

GGB HPM™/HPF™

**Mancais Autolubrificantes
de Filamentos Enrolados**

Energia Renovável



Manual do Projetista



GGB

BEARING TECHNOLOGY

an EnPro Industries company

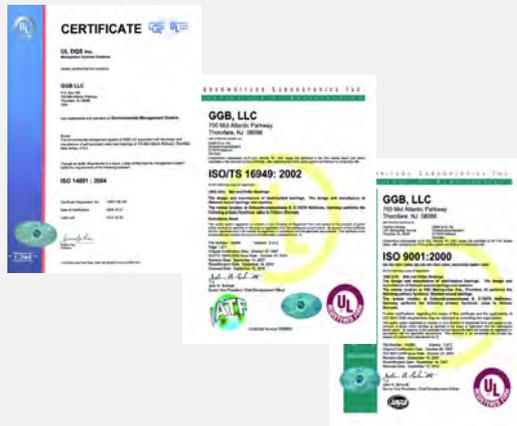
Qualidade

Todos os produtos descritos neste manual são manufaturados sob sistemas integrados de gestão certificados pela DIN EN ISO 9001, ISO/TS 16949 e ISO 14001.

Os certificados podem ser carregados como PDF pelo nosso website www.ggbearings.com.

Adicionalmente, a GGB North America também é certificada conforme AS9100 revisão B, atendendo aos requisitos do sistema de gestão da indústria aeroespacial para fabricação de buchas metalpolímero e buchas e anéis de fibras enroladas.

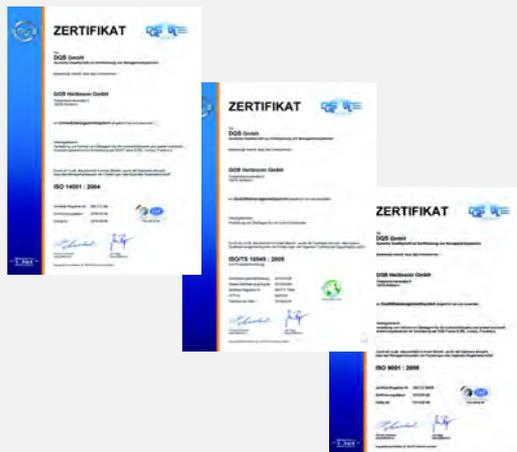
EUA



FRANÇA



ALEMANHA



BRASIL



ESLOVÁQUIA



CHINA



Símbolos de fórmulas e unidades

Símbolo	Unidade SI	Unidade ANSI	Descrição
a_B	-	-	Fator dimensão do mancal
a_E	-	-	Fator de alta carga
a_M	-	-	Fator contramaterial
a_S	-	-	Fator rugosidade
a_T	-	-	Fator temperatura
B	mm	in	Comprimento nominal da bucha
C_D	mm	in	Folga diametral instalada
D_H	mm	in	Diâmetro do alojamento
D_i	mm	in	Øint nominal da bucha Øint nominal do anel de encosto
D_o	mm	in	Øext nominal da bucha Øext nominal do anel de encosto
D_J	mm	in	Diâmetro do eixo
E	MPa	lbf/in ²	Módulo de elasticidade
F	N	lbf	Carga
L_Y	-	-	Vida útil em anos
L_Q	-	-	Vida útil, ciclos
n	1/min	1/min	Rotação
n_{osc}	1/min	1/min	Rotação para movimento oscilatório
p	MPa	lbf/in ²	Carga específica
p_{lim}	MPa	lbf/in ²	Limite de carga específica
$p_{sta,max}$	MPa	lbf/in ²	Carga estática máxima
$p_{dyn,max}$	MPa	lbf/in ²	Carga dinâmica máxima
R_a	µm	µin	Rugosidade da superfície (DIN 4768, ISO/DIN 4287/1)
s	mm	in	Espessura de parede
S	µm	µin	Contração
S_D	mm	in	Deflexão relativa
S_L	mm	in	Espessura da camada de deslizamento
S_S	mm	in	Espessura da placa de deslizamento
S_T	mm	in	Espessura do anel de encosto
T	°C	°F	Temperatura
T_{amb}	°C	°F	Temperatura ambiente
T_{max}	°C	°F	Temperatura máxima
T_{min}	°C	°F	Temperatura mínima

Símbolo	Unidade SI	Unidade ANSI	Descrição
t_h	min/h	min/h	Tempo de operação
t_d	h/día	h/día	Tempo de operação
t_y	día/año	día/año	Tempo de operação
v	m/s	ft/min	Velocidade de deslizamento
v_{lim}	m/s	ft/min	Velocidade de deslizamento máxima
μ	-	-	Coefficiente de atrito
α_1	1/10 ⁶ K	1/10 ⁶ K	Coefficiente de expansão térmica linear
σ_c	MPa	lbf/in ²	Limite de resistência à compressão
λ_B	W/m ² ·K	BTU·in/hr·ft ² ·°F	Conductividade térmica
φ	°	°	Deslocamento angular
Δs_a	mm	in	Desgaste permissível

Conversão de unidades

Conversões do SI para ANSI

1 mm	0.0394 in
1 m	3.2808 ft
1 Newton = 1N	0.225 lbf
1 MPa = 1 N/mm ²	145 lbf/in ²
1 m/s	196.85 ft/min
°C	(°F-32)/1.8

Conversões do ANSI para SI

1 in	25.4 mm
1 ft	0.3048 m
1 lbf	4.448 N
1 lbf/in ²	0.0069 MPa = 0.0069 N/mm ²
1 ft/min	0.0051 m/s
°F	(1.8 x °C) +32

mm = milímetros

m = metros

ft = pé

in = polegada

N = Newton

W = Watt

MPa = Mega Pascal = N/mm²

lbf = libra força

min = minuto

h = hora

m/s = metros/segundo

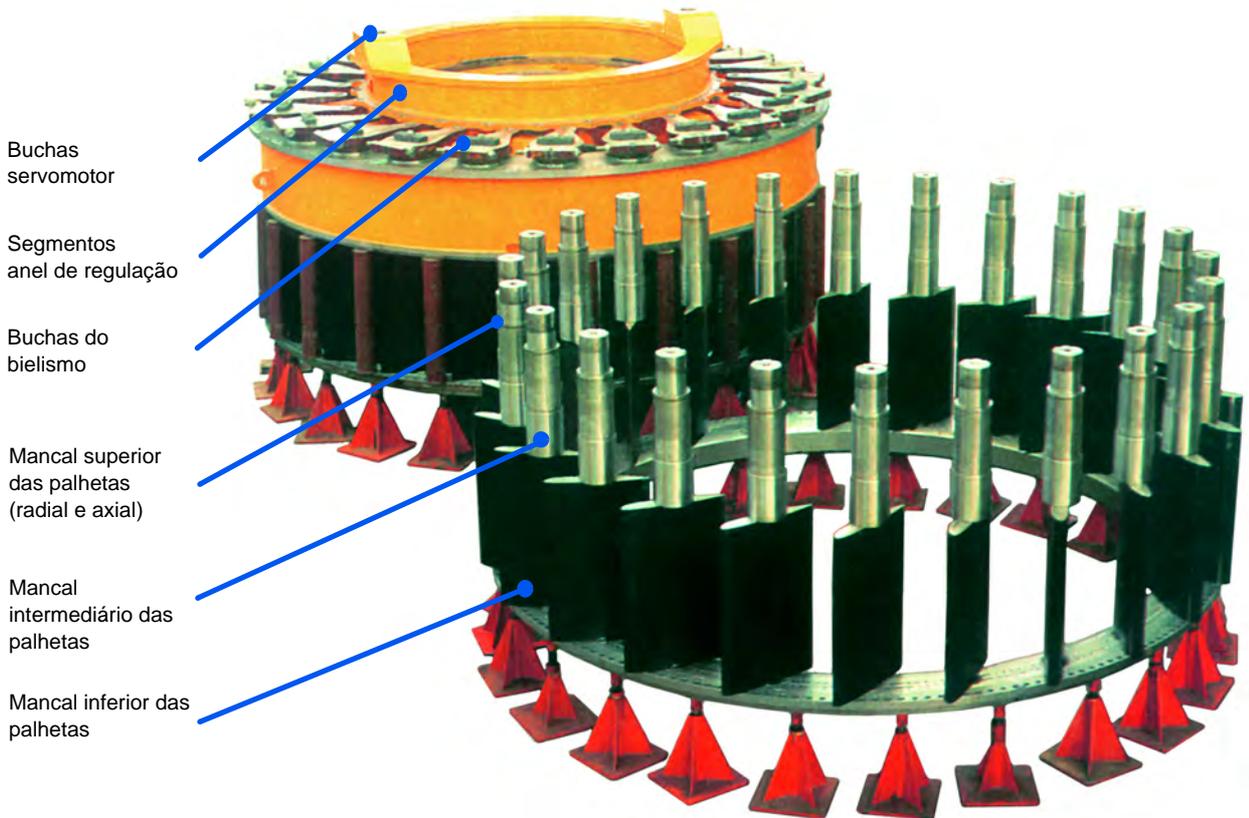
°F = graus Fahrenheit

°C = graus Celsius

K = graus Kelvin

BTU = Unidade Térmica Britânica

Exemplos de Aplicações Hidroelétricas – Turbina Francis



Aplicações

Comportas

- Comporta tomada d'água
- Comporta vagão
- Comporta segmento
- Comporta ensecadeira
- Eclusas
- Limpa grades
- Grades de peixes

Válvulas

- Válvula borboleta
- Válvula esférica

Turbinas Francis

- Servomotor
- Anel de regulação (radial e axial)
- Bielismo
- Palhetas diretrizes (radial e axial)

Turbinas Kaplan

- (adicional pelo rotor Kaplan)
- Servomotor
- Bielismo
- Placas de guia para atuadores
- Pás (mancal interno, externo e axial)

Turbinas Pelton

- Injetores
- Defletores

Índice

Qualidade	I	7 Instalação	17
Símbolos de fórmulas e unidades	II	7.1 Montagem de Buchas	
Exemplos de Aplicações		Cilíndricas HPM™	17
Hidroelétricas – Turbina Francis	III	Montagem de buchas HPM™	
Aplicações	III	por prensagem	17
		Montagem de buchas HPM™	
		por resfriamento	18
1 Introdução	4	7.2 Montagem de placas	
1.1 Características Gerais		e segmentos HPF™	21
e Vantagens	4	Fixação de placas de	
Amplas Possibilidades		deslizamento com parafusos	
de Aplicação	5	de cabeça chata	21
Operação com Baixo Atrito	5	Montagem das placas com	
Excelente Estabilidade		dispositivo de fixação	22
Dimensional	5	Quantidade de Parafusos	
Ampla Gama de Dimensões		e Espaçamento	23
e Geometrias	5		
2 Estrutura e Composição	6	8 Dimensões	
3 Propriedades	6	Recomendadas	24
3.1 Propriedades Físicas		8.1 Dimensões para	
e Mecânicas	6	buchas cilíndricas HPM™	24
3.2 Resistência Química	7	Especificação de compra	
		das buchas.	24
4 Contramateriais	8	Dimensões	24
5 Lubrificação	9	Tolerâncias	26
6 Predição de Vida Útil	9	8.2 Dimensões das placas HPF™	26
6.1 Fatores de Projeto	9	9 Tolerâncias ISO	27
6.2 Carga Específica p	9	9.1 Tolerâncias para Furos	27
6.3 Velocidade de Deslizamento v	10	9.2 Tolerâncias para eixos	28
Buchas	10	10 Folha de dados técnicos	29
Aneis de Encosto	10		
6.4 Fator pv	10		
6.5 Predição da Vida em Ciclos L_Q	11		
Fator de Alta Carga, a _E	11		
Fator Contramaterial - a _M	11		
Fator Comprimento a _{B/Di}	12		
Fator Rugosidade - a _S	12		
Fator Dimensão do Mancal - a _B	13		
Fator Temperatura - a _T	13		
Tipo de Carregamento	14		
Desgaste Permissível D _{s_a}	14		
6.6 Calculando a Vida Útil			
em Anos	15		
6.7 Exemplo de Cálculo	15		
6.8 Desalinhamento	16		

1 Introdução

O objetivo deste manual é divulgar informações técnicas abrangentes sobre as características dos materiais autolubrificantes de elevada capacidade de carga HPM™ e HPF™ da GGB, desenvolvidos especificamente para as aplicações hidroelétricas. As informações aqui apresentadas permitem que o projetista estabeleça o material mais adequado para uma aplicação específica. Os serviços de aplicações e engenharia de desenvolvimento da GGB estão à disposição para auxiliá-lo com projetos exclusivos.

A GGB é a maior fabricante mundial de mancais de deslizamento poliméricos para aplicações isentas ou com pouca manutenção. Incluem-se aqui um portfólio de

produtos bastante amplo, incluindo mancais metalpolímero, materiais termoplásticos, materiais compósitos e monometálicos.

Estamos continuamente aprimorando e ampliando nosso conhecimento teórico e experimental e, portanto, ao utilizar este manual é sempre interessante contatarmos caso alguma informação adicional seja necessária.

Como não é possível cobrir todas as condições de operação que podem aparecer na prática, aconselhamos que os clientes conduzam ensaios em protótipos sempre que possível.

1.1 Características Gerais e Vantagens

Os mancais HPM™ são compósitos autolubrificantes, reforçados com fibras de vidro, que são produzidas por uma técnica especial de enrolamento. O material base garante a resistência necessária, enquanto que a camada de deslizamento contém fibras especiais e lubrificantes sólidos que garantem excelentes propriedades tribológicas, mesmo em ambientes severos ou na eventualidade de elevadas cargas de borda. Os lubrificantes sólidos

foram desenvolvidos para garantir coeficiente de atrito extremamente reduzido, bem como baixas taxas de desgaste em condições de operação a seco.

O material plano HPF™ também é um material compósito constituído de uma camada de deslizamento autolubrificante e um suporte em material compósito, oferecendo as mesmas excelentes características dos mancais HPM™.

Os materiais HPM™ e HPF™ oferecem as seguintes características:

- **Operação livre de manutenção – não necessita lubrificação adicional**
- **Alta capacidade de carga dinâmica e estática**
- **Resistente a cargas de impacto e de borda**
- **Baixo atrito e taxa de desgaste – longa vida útil**
- **Adequado para movimentos rotativos, oscilatórios e lineares**
- **Dimensionalmente estável, com absorção de água desprezível – adequado para aplicações submersas**
- **Excelente resistência à corrosão**
- **Ambientalmente correto – atende à norma europeia RoHS**
- **Massa 75% menor quando comparados a um mancal metálico de dimensões equivalentes.**
- **Mancais HPM podem ser usinados para os diâmetros interno e externo requeridos.**

Amplas Possibilidades de Aplicação

Testes em laboratórios e em campo demonstram que os mancais HPM e HPF possuem desempenho excepcional numa grande variedade de aplicações críticas a seco e lubrificadas. Incluem-se aí os mancais dos servomotores, segmentos do anel de regulação, mancais do bielismo, man-

cais das palhetas diretrizes, placas de deslizamento de comportas de tomada d'água, roldanas de comportas vagão, buchas para limpa grades, grades de peixe, munhões das pás Kaplan, injetores e defletores Pelton, mancais para válvulas esféricas e borboleta, entre outros.

Operação com Baixo Atrito

Os mancais GGB HPM™ e HPF™ são particularmente eficientes em aplicações em que o movimento relativo não é suficientemente amplo para promover a circulação de óleo ou graxa utilizado em man-

cais convencionais. A lubricidade natural do PTFE utilizado na camada de deslizamento garante baixo atrito em aplicações a seco.

Excelente Estabilidade Dimensional

Ao contrário dos materiais não metálicos convencionais para mancais, a estrutura compósita de elevada resistência dos materiais HPM™ e HPF™ oferecem um coeficiente de dilatação térmica similares aos do aço e ferro fundido. Isto garante retenção segura no alojamento independente da temperatura de operação e risco

reduzido de se alterar as folgas de trabalho a temperaturas elevadas principalmente quando comparados ao bronze e materiais não metálicos concorrentes.

Além disso, os mancais HPM™ e HPF™ possuem taxas de absorção e inchamento desprezíveis.

Ampla Gama de Dimensões e Geometrias

Os mancais HPM™ estão disponíveis em diâmetro interno de 16 mm a 500 mm com espessuras de parede de 2,0 a 12,5 mm e comprimentos de até 600 mm.

As placas de deslizamento HPF™ estão disponíveis em espessuras padrão de 6, 8 e 10 mm. Buchas cilíndricas HPF™ também estão disponíveis sob encomenda.



Fig. 1: Formas padrão

2 Estrutura e Composição

HPM™: a camada de deslizamento é composta por filamentos contínuos de alta resistência e PTFE enrolados, impregnados em resina epóxi com lubrificantes sólidos como aditivos, projetada para garantir boas propriedades tribológicas. A camada externa é composta por uma estrutura em resina reforçada com fibras de vidro que garante elevada capacidade de carga. O processo de enrolamento contínuo utilizado na produção dos mancais garante

que não haja separação entre as camadas de deslizamento e de base durante a operação.

HPF™: a superfície de deslizamento consiste em uma camada de PTFE desenvolvida internamente, que é adesivada ao material compósito que lhe serve de base. O material compósito de base consiste em malhas de fibra de vidro impregnadas e curadas em resina epóxi.

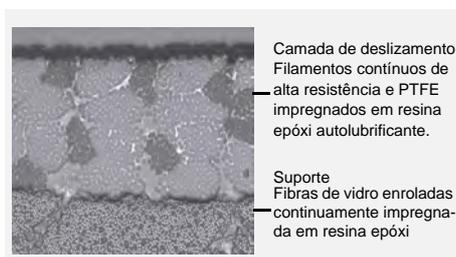


Fig. 2: Microseção do mancal HPM™

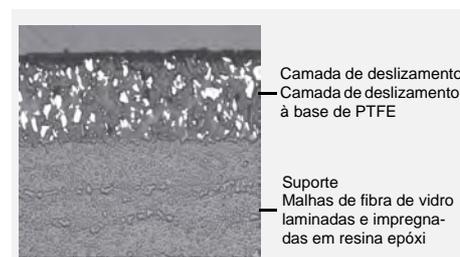


Fig. 3: Microseção do material HPF™

3 Propriedades

3.1 Propriedades Físicas e Mecânicas

Propriedades da camada de deslizamento	HPM™	HPF™	Unidade
Peso específico	1.87	1.90	-
Absorção de água (24h)	0.15	0.05	%
Coefficiente de expansão térmica α_1	12.6	comprimento: 10.8	$10^{-6}/K$
Fator de condutividade térmica λ_B	0.26	0.29	W/mK
Módulo de elasticidade E	10 000-14 000	12 000-14 000	MPa
Limite de resistência à compressão σ_c	345	380	MPa
Carga específica estática máx. $p_{sta,Max}$	210	180	MPa
Carga específica dinâmica máx. $p_{dyn,Max}$	140	140	MPa
Velocidade máxima de deslizamento, seco v_{lim}^{*1}	0.13	1.0	m/s
Valor máximo p_v , seco	1.23	1.23	MPa x m/s
Temperatura máxima de operação T_{max}	+160	+140	°C
Temperatura mínima de operação T_{min}	-196	-196	°C
Coefficiente de atrito, seco μ	0.03-0.12	0.02-0.10	-
Coefficiente de atrito, água μ	0.03-0.12	0.02-0.08	-
Contramaterial			
Acabamento superficial eixo ideal R_a	0.20-0.80	0.20-0.80	μm
Dureza mínima do eixo	>180	>180	HB
*1) Para velocidades mais elevadas por favor, contate a GGB.			

Tabela 1: Propriedades dos mancais HPM/HPF

3.2 Resistência Química

Os produtos HPM™ e HPF™ são resistentes a uma grande variedade de produtos químicos, incluindo ácidos, bases, soluções salinas, óleos, combustíveis, álcoois, solventes e gases. A resistência química para alguns produtos químicos usuais é mostrada na Tabela 2.

	HPM	HPF
Ácidos 10%		
Acético	Sim	Sim
Arsênico	Não	Sim
Bórico	Sim	Sim
Carbônico	Não	Não
Cítrico	Sim	Sim
Hidrolórico	Sim	Sim
Fluorídrico	Não	Não
Nítrico	Não	Não
Sulfúrico	Sim	Sim
Bases 10%		
Hidróxido de Alumínio	Sim	Sim
Hidróxido de Cálcio	Sim	Sim
Hidróxido de Magnésio	Sim	Sim
Hidróxido de Potássio	Sim	Sim
Hidróxido de Sódio	Sim	Sim
Álcoois		
Acetol	Sim	Sim
Alil	Não	Não
Amil	Sim	Sim
Butil	Não	Não
Etil	Sim	Sim
Isobutil	Sim	Sim
Isopropil	Sim	Sim
Metil	Sim	Sim
Propil	Sim	Sim
Gases		
Acetileno	Não	Não
Butano	Sim	Sim
Dióxido de Carbono	Sim	Sim
Cloro	Não	Sim
Éteres	Sim	Sim
Flúor	Não	Não
Hidrogênio	Sim	Sim
Gás Natural	Sim	Sim
Nitrogênio	Sim	Sim
Ozônio	Sim	Sim
Propano	Sim	Sim
Dióxido de enxofre	Sim	Sim
Combustíveis		
Diesel	Sim	Sim
Gasolina	Sim	Sim
Querosene aeronáutico	Sim	Sim

Tabela 2: Resistência química

É recomendado que a resistência química seja testada para aquelas aplicações sujeitas a tal influência. Um teste efetivo (ASTM D 543) é submergir uma amostra no produto químico por sete dias à temperatura máxima de operação esperada. Se houver alteração em massa, dimensões ou resistência à compressão, o mancal não é resistente àquele produto.

	HPM	HPF
Querosene	Sim	Sim
Óleos		
Algodão	Sim	Sim
Petróleo	Sim	Sim
Fluídos hidráulicos	Sim	Sim
Linhaça	Sim	Sim
Motor	Sim	Sim
Fluido Transmissão	Sim	Sim
Solventes		
Acetona	Sim	Sim
Benzeno	Não	Não
Tetracloro de Carbono	Sim	Sim
Cloreto de Metileno	Não	Não
Metiletilcetona	Sim	Sim
Nafta	Sim	Sim
Toluol	Sim	Sim
Tricloroetano	Não	Sim
Sais		
Cloreto de Alumínio	Sim	Sim
Nitrato de Alumínio	Sim	Sim
Sulfato de Alumínio	Sim	Sim
Cloreto de Cálcio	Sim	Sim
Cloreto de Ferro	Sim	Sim
Carbonato de Magnésio	Sim	Sim
Cloreto de Magnésio	Sim	Sim
Sulfato de Magnésio	Sim	Sim
Acetato de Sódio	Sim	Sim
Bicarbonato de Sódio	Sim	Sim
Bisulfato de Sódio	Sim	Sim
Cloreto de Sódio	Sim	Sim
Nitrato de Sódio	Sim	Sim
Sulfato de Zinco	Sim	Sim
Outros		
Amônio anidro	Não	Não
Detergentes	Sim	Sim
Etilenoglicol	Sim	Sim
Formaldeído	Sim	Sim
Freon	Sim	Sim
Peróxido de hidrogênio	Não	Não
Limão	Sim	Sim
Água	Sim	Sim
Água do mar	Sim	Sim

4 Contramateriais

Contramateriais com dureza mínima de 180 HB são recomendados para utilização com os mancais GGB HPM™ e HPF™. Em caso de ambientes abrasivos, contramateriais com tratamento térmico e níveis elevados de dureza são recomendados. Os mancais HPM™ possuem boas propriedades de absorção de partículas abrasivas; no entanto, a utilização de vedações é recomendada.

A rugosidade superficial quando utilizando HPM/HPF deve ser $R_a = 0.2$ a $0.8 \mu\text{m}$ (obtida por retífica).

Rugosidades maiores podem ser aceitáveis dependendo das condições de operação. Para o efeito na vida útil, veja Fig. 7, Página 12.

A resistência à corrosão do contramaterial deve ser determinada de acordo com as condições de operação. A tabela a seguir resume alguns materiais recomendados.

Contramateriais para aplicações típicas				
Número do Material	DIN	Normas equivalentes		
		EUA AISI	GB B.S. 9 70	F AFNOR
1.0543	ZSt60-2	Grade 65	55C	A60-2
1.0503	C45	1045	080M46	CC45
1.7225	42CrMo4	4140	708M40	42CD4

Tabela 3: Contramateriais para aplicações típicas

Contramateriais para ambientes corrosivos				
Número do Material	DIN	Normas equivalentes		
		EUA AISI	GB B.S. 9 70	F AFNOR
1.4021	X 20Cr13	420	420S37	Z20C13
1.4024	X 15Cr13	410	-	-
1.4057	X 17CrNi16-2	431	432S29	Z15CN16.02
1.4112	X 90CrMoV18	440B	-	(Z70CV17)
1.4122	X 35CrMo17-1	-	-	-

Tabela 4: Contramateriais para ambientes corrosivos

Contramateriais para aplicações em água do mar				
Número do Material	DIN	Normas equivalentes		
		EUA AISI	GB B.S. 9 70	F AFNOR
1.4460	X 4CrNiMo27-5-3	329	-	-
1.4462	X 2CrNiMoN22-5-3	UNS531803	318513	Z3CND24-08
2.4856	Inconel 625	-	-	-

Tabela 5: Contramateriais para aplicações em água do mar

5 Lubrificação

Os mancais autolubrificantes HPM™ e HPF™ foram especialmente desenvolvidos para aplicações hidroelétricas, onde eles podem operar a seco ou submersos em água.

Entretanto, graxa pode ser utilizada para proteger e/ou purgar a área do mancal contra corrosão ou contaminantes. Em

aplicações lubrificadas onde elevados níveis de vibração estão presentes, erosão hidrostática das fibras na camada de deslizamento pode ocorrer após longos períodos de tempo. Isto deve ser monitorado para garantir a integridade durante a vida útil do equipamento.

6 Predição de Vida Útil

A seção a seguir descreve como prever a vida útil dos mancais GGB HPM™. Este método envolve o cálculo do dimensional do mancal que, na sequência, é modificado por fatores de aplicação como carga

específica, comprimento, temperatura de trabalho, contramaterial e diâmetros. Caso necessite de assistência para este cálculo, por favor, contate a GGB.

6.1 Fatores de Projeto

Como indicado anteriormente, a vida útil do mancal depende de vários fatores e estes são levados em consideração nos cálculos que se seguem. Os principais

- Limite de carga específica p_{lim}
- Velocidade de deslizamento v
- Fator p_v
- Razão diâmetro x comprimento
- Acabamento do contramaterial

parâmetros na determinação do dimensional ou na predição da vida útil para os mancais HPM™ e HPF™ são:

- Material da contra peça
- Temperatura
- Outros fatores ambientais, como por exemplo, o projeto do alojamento, sujeira, lubrificação, influências externas.

6.2 Carga Específica p

A fórmula para o cálculo da carga específica, p , é:

(6.2.1) [MPa]

$$p = \frac{F}{D_i \cdot B}$$

Onde	
p	Carga específica, [MPa]
F	Força radial [N]
D_i	Øint nominal do mancal, [mm]
B	Comprimento do mancal, [mm]

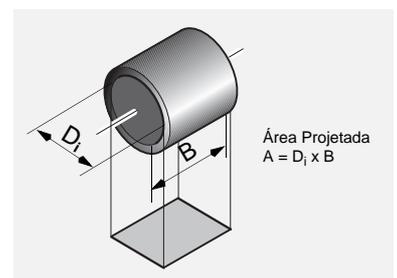


Fig. 4: Área projetada do mancal

6.3 Velocidade de Deslizamento v

Buchas

A velocidade de deslizamento v [m/s] para buchas é calculada da seguinte forma:

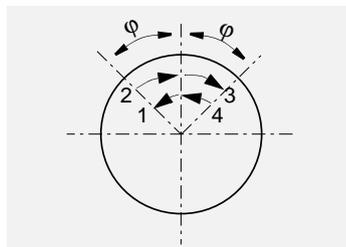


Fig. 5: Ciclo oscilatório φ

Rotação contínua

$$(6.3.1) \quad v \text{ [m/s]}$$

$$v = \frac{D_i \cdot \pi \cdot n}{60 \cdot 10^3}$$

Onde	
D_i	Øint nominal do mancal, [mm]
v	Velocidade de deslizamento, [m/s]
n	Rotação, [1/min]

Movimento Oscilatório

$$(6.3.2) \quad v \text{ [m/s]}$$

$$v = \frac{D_i \cdot \pi}{60 \cdot 10^3} \cdot \frac{4 \cdot \varphi \cdot n_{osc}}{360}$$

Onde	
v	Velocidade de deslizamento, [m/s]
n_{osc}	Frequência do movimento oscilatório, [1/min]
φ	Deslocamento angular, [°]

Anéis de Encosto

A velocidade de deslizamento v [m/s] para anéis de encosto é calculada da seguinte forma:

Rotação contínua

$$(6.3.3) \quad v \text{ [m/s]}$$

$$v = \frac{(D_o + D_i) \cdot \pi \cdot n}{2 \cdot 60 \cdot 10^3}$$

Onde	
D_o	Øint nominal do mancal, [mm]
v	Velocidade de deslizamento, [m/s]
n	Rotação, [1/min]

Movimento Oscilatório

$$(6.3.4) \quad v \text{ [m/s]}$$

$$v = \frac{(D_o + D_i) \cdot \pi}{2 \cdot 60 \cdot 10^3} \cdot \frac{4 \cdot \varphi \cdot n_{osc}}{360}$$

Onde	
v	Velocidade de deslizamento, [m/s]
n_{osc}	Frequência do movimento oscilatório, [1/min]
φ	Deslocamento angular, [°]

6.4 Fator pv

A vida útil de um mancal GGB HPM™ é governada pelo fator pv, produto da carga específica p e a velocidade de deslizamento v, conforme definido nos itens 6.2 e 6.3 respectivamente. Os fatores pv máximos indicados na Tabela 1, Página 6 são baseados em aplicações de altas cargas e baixas velocidades. Os cálculos da carga específica p, velocidade de deslizamento v e temperatura de operação devem ser utilizados em conjunto com o fator pv quando a seleção de material para uma aplicação

específica for necessária. Estes valores são então comparados contra os valores máximos divulgados de carga, velocidade, temperatura e pv para o material em questão. Para que uma aplicação tenha sucesso, cada um dos dados anteriormente listados deve estar dentro dos limites máximos recomendados. Para completar a análise do mancal, sua vida deve ser predita utilizando o método apresentado nas seções 6.5 e 6.6.

O fator é calculado da seguinte forma:

$$(6.4.1) \quad pv \text{ [MPa x m/s]}$$

$$pv = p \cdot v$$

6.5 Predição da Vida em Ciclos L_Q

A vida do mancal em ciclos L_Q para o GGB HPM™ é calculada usando a seguinte fórmula:

HPM

$$(6.5.1) \quad L_{Q,HPM} = \frac{2.54 \cdot 10^6 \cdot \Delta s_a}{pV} \cdot a_E \cdot a_M \cdot a_S \cdot a_B \cdot a_T \quad [\text{Ciclos}]$$

HPF

$$(6.5.2) \quad L_{Q,HPF} = \frac{6.32 \cdot 10^6 \cdot \Delta s_a}{pV} \cdot a_E \cdot a_M \cdot a_S \cdot a_B \cdot a_T \quad [\text{Ciclos}]$$

Onde	
L_Q	Vida útil predita, [ciclos]
pV	Fator pV , [MPa x m/s], vide 6.4
a_E	Fator de alta carga [-], vide (6.5.3)
a_M	Fator contramaterial [-], vide Tabela 6
a_S	Fator rugosidade [-], vide Fig. 7
a_B	Fator dimensão do mancal [-], vide Fig. 8
a_T	Fator temperatura [-], vide Fig. 9
Δs_a	Desgaste permissível [mm], vide Tabela 8

Os fatores de aplicação a_E , a_M , a_S , a_B , a_T e Δs_a são descritos a seguir.

Fator de Alta Carga, a_E

O fator de alta carga considera tanto o efeito da carga específica quanto a razão B/D_i (comprimento x diâmetro) do mancal. A Tabela 7 apresenta os limites de carga específica, p_{lim} , para varias condições de operação. A Fig. 6 apresenta o gráfico do fator de comprimento, a_{B/D_i} , versus B/D_i .

Uma vez que os valores de p_{lim} e a_{B/D_i} são selecionados, o fator de alta carga pode ser calculado conforme segue. Se o valor calculado de a_E for negativo, o projetista deve considerar um mancal maior em busca de reduzir a carga específica, p .

$$(6.5.3) \quad a_E = \left(\frac{p_{lim} - p}{p_{lim}} \right)^{a_{B/D_i}} \quad [-]$$

Onde	
p_{lim}	Limite de carga específica, vide Tabela 7, [MPa]
p	Carga específica, [MPa]
a_{B/D_i}	Fator B/D_i , através da Fig. 6

Fator Contramaterial - a_M

O efeito do material do eixo nos mancais autolubrificantes é mostrado na Tabela 6, que lista os fatores de contramaterial, a_M , para os materiais e acabamentos superficiais mais comuns. Quando um eixo com tratamento superficial for utilizado, o proje-

tista deve garantir que o material depositado possua resistência e aderência adequadas. No caso de ambientes abrasivos, contramateriais temperados devem ser utilizados.

Material	Fator contramaterial a_M
Aços	
Aço carbono >180 HB	1
Aço temperado	1
Aço nitretado	1
Aço inox >300 HB	1.2
Aços tratados, 0.015 mm espessura mínima de camada	
Cromo duro (polido após tratamento)	1.2
Carbeto de tungstênio	1.5
Zinco (Galvanizado)	0.2

Tabela 6: Fator contramaterial a_M

Fator Comprimento a_{B/D_i}

O comprimento do mancal também pode influenciar a distribuição da carga ao longo de sua largura. Um mancal operando com carga elevada e com um comprimento relativo muito longo irá, devido à flexão do eixo, ter cargas de borda consideráveis. Por este motivo, razões de comprimento x

diâmetro maiores que 2,0 não são recomendadas. Do mesmo modo, mancais muito curtos, com razões comprimento x diâmetro menores do que 0,25 também não são recomendáveis, já que podem haver problemas para sua retenção nos alojamentos.

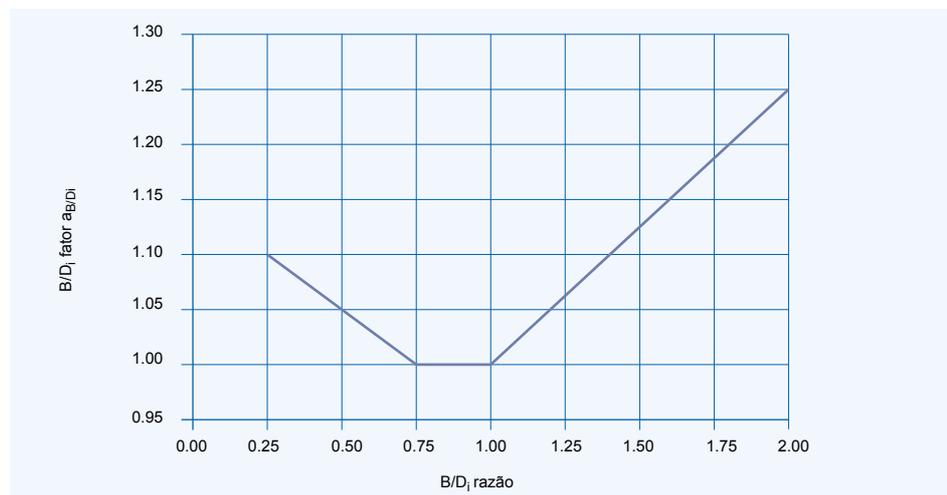


Fig. 6: B/D_i factor a_{B/D_i}

Fator Rugosidade - a_s

A rugosidade do eixo é uma importante consideração no cálculo de vida útil. A Fig. 7 mostra a relação entre o fator rugosidade, a_s , e a rugosidade em micrometros. Para aumentar a vida útil, recomenda-se utilizar rugosidades de $R_a = 0,15$ a $0,80 \mu\text{m}$ (retífica). Acabamentos mais grosseiros reduzirão a vida útil, pois eles tendem a penetrar na superfície polimérica, macia, e acelerar seu desgaste. Nos casos de usinagem por ferramenta de

corte como as de acabamento no torno, a utilização de uma lixa fina no último passe irá impactar positivamente a vida útil do mancal. Por outro lado, acabamentos muito polidos podem prejudicar a transferência do filme autolubrificante para o eixo, impactando a vida útil em aplicações a seco. Caso superfícies mais rugosas precisem ser consideradas, testes devem ser conduzidos baseados na dinâmica e nas condições de carga da aplicação.

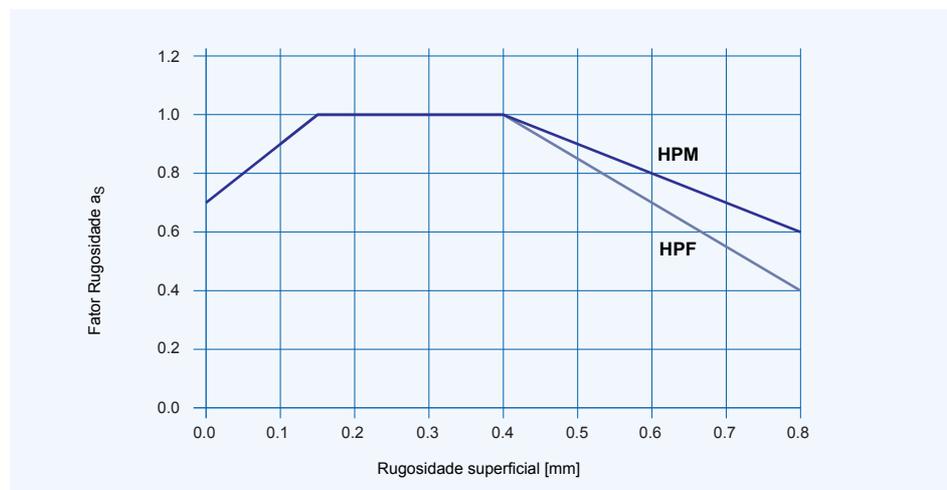


Fig. 7: Fator Rugosidade a_s

Fator Dimensão do Mancal - a_B

Com o aumento do diâmetro do mancal há uma redução na área de contato angular depois da fase de amaciamento. A área de contato reduzida aumenta a carga especí-

fica e, por isso, reduz a vida do mancal. O fator dimensão do mancal a_B versus diâmetro do eixo é mostrado na Fig. 8.

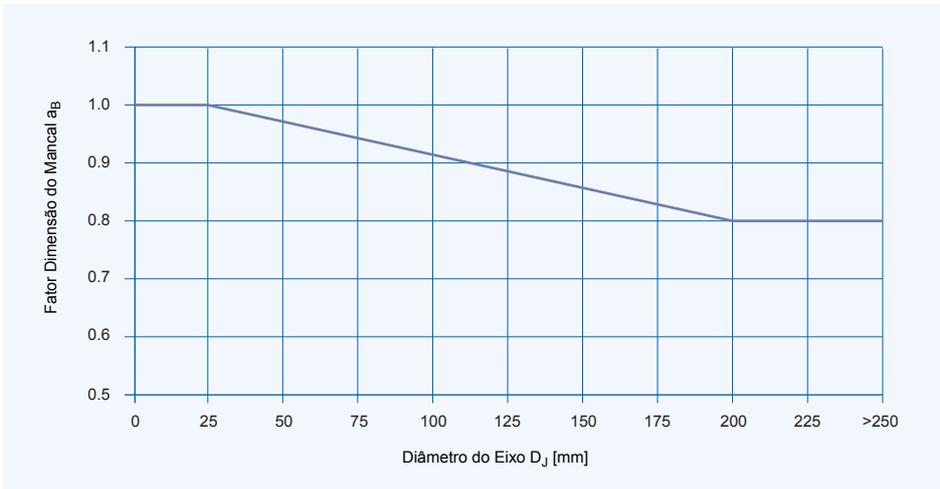


Fig. 8: Fator Dimensão do Mancal a_B

Fator Temperatura - a_T

O efeito da temperatura ambiente na vida do mancal é mostrado na Fig. 9. Temperaturas elevadas tendem a fragilizar a superfície não metálica do mancal, reduzindo sua resistência ao desgaste e sua capacidade de carga. Como a camada de deslizamento do HPF™ consiste-se basicamente de PTFE, a vida útil deste material sofrerá maior influência do que o HPM™. Se a temperatura de operação for próxima ao limite superior de 205 °C, no caso do HPF™, ou 163 °C, no caso do HPM™, por favor, contate a GGB.

mente de PTFE, a vida útil deste material sofrerá maior influência do que o HPM™. Se a temperatura de operação for próxima ao limite superior de 205 °C, no caso do HPF™, ou 163 °C, no caso do HPM™, por favor, contate a GGB.

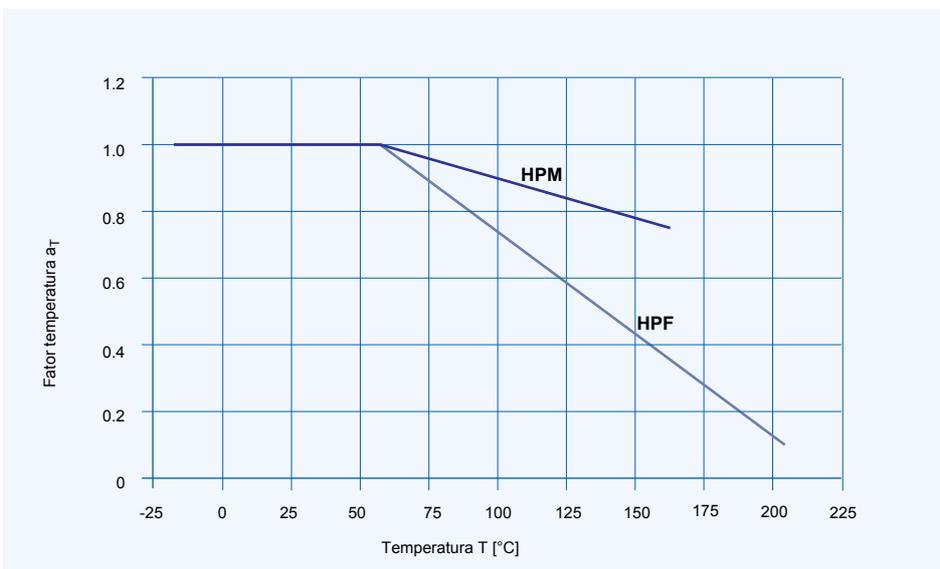


Fig. 9: Fator temperatura a_T

Tipo de Carregamento

Tipo de Carregamento	Unidades	Limite de carga p_{lim}	
		HPM	HPF
Cargas estáticas e unidirecionais em relação à superfície do mancal, com rotação em somente uma direção (Fig. 10).	MPa	138	138
Cargas estáticas e unidirecionais, com movimento oscilatório (Fig. 11).	MPa	138	138
Cargas dinâmicas, alternadas ou flutuantes, com movimento de rotação ou oscilação (Fig. 12).	MPa	103	103
Carga girante em relação à superfície do mancal, p. ex. mancal rotacionando sobre eixo estático (Fig. 13).	MPa	55 (<0.025 m/s)	14 (<0.125 m/s)

Tabela 7: Limite de carga específica, p_{lim}

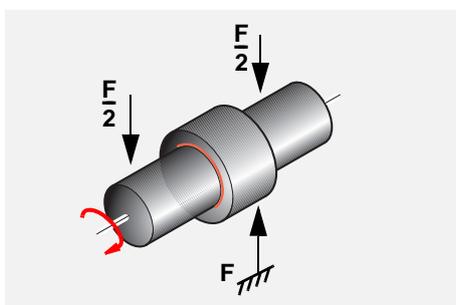


Fig. 10: Carga estática, Bucha parada, Eixo girando

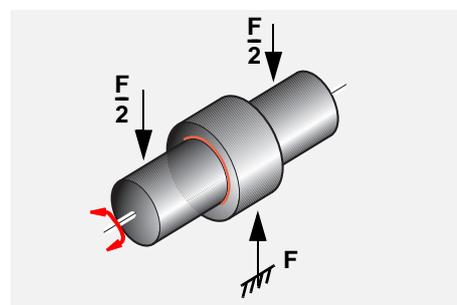


Fig. 11: Carga estática, Bucha parada, Eixo oscilando

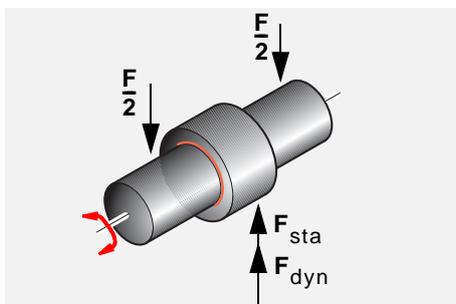


Fig. 12: Carga dinâmica, movimento de rotação ou oscilação

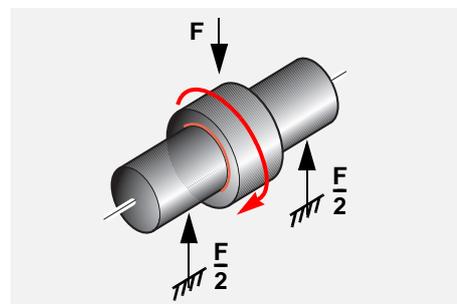


Fig. 13: Carga girante, Eixo parado, Bucha girando

Desgaste Permissível Δs_a

O desgaste permissível depende do deslocamento máximo aceitável do eixo na aplicação.

O desgaste permissível é limitado pela espessura de camada útil do mancal, que é mostrada na Tabela 8.

Caso possa trabalhar com desgastes maiores do que os listados abaixo, por favor, contate a GGB para informações sobre materiais com espessura útil especial.

Espessura útil padrão		
	Unidade	$\Delta s_{a, max}$
HPM	mm	0.63
HPF	mm	0.76

Tabela 8: Valores para $\Delta s_{a, max}$

6.6 Calculando a Vida Útil em Anos

Com base nas equações apresentadas nas seções anteriores, a vida útil em anos

pode ser calculada utilizando a seguinte equação:

Rotação contínua

$$(6.6.1) \quad L_Y = \frac{L_Q}{n \cdot t_h \cdot t_d \cdot t_y} \quad [\text{años}]$$

Movimento oscilatório

$$(6.6.2) \quad L_Y = \frac{L_Q}{n_{osc} \cdot t_h \cdot t_d \cdot t_y} \quad [\text{años}]$$

Onde	
L_Q	Vida em ciclos (6.5.1) e (6.5.2) [-]
n	Frequência do movimento (6.3.1) [-] ou Rotação, [1/min]
n_{osc}	Frequência do movimento oscilatório (6.3.1) [1/min]
t_h	Tempo de operação/hora [min/h]
t_d	Tempo de operação/dia [h/dia]
t_y	Tempo de operação/ano [dias/ano]

6.7 Exemplo de Cálculo

HPM bucha cilíndrica

Dados			
Detalhes do carregamento	Carga estática	Diâmetro interno do mancal, D_i	200 mm
	Eixo oscilando	Comprimento do mancal, B	150 mm
Eixo	Aço temperado	Carga no mancal, F	600 kN
	Rugosidade do eixo $R_a = 0.4$	Frequência, n_{osc}	3 ciclos/min
Temperatura ambiente	Sem influência se $T < 65^\circ\text{C}$	Amplitude, ϕ	15°
		Desgaste permissível Δs_a	0.38 mm
		Tempo de operação/hora, t_h	5 min/h (=8.33 %/h)
		Tempo de operação/dia, t_d	24 h/dia
		Tempo de operação/ano, t_y	365 dias/ano

Constantes de cálculo e fatores de aplicação

Limite de carga específica p_{lim}	138 MPa	(Tabela 7, Página 14)
Fator B/D_i , a_{B/D_i}	1.0	(Fig. 6, Página 12)
Fator contramaterial, a_M	1.0	(Tabela 6, Página 11)
Fator rugosidade, a_S	1.0	(Fig. 7, Página 12)
Fator dimensão do mancal, a_B	0.8	(Fig. 8, Página 13)
Fator temperatura, a_T	1.0	(Fig. 9, Página 13)

Cálculos	Referência	Valores
Carga específica p [MPa]	(6.2.1), Página 9	$p = \frac{F}{D_i \cdot B} = \frac{600000 \text{ N}}{200 \text{ mm} \cdot 150 \text{ mm}} = 20 \text{ MPa}$
Frequência n [ciclos/min]	(6.3.2), Página 10	$n = \frac{4 \cdot \phi \cdot n_{osc}}{360} = \frac{4 \cdot 15^\circ \cdot 3 \frac{1}{\text{min}}}{360^\circ} = 0.5 \frac{1}{\text{min}}$
Velocidade de deslizamento v [m/s]	(6.3.2), Página 10	$v = \frac{D_i \cdot \pi}{60 \cdot 1000} \cdot \frac{4 \cdot \phi \cdot n_{osc}}{360} = \frac{200 \text{ mm} \cdot \pi}{60 \frac{\text{s}}{\text{min}} \cdot 1000 \frac{\text{mm}}{\text{m}}} \cdot \frac{4 \cdot 15^\circ \cdot 3 \frac{1}{\text{min}}}{360^\circ} = 0.0052 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Fator p_v [MPa·m/s]	(6.4.1), Página 10	$p_v = p \cdot v = 20 \text{ MPa} \cdot 0.005 \text{ m/s} = 0.1 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$
Fator de alta carga, a_E [-]	(6.5.3), Página 11	$a_E = \left(\frac{p_{lim} - p}{p_{lim}} \right)^{a_{B/D_i}} = \left(\frac{138 \text{ MPa} - 20 \text{ MPa}}{138 \text{ MPa}} \right)^1 = 0.855$ com $B/D_i = \frac{150 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} = 0.75$
Vida útil em ciclo L_Q [ciclos]	(6.5.1), Página 11	$L_{Q,HPM} = \frac{2.54 \cdot 10^6 \cdot \Delta s_a}{p_v} \cdot a_E \cdot a_M \cdot a_S \cdot a_B \cdot a_T = \frac{2.54 \cdot 10^6 \cdot 0.38 \text{ mm}}{0.1 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}} \cdot 0.855 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.8 \cdot 1 = 6.6 \cdot 10^6 \text{ ciclos}$
Vida útil do mancal L_Y [Anos]	(6.6.2), Página 15	$L_Y = \frac{L_Q}{n_{osc} \cdot t_h \cdot t_d \cdot t_y} = \frac{6.6 \cdot 10^6 \text{ ciclos}}{3 \frac{\text{ciclos}}{\text{min}} \cdot 5 \frac{\text{min}}{\text{h}} \cdot 24 \frac{\text{h}}{\text{dia}} \cdot 365 \frac{\text{dia}}{\text{ano}}} = 50.23 \text{ anos}$

6.8 Desalinhamento

Mancais operando sem desalinhamento são carregados uniformemente ao longo de seu comprimento, como mostra a Fig. 14. A área projetada entre o eixo e o mancal é mostrada à direita, na Fig. 14. O desalinhamento do eixo reduz a área de contato e transfere a carga para as bordas do mancal, como ilustrado na Fig. 15. Com

substantial desalinhamento, a área de contato reduz-se a uma forma parabólica, como mostra a Fig. 16. A concentração de carga devido ao desalinhamento pode danificar o mancal. Se a carga de borda produzir tensões que vão além do limite de resistência à compressão do material, poderá ocorrer sua fratura.

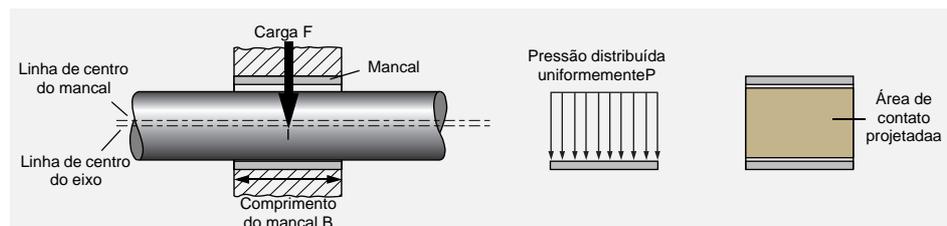


Fig. 14: Eixo alinhado corretamente

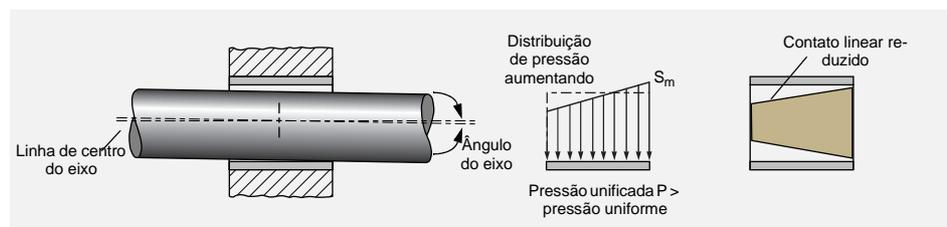


Fig. 15: Pouco desalinhamento

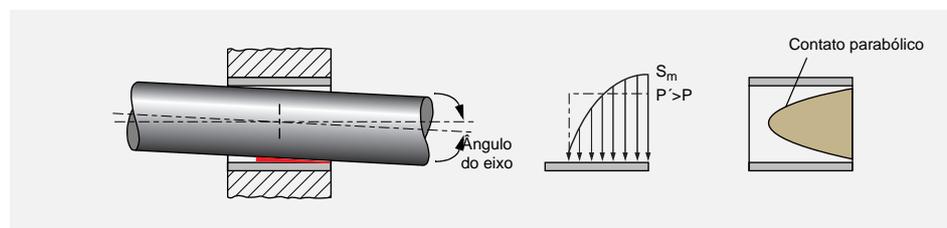


Fig. 16: Desalinhamento substancial

Para aplicações com altas cargas e velocidades de deslizamento consideravelmente baixas, desalinhamentos na ordem de 0,2% (2 mm/m) do comprimento são permissíveis.

A deflexão informada é proporcional ao comprimento do mancal.

(6.8.1) [mm]

$$S_D = \frac{B \cdot 0.2}{100}$$

Se o desalinhamento ou a flexão do eixo forem superiores a estes valores, por favor, contate a GGB.

7 Instalação

Nota

Neste manual apenas os métodos de montagem são descritos. Caso seja necessário usinar os mancais HPM™ ou

HPF™, por favor, entre em contato com a GGB para suporte.

7.1 Montagem de Buchas Cilíndricas HPM™

Montagem de buchas HPM™ por prensagem

Buchas cilíndricas com diâmetro < 200 mm devem ser prensadas em seus alojamentos com o auxílio de um prensa hidráulica ou mecânica, em conjunto com

um mandril de montagem, conforme mostra a Fig. 17.

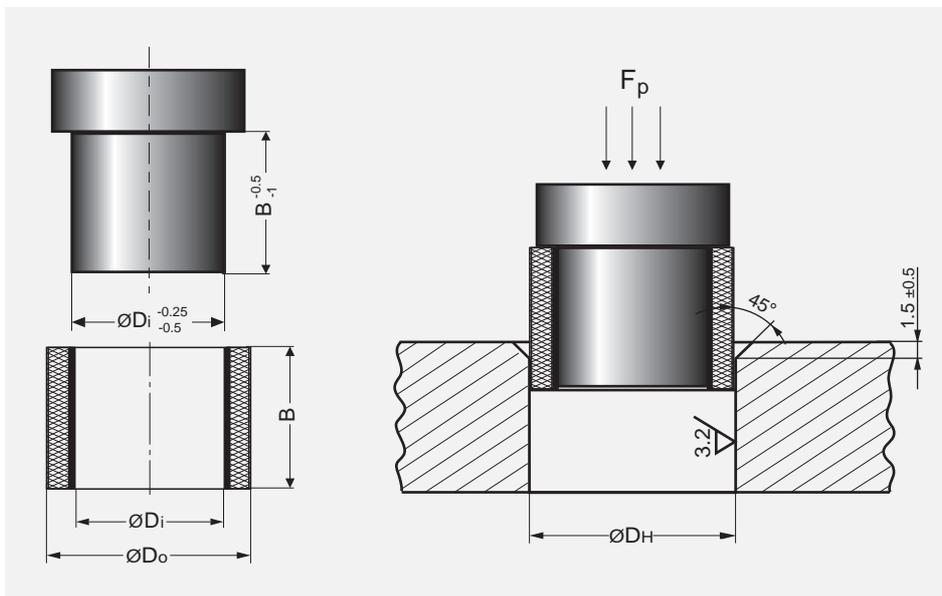


Fig. 17: Montagem de buchas HPM™ por prensagem

Nota

A força de prensagem deve ser uniformemente aplicada.

Instalação com auxílio de martelo irá danificar as buchas e não é recomendada.

A retenção dos mancais compostos da GGB em seu alojamento é excelente, devido à resistência do material e expansão térmica similares às do aço.

Na maioria dos casos, ajustes de interferência utilizados para buchas de bronze são suficientes para as buchas HPM™.

A bucha irá deformar-se, reduzindo seu diâmetro interno numa proporção volumétrica igual àquela de sua interferência com o alojamento. Esta deformação já foi considerada quanto calculamos o diâmetro montado e o eixo correspondente, conforme Tabela 15, Página 25.

Para diâmetros > 200 mm, a instalação por resfriamento é recomendada (vide "Montagem de buchas HPM™ por resfriamento" a seguir).

Montagem de buchas HPM™ por resfriamento

Buchas HPM™ com diâmetros superiores a 200 mm são montadas mais facilmente por resfriamento. Esta técnica permite fácil montagem por interferência sem a necessidade de ferramentas de prensagem ou força excessiva, prevenindo assim danos ao material. O meio recomendado para resfriamento é o nitrogênio líquido.

Nota

Este método de montagem consiste em contrair a bucha momentaneamente para reduzir a interferência de montagem, facilitando assim a instalação. Expansão térmica do alojamento por calor não irá atingir os mesmos resultados e ainda pode danificar a bucha, sendo, portanto não recomendável.

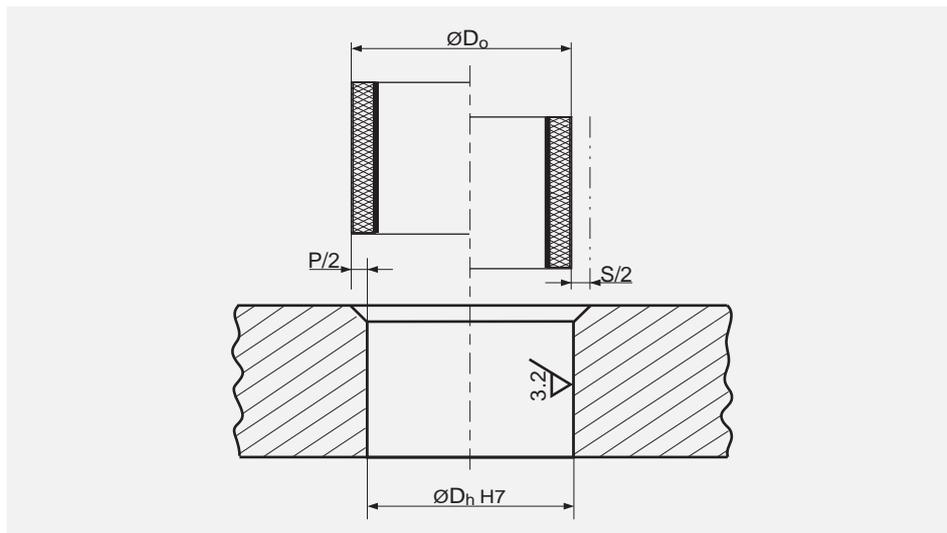


Fig. 18: Prensagem e contração

Cálculo da contração

O cálculo teórico de contração é feito de acordo com a DIN 7190. Os valores de ΔT dependem do meio de resfriamento em utilização.

Para garantir contração adequada, um fator de segurança 0,8 é aplicado.

$$(7.1.1) \quad S = 0.8 \cdot \alpha \cdot \Delta T \cdot D_o \quad [\text{mm}]$$

Onde	
D_o	Diâmetro externo da bucha [mm]
α_{HPM}	12.6×10^{-6} [1/K]
ΔT_{CO_2}	+15-(-65) = 80 [K]
ΔT_{IN_2}	+15-(-195) = 210 [K]

Como as temperaturas mínimas teóricas podem não ser atingidas, especialmente com gelo seco, um valor reduzido de ΔT será utilizado nos cálculos.

$$(7.1.2) \quad S_{\text{CO}_2} = 0.8 \cdot 12.6 \cdot 10^{-6} \cdot 80 \cdot D_o \quad [\text{mm}]$$

$$(7.1.3) \quad S_{\text{IN}_2} = 0.8 \cdot 12.6 \cdot 10^{-6} \cdot 210 \cdot D_o \quad [\text{mm}]$$

Dependendo do dimensional da bucha, o tempo de resfriamento pode variar de 30 min a 2 horas (Fig. 21, Página 20). O uso de nitrogênio líquido, principalmente para peças menores, oferece uma solução mais efetiva, já que sua temperatura pode atin-

gir -196°C . Ao utilizar nitrogênio líquido, o término do processo de resfriamento fica evidente pelo término do borbulho causado quando a peça é mergulhada no produto.

Preparação

A bucha deve ser limpa e seca antes de iniciar-se o processo de montagem.

Detalhes quanto ao uso do nitrogênio líquido

Devem ser utilizados contêineres abertos isolados termicamente para manuseio de nitrogênio líquido, que podem ser encontrados em fabricantes especializados (Fig. 19).

As instruções de segurança para manuseio do nitrogênio líquido devem ser obedecidas rigorosamente.

Detalhes para utilização com gelo seco

Uma caixa de madeira fechada com espuma de poliestireno expandido geralmente é adequada para o resfriamento (Fig. 20). Para reduzir a quantidade de gelo seco requerida, recomenda-se preencher parte dos espaços vazios com mate-

rial isolante, mantendo espaço suficiente para preenchimento com gelo seco. O gelo seco deve ser picado de maneira que todas as superfícies da bucha, incluindo suas faces, possam ser cobertas.

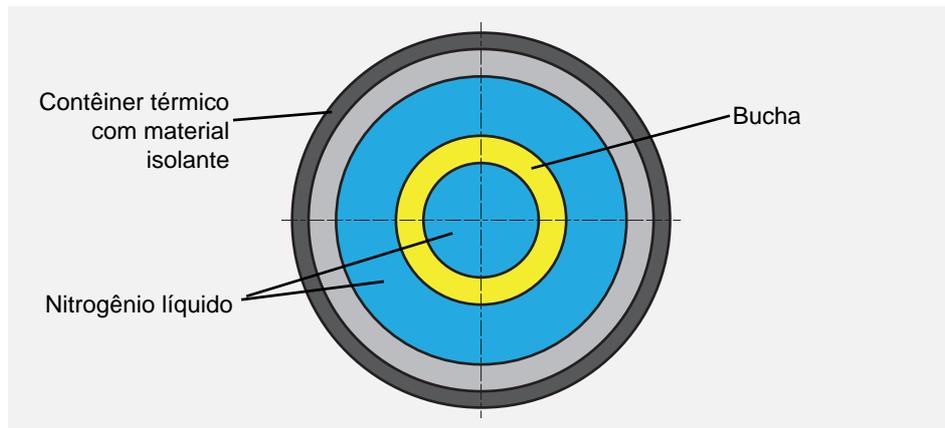


Fig. 19: Contêiner térmico para nitrogênio líquido (vista superior)

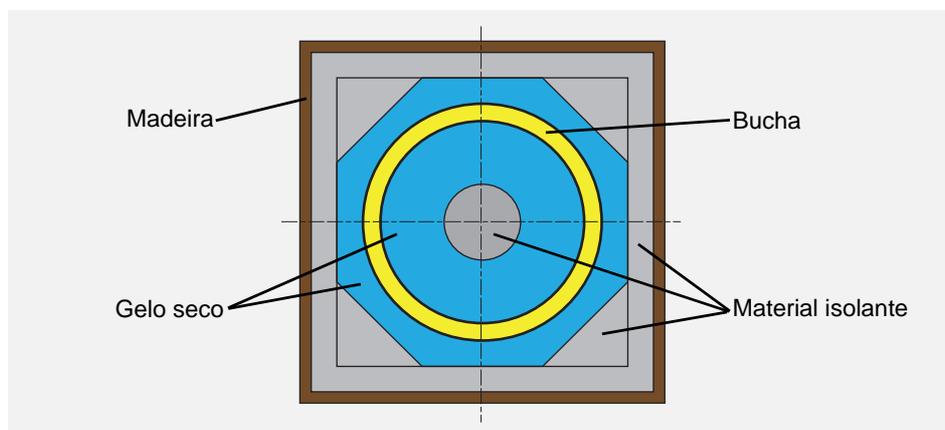


Fig. 20: Caixa de madeira para gelo seco (vista superior)

A contração máxima depende do diâmetro da bucha, conforme mostrado na Fig. 21.

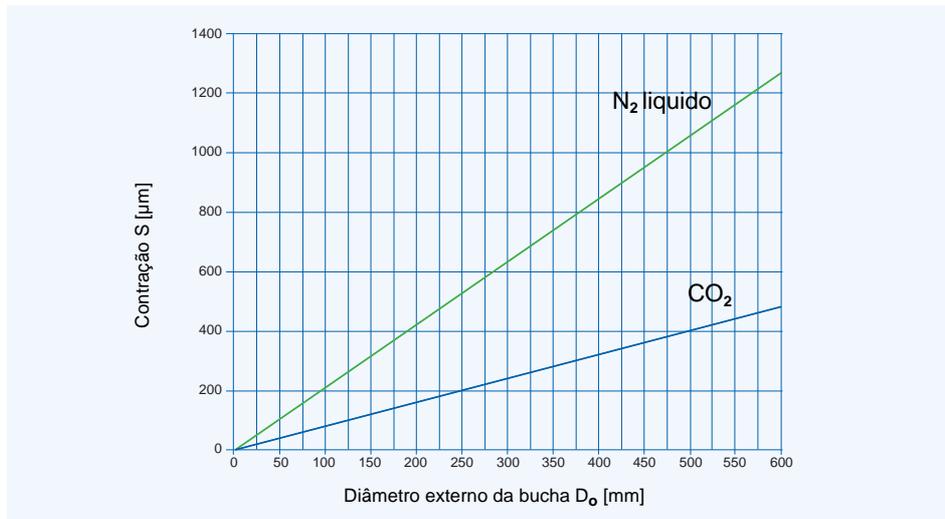


Fig. 21: Contração em função do diâmetro externo da bucha

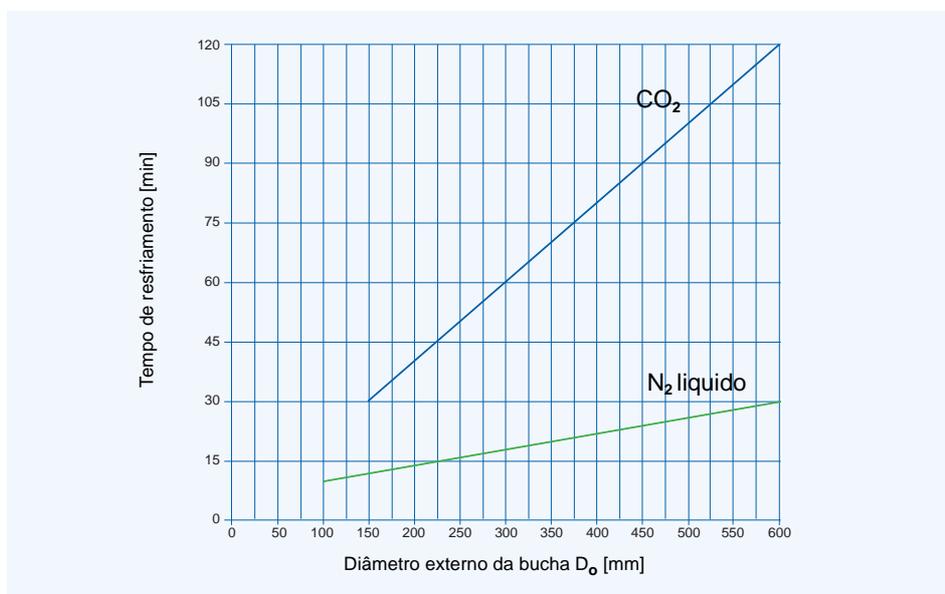


Fig. 22: Tempo de resfriamento em função do diâmetro externo da bucha

Montagem

Antes de remover a bucha do container, a contração efetiva deve ser verificada. A medição deve ser feita rapidamente para evitar que o instrumento de medição seja resfriado.

Quando a contração necessária da bucha for atingida, ela deve ser instalada sem interrupção. A instalação deve ser possível sem força adicional.

A bucha e o alojamento devem ser cuidadosamente limpos antes da montagem. O alojamento pode ser levemente oleado ou engraxado, facilitando o processo de montagem.

A retenção dos mancais compósitos da GGB em seu alojamento é excelente, devido à resistência do material e expansão térmica similares às do aço.

Na maioria dos casos, ajustes de interferência utilizados para buchas de bronze são suficientes para as buchas HPM™.

A bucha irá deformar-se, reduzindo seu diâmetro interno numa proporção volumétrica igual àquela de sua interferência com o alojamento. Esta deformação já foi considerada quando calculamos o diâmetro montado e o eixo correspondente, conforme Tabela 15, Página 26.

7.2 Montagem de placas e segmentos HPF™

Fixação de placas de deslizamento com parafusos de cabeça chata

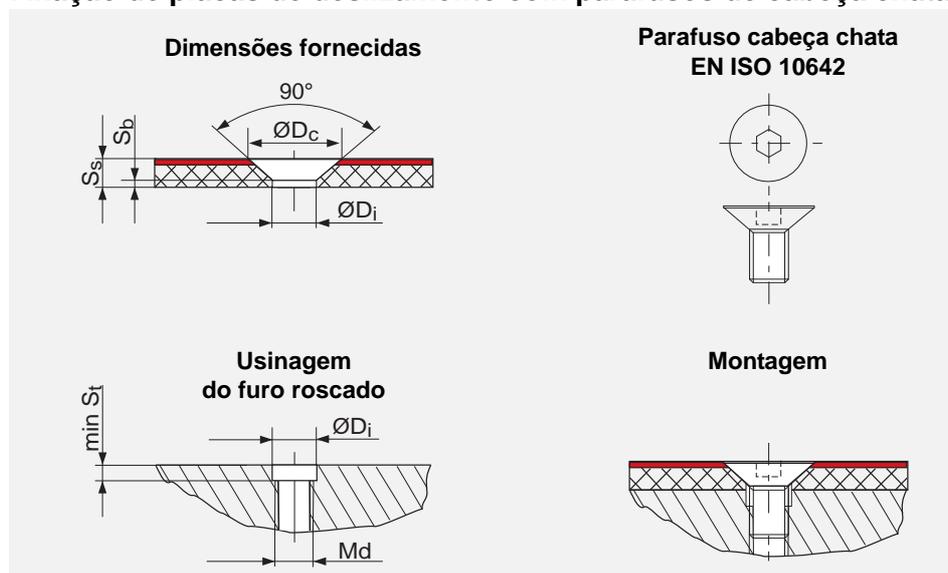


Fig. 23: Fixação de placas de deslizamento com parafusos de cabeça chata

Preparação

Antes da instalação, a placa de deslizamento deve ser firmemente fixada ao alojamento utilizando-se dispositivos apropriados (p. ex. morsas ou sargentos).

O furo guia, a rosca e o escareamento devem ser usinados conforme mostra a Fig. 23.

EN ISO10642 (DIN 7991)	Furo na placa de deslizamento		
d	Di	Dc	S _{b min}
M6	6.4	14	1.5
M8 Placa fina	8.4	18.5	0.5
M8 Padrão	8.4	18.5	1.5
M10	10.5	23	1.5

Tabela 9: Especificações para furação e escareamento

EN ISO10642 (DIN 7991)	Furo de rosca	Espessura da placa
d	S _{tmin}	S _{smin}
M6	0.0	6
M8 Placa fina	1.5	6
M8 Padrão	0.5	7
M10	1.0	8

Tabela 10: Especificações para furo roscado

Montagem

A placa deve ser fixada utilizando-se parafusos de cabeça chata conforme EN ISO 10642. Para a quantidade e espaçamento dos parafusos, por favor, verifique a seção “Quantidade de Parafusos e Espaçamento” na página 23.

Trava adicional dos parafusos

Caso desejado pode-se utilizar trava rosca do tipo “Loctite 603” ou similares. Observe as instruções do fabricante.

Colagem das placas

Colagem das placas à estrutura de suporte só deve ser feita se estritamente necessário. Este procedimento não é recomendado pela GGB.

Montagem das placas com dispositivo de fixação

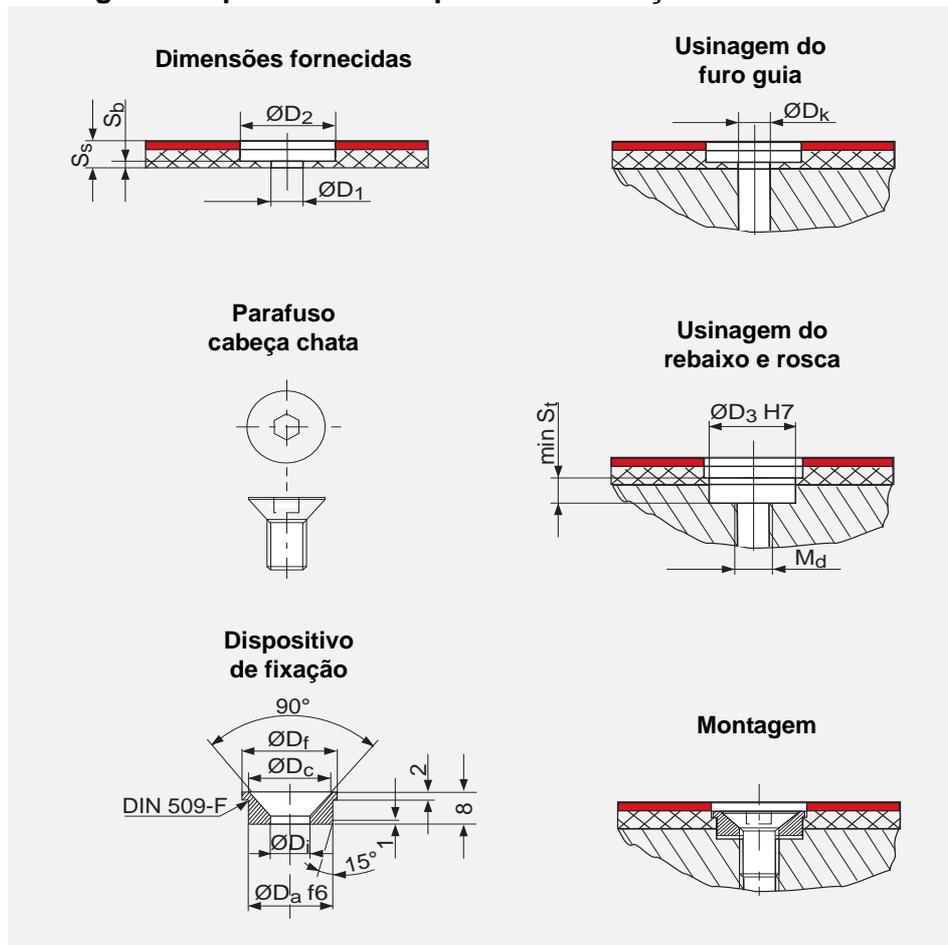


Fig. 24: Fixação das placas com dispositivo de fixação

Preparação

Antes da instalação, a placa de deslizamento deve ser firmemente fixada ao alojamento utilizando-se dispositivos apropriados (p. ex. morsas ou sargentos).

O furo guia, a rosca e o escareamento devem ser usinados conforme mostra a Fig. 24.

EN ISO10642 (DIN 7991)	Furo na placa de deslizamento			Espessura
d	D ₁	D ₂	S _b min	S _{smin}
M6	5	19	1.5	≥ 4
M8	6.5	23	1.5	≥ 4
M10	8.5	27	1.5	≥ 4

Tabela 11: Especificação para furo guia e escareado

EN ISO10642 (DIN 7991)	Furo roscado		
d	D _k	D ₃	S _{tmin}
M6	5	14 H7	7
M8	6.8	18 H7	7
M10	8.5	23 H7	7

Tabela 12: Especificações do furo roscado

Montagem

A placa deve ser fixada utilizando o dispositivo de fixação em conjunto com o parafuso de cabeça chata conforme EN ISO 10642.

Para quantidade de parafusos e espaçamento, consulte a seção “Quantidade de Parafusos e Espaçamento” na página 23.

EN ISO10642 (DIN 7991)	Dispositivo de fixação (Latão ou aço inox)			
d	D _i	D _a	D _c	D _f
M6	6.4	14 f6	14	16
M8	8.4	18 f6	18	21
M10	10.5	23 f6	23	27

Tabela 13: Especificação do dispositivo de fixação

Trava adicional dos parafusos

Caso desejado pode-se utilizar trava rosca do tipo “Loctite 603” ou similares. Observe as instruções do fabricante

Nota

A montagem com dispositivo de fixação não é recomendada para segmentos radiais.

Colagem das placas

Colagem das placas à estrutura de suporte só deve ser feita se estritamente necessário. Este procedimento não é recomendado pela GGB.

Quantidade de Parafusos e Espaçamento

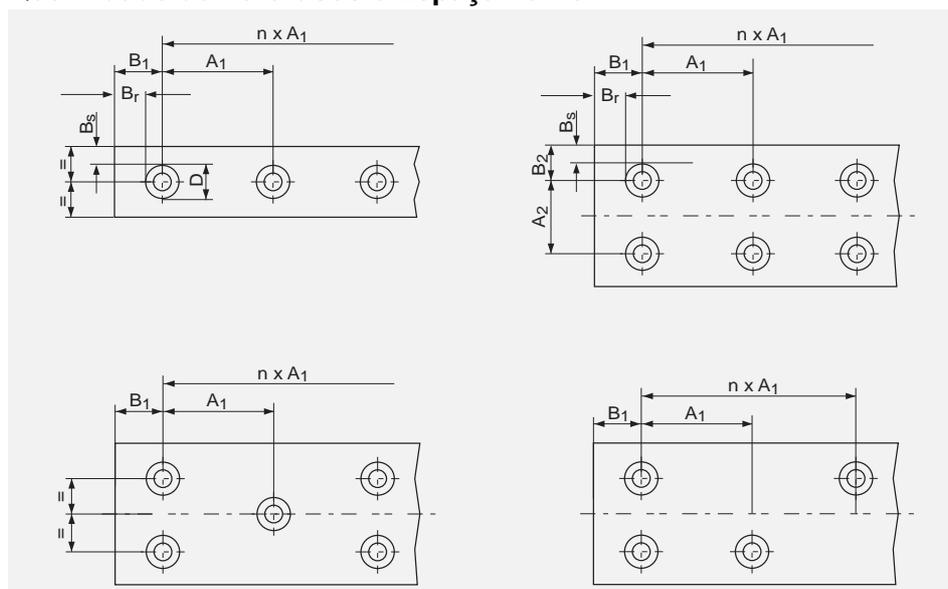


Fig. 25: Quantidade de parafusos e espaçamento nas placas HPF™

Quantidade de parafusos

A quantidade e dimensão dos parafusos estão diretamente relacionadas com a força axial e das forças de cisalhamento esperadas. As informações a seguir são baseadas em experiências no campo para parafusos M6 a M10:

Símbolos conforme Fig. 25	
B_r, B_s	10 ... 30 mm
B_1, B_2	~ 1... 1.5 x D
A_1, A_2	60 ... 150 mm

Tabela 14: Recomendações para parafusos M6 a M10

Espaçamento da furação

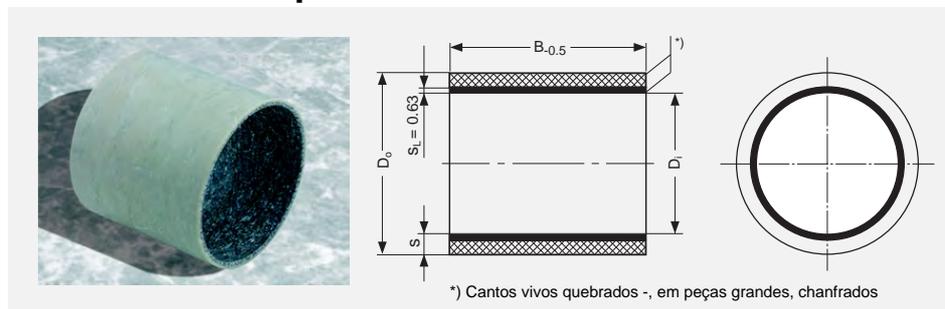
Os furos devem ser uniformemente distribuídos conforme exemplos à esquerda. É importante fixar os cantos das placas para evitar deformações nesta região.

Colagem das placas

Colagem das placas à estrutura de suporte só deve ser feita se estritamente necessário. Este procedimento não é recomendado pela GGB.

8 Dimensões Recomendadas

8.1 Dimensões para buchas cilíndricas HPM™



Especificação de compra das buchas.

Código para buchas cilíndricas	080	090	060	HPM	-S-H8
Diâmetro interno nominal da bucha D_i					
Diâmetro externo nominal da bucha D_o					
Comprimento nominal da bucha B					
Identificação do material					
Diâmetro interno após a montagem para buchas de precisão (D8, E8 ou H8). Para tolerância padrão (F12), não preencha esta sessão					
Exemplo: 707580HPM-S-H8 é uma bucha cilíndrica HPM™ com \varnothing_{int} 70 mm, \varnothing_{ext} 75 mm, 80 mm de comprimento e tolerância \varnothing_{int} H8 após montagem.					

Dimensões

Nota

Outras dimensões estão disponíveis sob encomenda.

Além das espessuras de parede recomendadas, peças com espessuras maiores ou

menores podem ser produzidas. O comprimento das buchas pode ser escolhido livremente dentro dos valores mínimo e máximo recomendados.

Todas as dimensões em mm.

Código da bucha	\varnothing int D_i	\varnothing ext D_o	Esp. parede	Comprimento recomendado B	
				mín.	máx.
1620xxHPM-S-xx	16	20	2	10	20
2024xxHPM-S-xx	20	24		15	25
2226xxHPM-S-xx	22	26		15	25
2530xxHPM-S-xx	25	30		15	30
2833xxHPM-S-xx	28	33		20	35
3035xxHPM-S-xx	30	35	2,5	20	40
3540xxHPM-S-xx	35	40		25	45
4045xxHPM-S-xx	40	45		25	50
4550xxHPM-S-xx	45	50		30	55
5055xxHPM-S-xx	50	55		30	65
5560xxHPM-S-xx	55	60		35	70
6065xxHPM-S-xx	60	65		40	75
6570xxHPM-S-xx	65	70		40	80
7075xxHPM-S-xx	70	75		45	90

Código da bucha	Ø int D _i	Ø ext D _o	Esp. parede	Comprimento recomendado B	
				mín.	máx.
7585xxxHPM-S-xx	75	85	5	45	95
8090xxxHPM-S-xx	80	90		50	100
8595xxxHPM-S-xx	85	95		55	110
90100xxxHPM-S-xx	90	100		55	115
95105xxxHPM-S-xx	95	105		60	120
100110xxxHPM-S-xx	100	110		60	130
110120xxxHPM-S-xx	110	120		70	140
120130xxxHPM-S-xx	120	130		75	155
130140xxxHPM-S-xx	130	140		80	165
140150xxxHPM-S-xx	140	150		85	180
150160xxxHPM-S-xx	150	160		90	190
160170xxxHPM-S-xx	160	170		100	200
180190xxxHPM-S-xx	180	190		110	230
200215xxxHPM-S-xx	200	215		7.5	120
220235xxxHPM-S-xx	220	235	135		280
240255xxxHPM-S-xx	240	255	145		310
250265xxxHPM-S-xx	250	265	150		320
260275xxxHPM-S-xx	260	275	160		330
280300xxxHPM-S-xx	280	300	10		170
300320xxxHPM-S-xx	300	320		180	390
320340xxxHPM-S-xx	320	340		200	410
340360xxxHPM-S-xx	340	360		210	440
350370xxxHPM-S-xx	350	370		210	450
360380xxxHPM-S-xx	360	380		220	460
380400xxxHPM-S-xx	380	400		230	490
400425xxxHPM-S-xx	400	425		12.5	240
420445xxxHPM-S-xx	420	445	260		540
440465xxxHPM-S-xx	440	465	270		570
450475xxxHPM-S-xx	450	475	270		580
460485xxxHPM-S-xx	460	485	280		590
480505xxxHPM-S-xx	480	505	280		600
500525xxxHPM-S-xx	500	525	300		600

8 Dimensões Recomendadas

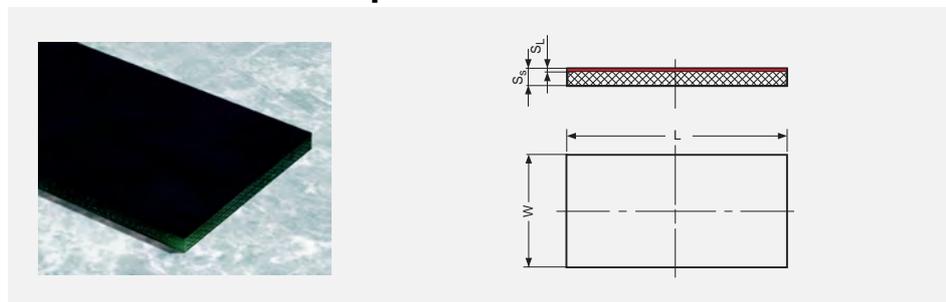
Tolerâncias

Tolerâncias recomendadas				
\varnothing Alojamento D_H	H7			
	Padrão *3)	Usinado *2)		
\varnothing Externo da bucha D_o	s9	<120 s9 ≥120 r9		
\varnothing Eixo D_j	Eixo base	Eixo base	Furo base	
	h8	h7	d7, e7, f7	
\varnothing Interno da bucha D_i	Antes da montagem			
	C10	Folga		H9 *1)
		normal	pequena	
		D9 *1)	E9 *1)	
	Depois da montagem			
	F12	Folga		H10
normal		pequena		
D10		E10		
Comprimento da bucha B	Di ≤75 - 0.5 Di >75 to ≤120 - 1.0	Di ≤75 - 0.5 Di >75 to ≤500 - 1.0		

*1) Usinada e medida no alojamento padrão
 *2) Para buchas de precisão, contate a Engenharia de Aplicações GGB
 *3) Devido a tolerâncias mais abertas das buchas padrão, o tempo de resfriamento pode ser maior.

Tabela 15: Tolerâncias recomendadas para montagem das buchas HPM™ por interferência

8.2 Dimensões das placas HPF™



Todas as dimensões em mm

Código	Espessura $S_s -0,25$ *1)	Comprimento útil $L \pm 3,0$ *1)	Largura útil $W \pm 1,0$ *1)	Espessura da camada de deslizamento S_L *1)
	máx. mín.	máx. mín.	máx. mín.	máx. mín.
S30300HPF	3.0	1200	300	0.76
S50300HPF	5.0			
S60300HPF	6.0			
S80300HPF	8.0			
S100300HPF	10.0			

*1) Dimensões especiais sob encomenda

*2) Não é possível fixação por parafusos

9 Tolerâncias ISO

9.1 Tolerâncias para Furos

Furo	Tolerâncias																			
	D8		E8		F8		F12		H7		H8		C10		D9		D10		E10	
	µm	µm	µm	µm	µm	µm	µm	µm	µm	µm	µm	µm	µm	µm	µm	µm	µm	µm	µm	µm
> 0 ≤ 3	20	34	14	28	6	20	6	106	0	10	0	14	60	100	20	45	20	60	14	54
> 3 ≤ 6	30	48	20	38	10	28	10	130	0	12	0	18	70	118	30	60	30	78	20	68
> 6 ≤ 10	40	62	25	47	13	35	13	163	0	15	0	22	80	138	40	76	40	98	25	83
> 10 ≤ 14	50	77	32	59	16	43	16	196	0	18	0	27	95	165	50	93	50	120	32	102
> 14 ≤ 18	50	77	32	59	16	43	16	196	0	18	0	27	95	165	50	93	50	120	32	102
> 18 ≤ 24	65	98	40	73	20	53	20	230	0	21	0	33	110	194	65	117	65	149	40	124
> 24 ≤ 30	65	98	40	73	20	53	20	230	0	21	0	33	110	194	65	117	65	149	40	124
> 30 ≤ 40	80	119	50	89	25	64	25	275	0	25	0	39	120	220	80	142	80	180	50	150
> 40 ≤ 50	80	119	50	89	25	64	25	275	0	25	0	39	130	230	80	142	80	180	50	150
> 50 ≤ 65	100	146	60	106	30	76	30	330	0	30	0	46	140	260	100	174	100	220	60	180
> 65 ≤ 80	100	146	60	106	30	76	30	330	0	30	0	46	150	270	100	174	100	220	60	180
> 80 ≤ 100	120	174	72	125	36	90	36	386	0	35	0	54	170	310	120	207	120	260	72	212
> 100 ≤ 120	120	174	72	125	36	90	36	386	0	35	0	54	180	320	120	207	120	260	72	212
> 120 ≤ 140	145	208	85	148	43	106	43	443	0	40	0	63	200	360	145	245	145	305	85	245
> 140 ≤ 160	145	208	85	148	43	106	43	443	0	40	0	63	210	370	145	245	145	305	85	245
> 160 ≤ 180	145	208	85	148	43	106	43	443	0	40	0	63	230	390	145	245	145	305	85	245
> 180 ≤ 200	170	242	100	172	50	122	50	510	0	46	0	72	240	425	170	285	170	355	100	285
> 200 ≤ 225	170	242	100	172	50	122	50	510	0	46	0	72	260	445	170	285	170	355	100	285
> 225 ≤ 250	170	242	100	172	50	122	50	510	0	46	0	72	280	465	170	285	170	355	100	285
> 250 ≤ 280	190	271	110	191	56	137	56	576	0	52	0	81	300	510	190	320	190	400	110	320
> 280 ≤ 315	190	271	110	191	56	137	56	576	0	52	0	81	330	540	190	320	190	400	110	320
> 315 ≤ 355	210	299	125	214	62	151	62	632	0	57	0	89	360	590	210	350	210	440	125	355
> 355 ≤ 400	210	299	125	214	62	151	62	632	0	57	0	89	400	630	210	350	210	440	125	355
> 400 ≤ 450	230	327	135	232	68	165	68	698	0	63	0	97	440	690	230	385	230	480	135	385
> 450 ≤ 500	230	327	135	232	68	165	68	698	0	63	0	97	480	730	230	385	230	480	135	385
> 500 ≤ 560	260	370	145	255	76	186	76	776	0	70	0	110	60	100	260	435	260	540	145	425
> 560 ≤ 630	260	370	145	255	76	186	76	776	0	70	0	110	70	118	260	435	260	540	145	425
> 630 ≤ 710	290	514	160	285	80	205	80	880	0	80	0	125	80	138	290	490	290	610	160	480
> 710 ≤ 800	290	514	160	285	80	205	80	880	0	80	0	125	95	165	290	490	290	610	160	480
> 800 ≤ 900	320	460	170	310	86	226	86	986	0	90	0	140	95	165	320	550	320	680	170	530
> 900 ≤ 1000	320	460	170	310	86	226	86	986	0	90	0	140	110	194	320	550	320	680	170	530
> 1000 ≤ 1120	350	515	195	360	98	263	98	1148	0	105	0	165	110	194	350	610	350	770	195	615
> 1120 ≤ 1250	350	515	195	360	98	263	98	1148	0	105	0	165	120	220	350	610	350	770	195	615
> 1250 ≤ 1400	390	585	220	415	110	305	110	1360	0	125	0	165	130	230	390	700	390	890	220	720
> 1400 ≤ 1600	390	585	220	415	110	305	110	1360	0	125	0	165	140	260	390	700	390	890	220	720
> 1600 ≤ 1800	430	660	240	470	120	350	120	1620	0	150	0	230	150	270	430	800	430	1030	240	840
> 1800 ≤ 2000	430	660	240	470	120	350	120	1620	0	150	0	230	170	310	430	800	430	1030	240	840
> 2000 ≤ 2240	480	760	260	540	130	410	130	1880	0	175	0	280	180	320	480	920	480	1180	260	960
> 2240 ≤ 2500	480	760	260	540	130	410	130	1880	0	175	0	280	200	360	480	920	480	1180	260	960
> 2500 ≤ 2800	520	850	290	620	145	475	145	2245	0	210	0	330	210	370	520	1060	520	1380	290	1150
> 2800 ≤ 3150	520	850	290	620	145	475	145	2245	0	210	0	330	230	390	520	1060	520	1380	290	1150

Tabela 16: Tolerâncias

9 Tolerâncias ISO

9.2 Tolerâncias para eixos

Eixo	Tolerâncias																	
	d7		e7		f7		h7		h8		r7		s7		r9		s9	
Dimensões	μm																	
> 0 ≤ 3	-30	-20	-24	-14	-16	-6	-10	0	-14	0	10	20	14	24	10	35	14	39
> 3 ≤ 6	-42	-30	-32	-20	-22	-10	-12	0	-18	0	15	27	19	31	15	45	19	49
> 6 ≤ 10	-55	-40	-40	-25	-28	-13	-15	0	-22	0	19	34	23	38	19	55	23	59
> 10 ≤ 14	-68	-50	-50	-32	-34	-16	-18	0	-27	0	23	41	28	46	23	66	28	71
> 14 ≤ 18	-68	-50	-50	-32	-34	-16	-18	0	-27	0	23	41	28	46	23	66	28	71
> 18 ≤ 24	-86	-65	-61	-40	-41	-20	-21	0	-33	0	28	49	35	56	28	80	35	87
> 24 ≤ 30	-86	-65	-61	-40	-41	-20	-21	0	-33	0	28	49	35	56	28	80	35	87
> 30 ≤ 40	-105	-80	-75	-50	-50	-25	-25	0	-39	0	34	59	43	68	34	96	43	105
> 40 ≤ 50	-105	-80	-75	-50	-50	-25	-25	0	-39	0	34	59	43	68	34	96	43	105
> 50 ≤ 65	-130	-100	-90	-60	-60	-30	-30	0	-46	0	41	71	53	83	41	115	53	127
> 65 ≤ 80	-130	-100	-90	-60	-60	-30	-30	0	-46	0	43	73	59	89	43	117	59	133
> 80 ≤ 100	-155	-120	-107	-72	-71	-36	-35	0	-54	0	51	86	71	106	51	138	71	158
> 100 ≤ 120	-155	-120	-107	-72	-71	-36	-35	0	-54	0	54	89	79	114	54	141	79	166
> 120 ≤ 140	-185	-145	-125	-85	-83	-43	-40	0	-63	0	63	103	92	132	63	163	92	192
> 140 ≤ 160	-185	-145	-125	-85	-83	-43	-40	0	-63	0	65	105	100	140	65	165	100	200
> 160 ≤ 180	-185	-145	-125	-85	-83	-43	-40	0	-63	0	68	108	108	148	68	168	108	208
> 180 ≤ 200	-216	-170	-146	-100	-96	-50	-46	0	-72	0	77	123	122	168	77	192	122	237
> 200 ≤ 225	-216	-170	-146	-100	-96	-50	-46	0	-72	0	80	126	130	176	80	195	130	245
> 225 ≤ 250	-216	-170	-146	-100	-96	-50	-46	0	-72	0	84	130	140	186	84	199	140	255
> 250 ≤ 280	-242	-190	-162	-110	-108	-56	-52	0	-81	0	94	146	158	210	94	224	158	288
> 280 ≤ 315	-242	-190	-162	-110	-108	-56	-52	0	-81	0	98	150	170	222	98	228	170	300
> 315 ≤ 355	-267	-210	-182	-125	-119	-62	-57	0	-89	0	108	165	190	247	108	248	190	330
> 355 ≤ 400	-267	-210	-182	-125	-119	-62	-57	0	-89	0	114	171	208	265	114	254	208	348
> 400 ≤ 450	-293	-230	-198	-135	-131	-68	-63	0	-97	0	126	189	232	295	126	281	232	387
> 450 ≤ 500	-293	-230	-198	-135	-131	-68	-63	0	-97	0	132	195	252	315	132	287	252	407
> 500 ≤ 560	-330	-260	-215	-145	-146	-76	-70	0	-110	0	150	220	280	350	150	325	280	455
> 560 ≤ 630	-330	-260	-215	-145	-146	-76	-70	0	-110	0	155	225	310	380	155	330	310	485
> 630 ≤ 710	-370	-290	-240	-160	-160	-80	-80	0	-124	0	175	255	340	420	175	375	340	540
> 710 ≤ 800	-370	-290	-240	-160	-160	-80	-80	0	-124	0	185	265	380	460	185	385	380	580
> 800 ≤ 900	-410	-320	-260	-170	-176	-86	-90	0	-140	0	210	300	430	520	210	440	430	660
> 900 ≤ 1000	-410	-320	-260	-170	-176	-86	-90	0	-140	0	220	310	470	560	220	450	470	700
> 1000 ≤ 1120	-455	-350	-300	-195	-203	-98	-105	0	-165	0	250	355	520	625	250	510	520	780
> 1120 ≤ 1250	-455	-350	-300	-195	-203	-98	-105	0	-165	0	260	365	580	685	260	520	580	840
> 1250 ≤ 1400	-515	-390	-345	-220	-235	-110	-125	0	-195	0	300	425	640	765	300	610	640	950
> 1400 ≤ 1600	-515	-390	-345	-220	-235	-110	-125	0	-195	0	330	455	720	845	330	640	720	1030
> 1600 ≤ 1800	-580	-430	-390	-240	-270	-120	-150	0	-230	0	370	520	820	970	370	740	820	1190
> 1800 ≤ 2000	-580	-430	-390	-240	-270	-120	-150	0	-230	0	400	550	920	1070	400	770	920	1290
> 2000 ≤ 2240	-655	-480	-435	-260	-305	-130	-175	0	-280	0	440	615	1000	1175	440	880	1000	1440
> 2240 ≤ 2500	-655	-480	-435	-260	-305	-130	-175	0	-280	0	460	635	1100	1275	460	900	1100	1540
> 2500 ≤ 2800	-730	-520	-500	-290	-355	-145	-210	0	-330	0	550	760	1250	1460	550	1090	1250	1790
> 2800 ≤ 3150	-730	-520	-500	-290	-355	-145	-210	0	-330	0	580	790	1400	1610	580	1120	1400	1940

Tabela 17: Tolerâncias para eixos

10 Folha de dados técnicos

Empresa:

Projeto:

Aplicação:

Data:

Projeto Existente

Projeto Novo

Quantidade

Anual

Nome:

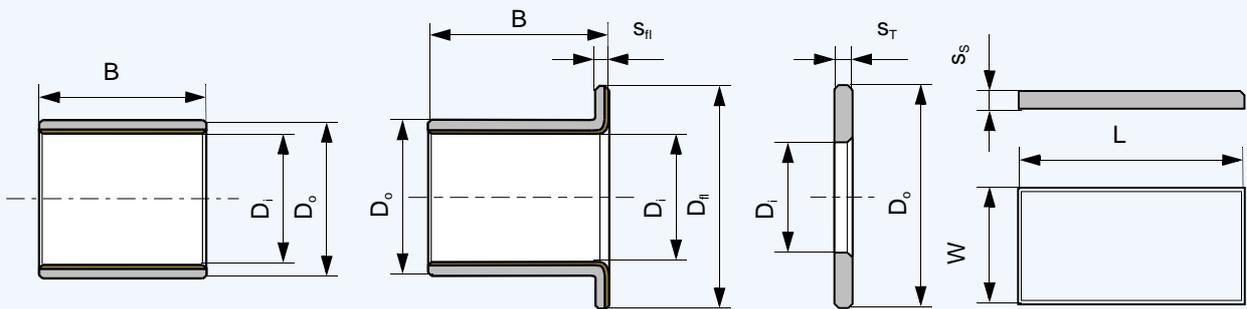
Tel.:

Fax:

Email:

Desenho anexo

 SIM

 NÃO


Bucha cilíndrica

Bucha com Flange

Anel de Encosto

Placa de Deslizamento

Peça Especial (Croquis)

Carga Estática

Carga Dinâmica

Movimento Giratório

Movimento Oscilatório

Movimento Linear

Dimensões em mm

Diâmetro Interno	D_i	<input type="text"/>
Diâmetro Externo	D_o	<input type="text"/>
Largura	B	<input type="text"/>
Diâmetro do Flange	D_{fi}	<input type="text"/>
Espessura do Flange	s_{fi}	<input type="text"/>
Comprimento da Placa	L	<input type="text"/>
Largura da Placa	W	<input type="text"/>
Espessura da Placa	s_s	<input type="text"/>

Carga

Carga radial	F [N]	<input type="text"/>
Carga axial	F [N]	<input type="text"/>

Movimento

Velocidade de rotação	n [1/min]	<input type="text"/>
Velocidade de deslizamento	v [m/s]	<input type="text"/>
Curso	L_s [mm]	<input type="text"/>
Ciclos por minuto	[1/min]	<input type="text"/>
Deslocamento angular	ϕ [°]	<input type="text"/>
Frequência	n_{osc} [1/min]	<input type="text"/>

Horas de operação por dia

Operação contínua	[h]	<input type="text"/>
Operação intermitente	[h]	<input type="text"/>

Dimensões e Tolerâncias

Alojamento do mancal (\emptyset , tolerância)	D_H	<input type="text"/>
Eixo (\emptyset , tolerância)	D_J	<input type="text"/>

Contramaterial

Material	<input type="text"/>
Dureza	HB/HRC <input type="text"/>
Rugosidade	R_a [μm] <input type="text"/>

Condições ambientais

Temperatura ambiente	T_{amb}	<input type="text"/>
Temperatura - mín/máx T_{min}/T_{max}	<input type="text"/>	

Material do alojamento

Alojamento com boa dissipação térmica

Alojamento com pouca dissipação térmica

Operação a seco Operação lubrificação

Se graxa, especifique e anexe ficha técnica

Se óleo, especifique e anexe ficha técnica

- Salpico de óleo
- Banho de óleo
- Circuito de óleo

Vida útil

Vida útil requerida L_H [h]

Suas notas

Informação de Produto

A GGB garante que os produtos aqui descritos não possuem defeitos de fabricação ou de material.

Os detalhes apresentados neste documento são registrados para o auxílio na seleção do material apropriado para uma aplicação. Eles foram desenvolvidos através de nossas pesquisas e de publicações disponíveis publicamente. Não representam uma garantia de suas propriedades por si mesmo.

A não ser que expressamente declarado por escrito, a GGB não garante que os produtos aqui apresentados são adequados para um fim específico ou condição de operação circunstancial. A GGB não se responsabiliza por perdas, danos ou custos de qualquer origem originados pelo uso direto ou indireto de seus produtos

Os termos e condições de vendas da GGB, inclusos como parte integrante das cotações, listas de preço e estoque, aplicam-se tão somente aos negócios conduzidos pela GGB. Cópias podem ser disponibilizadas a pedido.

Os produtos estão sujeitos a desenvolvimento contínuo. A GGB reserva-se o direito de alterar especificações e melhorar os dados técnicos sem anúncio prévio.

Edição 2011 (Esta edição substitui edições anteriores que deixam de ter validade)

Declaração sobre existência de chumbo nos produtos GGB/ atendimento a legislação da UE

Desde 1 de Julho de 2006 ficou proibido, através da Diretiva 2002/95/EC (relativa à restrição do uso de certas substâncias perigosas em equipamentos elétricos e eletrônicos; Diretiva RoHS), colocar produtos à disposição do mercado que contenha chumbo, mercúrio, cromo hexavalente, PBB e PBDE.

Algumas aplicações listadas nos anexos da Diretiva RoHS são exceção. Uma concentração máxima de 0,01% em massa de material homogêneo, para cádmio e 0,1% em massa de material homogêneo para chumbo, mercúrio, cromo hexavalente, PBB e PBDE podem ser tolerados.

De acordo com a Diretiva 2000/53/EC sobre o fim de vida de veículos, desde 1 de Julho de 2003 ficou proibida a comercialização de materiais e componentes que possuam chumbo, mercúrio, cádmio ou cromo hexavalente. Devido a uma exceção específica, casquilhos e buchas contendo chumbo poderiam ainda assim ser disponibilizadas ao mercado até 1 de Julho de 2008. A concentração máxima de 0,1% em massa de material homogêneo para chumbo, cromo hexavalente e mercúrio é tolerada.

Todos os produtos da GGB, com exceção do DU, DUB, DB, SY e SP cumprem com estes requisitos das Diretivas 2002/95/EC (Diretiva RoHS) e 2000/53/EC (Diretriz sobre o fim de vida de veículos)

Todos os produtos manufaturados pela GGB também atendem à Regulação REACH (EC) No. 1 907/2006 de 18 de Dezembro de 2006.

HPM™ e HPF™ são marcas comerciais da GGB.

Visite-nos na internet:
www.ggbearings.com

