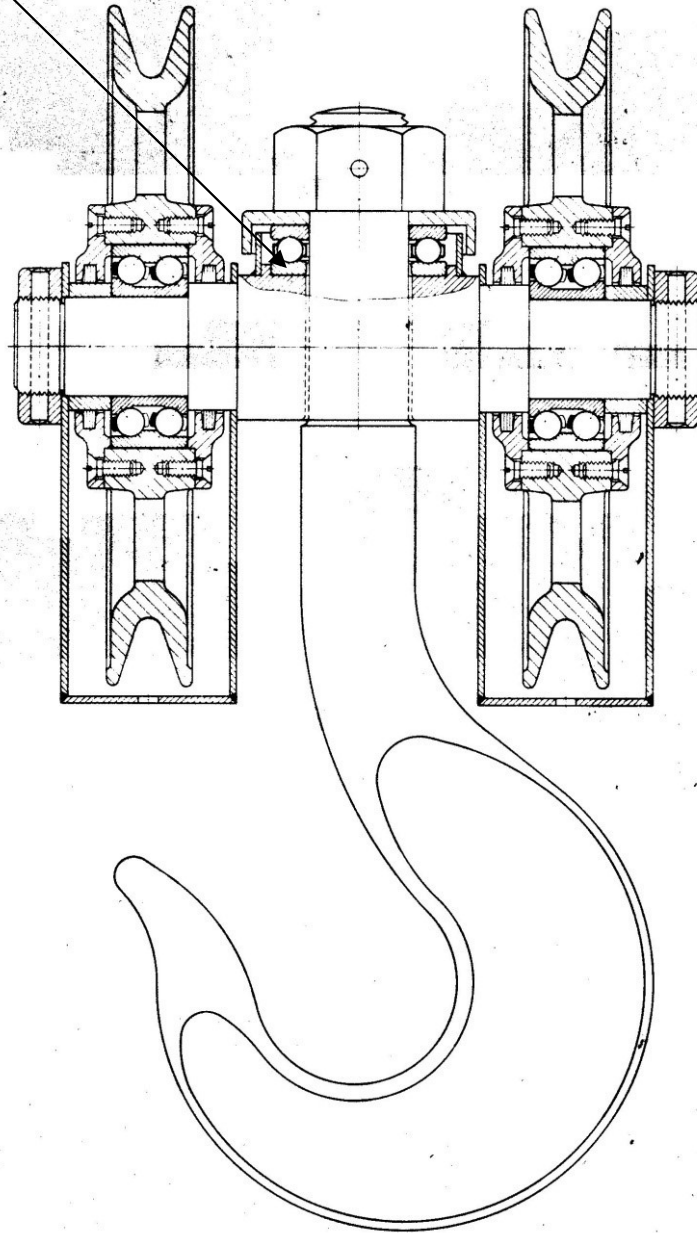
Capacidade de Carga

Dinâmica (C) => Vida de 10^6 ciclos para 90% (ou mais) dos rolamentos testados



Estática (C_0) => Deformação permanente de $0,0001 \delta$ (diâmetro do elemento rodante)

Rolamento não gira completamente



Vida Nominal Ajustada

$$L_{10} = a_1.a_2.a_3.(C/P)^p$$

L_{10} = Vida em 10^6 ciclos

P = Carga Dinâmica Equivalente

a_1 = fator de confiabilidade

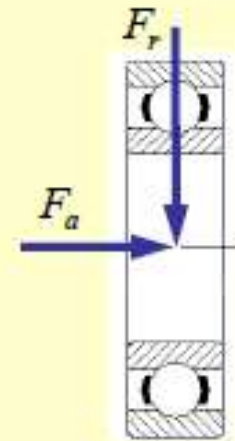
a_2 = fator de material

a_3 = fator de serviço – lubrificação

$p = 3$ para rolamento de esferas e $10/3$
para rolamentos de rolos

- carga radial e axial combinadas (carga estática equivalente)

$$P_0 = X_0 F_r + Y_0 F_a$$



P_0 = Carga estática equivalente aplicada

X_0 = Fator radial (definido pelo fabricante)

Y_0 = Fator axial (definido pelo fabricante)

F_r = Força radial

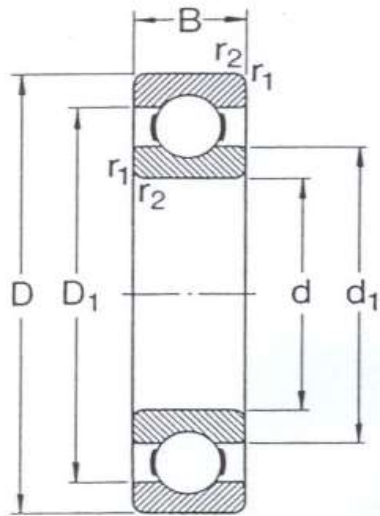
F_a = Força axial

Carga Dinâmica Equivalente

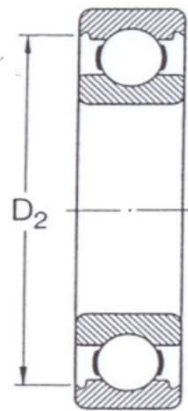
$$P = X F_r + Y F_a$$

$\frac{f_0 F_a}{C_{0r}}$	e	$\frac{F_a}{F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{F_r} > e$	
		X	Y	X	Y
0,172	0,19	1	0	0,56	2,30
0,345	0,22	1	0	0,56	1,99
0,689	0,26	1	0	0,56	1,71
1,03	0,28	1	0	0,56	1,55
1,38	0,30	1	0	0,56	1,45
2,07	0,34	1	0	0,56	1,31
3,45	0,38	1	0	0,56	1,15
5,17	0,42	1	0	0,56	1,04
6,89	0,44	1	0	0,56	1,00

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 P_u	Velocidades de referência		Massa	Designação	
d	D	B	dinâm. C	estát. C_0		Lubrificação				
mm			N	N	N	r/min	graxa	óleo	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

Seleção de um Rolamento

- 1- Definir o tipo de rolamento (radial, axial ou misto – rígido ou autocompensador)
- 2- Definir o tipo de elemento rodante (esfera* ou rolo)
- 3- Definir a Vida em horas
- 4- Definir as cargas sobre o rolamento
- 5- Definir a confiabilidade e os fatores de material e lubrif.
- 6- Calcular a Vida L_{10}
- 7- Calcular a Capacidade de Carga requerida C
- 8- Escolher o Rolamento mais adequado no catálogo
- 9- Recalcular a Vida em horas

Tabela 5.5 Valores de Coeficiente de Carga f_w

Condições de Operação	Exemplos de Aplicação	f_w
Operação suave e sem choque	Motores elétricos, máquinas operatrizes, ar condicionado	1 a 1,2
Operação normal	Sopradores, elevadores, compressores, guindastes, máquinas para indústria de papel	1,2 a 1,5
Operação com choque, vibração ou ambos	Máquinas de construção civil, britadores, peneiras vibratórias, laminadores	1,5 a 3

Coeficiente de Carga
Rolamento NSK

Vida Recomendada para o
Rolamento
Shigley – Mechanical
Engineering Design

Tabela 11-4

Recomendações acerca da vida de mancais para várias classes de maquinaria.

Tipo de aplicação	Vida, kh
Instrumentos e aparatos de uso não frequente	Até 0,5
Motores de aeronaves	0,5-2
Máquinas para operação curta, ou intermitente, em que a interrupção do serviço é de importância menor	4-8
Máquinas para serviço intermitente em que a confiabilidade de operação é de grande importância	8-14
Máquinas para serviço de 8 h que não são utilizadas de maneira plena	14-20
Máquinas para serviço de 8 h que são utilizadas de maneira plena	20-30
Máquinas para serviço contínuo de 24 h	50-60
Máquinas para serviço de 24 h em que a confiabilidade é de importância extrema	100-200

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. Pedese definir as vidas para confiabilidades de 90% e 97%

⇒ Código 6208

MANCAL RÍGIDO DE UMA CARREIRA DE ESFERAS

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

• CONFIABILIDADE DE 90%

$$L_{10} = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^3 \quad \textcircled{3} \sim \text{MANCAL DE ESFERAS}$$

}
↓

L CONSIDERADAS IGUAL A 1,0

(CONDIÇÕES DE USO CONFORME DADOS DO FABRICANTE)

1,0

(CONFIABILIDADE DE 90%)

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

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

• CONFIABILIDADE DE 97%

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

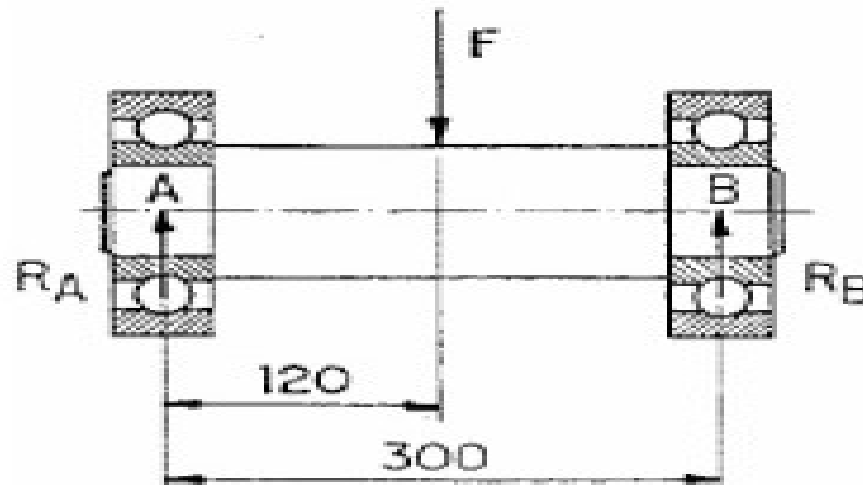
↳ PARA CONFIABILIDADE 97% $a_1 = 0,44$ (TABELADO PELO FABRICANTE)

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

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

Exercício 2

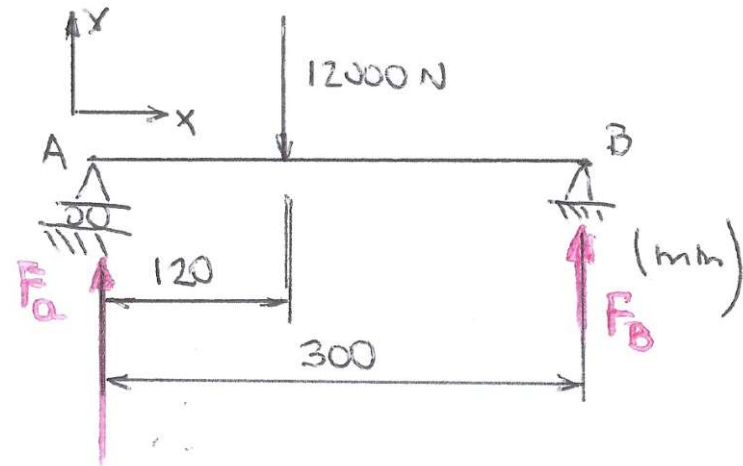
O eixo de um equipamento gira a uma rotação de 800 rpm. Determine os mancais de rolamento rígidos de devem ser instalados em suas extremidades, sendo a vida esperada de 5000 horas para uma confiabilidade de 90%



$$F=12000\text{N}$$

O MODELO PARA CÁLCULO DOS ESFORÇOS ADIVANTES NO ROLAMENTO É:

• VIGA BI-APOIADA (ROLAMENTOS SÃO OS APOIOS):



• EQUILÍBRIO DE FORÇAS

$$12000 = F_A + F_B \quad (\sum F_y = 0)$$

• EQUILÍBRIO DE MOMENTOS

$$\sum M_A = 0 \rightarrow -12000 \times 120 + F_B \times 300 = 0$$

$$F_B = 4800 \text{ N}$$

$$F_A = 12000 - 4800 = 7200$$

$$\bar{F}_A = 7200 \text{ N}$$

• VIDA REQUERIDA P/ OS MANCAIS: 5000 hrs

• CONFIABILIDADE = 90%

• CAPACIDADE DE CARGA REQUERIDA:

$$L_{10} h = \frac{L_{10} \times 10^6}{60 \times m} = \frac{10^6}{60 \times m} \times \underset{\uparrow}{1} \times \left(\frac{C}{P}\right)^3 \Rightarrow \left(\frac{C}{P}\right)^3 = \frac{L_{10} h \times 60 \times m}{10^6}$$

$$a_1 = 1 \text{ (Confabilidade 90\%)}$$

(CAPACIDADE REQUERIDA DO MANCAL)

$$C = P \times \sqrt[3]{\frac{L_{10} h \times 60 \times m}{10^6}}$$

• PARA O CASO EM ESTUDO

$$C = P \cdot \sqrt[3]{\frac{5000 \times 60 \times 800}{10^6}} = P \cdot 6,2145$$

• PARA A POSIÇÃO A

$$P = F_A = 7200 \text{ N} \rightarrow C = 7200 \times 6,2145$$

$$C = 44.744 \text{ N}$$

MANCAL SELECIONADO: 6407 $\Rightarrow C_{\text{MANCAL}} = 55.300 \text{ N}$ (CONSIDERANDO O CATÁLOGO DISPONÍVEL NAS NOTAS DE AULA)

$$d_i = 35 \text{ mm}$$

$$D = 100 \text{ mm}$$

$$B = 25 \text{ mm}$$

• PARA A POSIÇÃO B

$$P = F_B = 4800 \text{ N} \rightarrow C = 4800 \times 6,2145$$

$$C = 29829 \text{ N}$$

MANCAL SELECIONADA: 6307 $\Rightarrow C_{\text{MANCAL}} = 33.200 \text{ N}$ (CONSIDERANDO O CATÁLOGO DISPONÍVEL NAS NOTAS DE AULA)

$$d_i = 35 \text{ mm}$$

$$D = 80 \text{ mm}$$

$$B = 21 \text{ mm}$$

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