



Dez 2009

IT-78

Manual de instalação, operação e manutenção

Ventiladores Centrífugos

LCI Ventiladores Industriais Ltda.
Rod. Akzo Nobel, 1700 – Bairro da Chave
Itupeva / SP CEP. 13295-000
PABX (11) 4496-6320
www.lciventiladores.com.br

Depto. Emissor: Engenharia de Produtos
Revisão: E(05/2014)

28 páginas (incluindo esta)



>> Somos parte do desenvolvimento do Brasil

Índice

1. Introdução e Conceitos Básicos	3
1.1. Lista de Peças Sobressalentes (por unidade)	4
1.2. Arranjo 4	5
1.3. Arranjo 1 e 12	6
1.4. Arranjo 8	7
1.5. Arranjos 3 e 7	8
2. Despacho	9
3. Transporte	9
4. Recebimento	9
5. Desembarque	9
6. Manuseio, Montagem e Instalação	9
6.1. Precauções de Segurança	9
6.2. Unidades Completamente Montadas	10
6.3. Unidades Parcialmente Montadas	10
7. Armazenagem (a partir do décimo quinto dia)	11
8. Instalação (bases, fundações e coxins)	11
9. Montagem de partes soltas	12
9.1. Cones de Entrada	12
9.2. Registros	12
9.3. Acoplamento	14
9.4. Montagem de Polias	16
9.5. Mancais	18
10. Início de operação	23
10.1. Check list de partida	23
10.2. Monitoramento de operação (parâmetros)	23
10.3. Lista de causas e efeitos	24
11. Manutenção (O que checar e como trocar)	25
11.1. Rotor	25
11.2. Motor Elétrico	26
12. Cuidados com o Meio Ambiente	27

1. Introdução e Conceitos Básicos

Conceito

Ventiladores Centrífugos são máquinas rotativas, deslocadoras volumétricas de fluidos gasosos.

Têm como características principais para sua seleção o volume do fluido e a pressão a ser vencida para este deslocamento. Coadjuvantes a estas duas características estão a densidade (peso específico) e a agressividade do fluido deslocado.

Embasados nestas informações, advindas do processo do cliente, é executado o projeto para o equipamento.

É importante, portanto, a utilização do equipamento nas condições projetadas. Em caso de remanejamento do equipamento, informar à LCI Ventiladores para adequação de sua operação.

Nomenclatura e Definições

Vazão: Volume de fluido deslocado considerado na entrada do ventilador

Pressão estática: energia decorrente da compressão do fluido

Pressão dinâmica: energia decorrente da velocidade do fluido

Pressão total: soma entre as pressões estática e dinâmica

Potência motora: potência disponível na ponta de eixo do motor

Potência absorvida pelo ventilador: potência solicitada na ponta de eixo do ventilador

Rotação crítica do eixo: é a rotação que coincide com a primeira frequência natural do eixo, trabalhar nesta rotação é colocar o conjunto em ressonância e a proximidade a ela, amplifica qualquer vibração residual existente.

Zona de bombeamento ou instabilidade: região da curva de desempenho do ventilador, próximo ao seu pico máximo de pressão estática, onde ocorre uma variação considerável de vazão de forma cíclica dentro de uma mesma faixa de pressão estática. Operar um ventilador nesta faixa é por em risco a integridade estrutural do mesmo, bem como a de qualquer equipamento conectado a ele.

FDT e Desenho de Conjunto Geral

A Folha de dados técnicos (FDT) é, usualmente, fornecida juntamente com o desenho de conjunto certificado, estão nela contidos todos os dados complementares ao entendimento e utilização deste manual.

1.1. Lista de Peças Sobressalentes (por unidade)

1.1.1. Arranjo 4

Ventiladores com o rotor acoplado diretamente na ponta de eixo do motor

- Rolamentos do motor elétrico (ver especificação do fabricante)

1.1.2. Arranjos 3 e 12

Ventiladores acionados por polias e correias

- Rolamentos do motor elétrico (ver especificação do fabricante)
- 1 Jogo de correias perfil Super HC (séries iguais preferencialmente)
- 2 Caixas para mancais SNL
- 1 Rolamentos série C 22 (CARB) “C3”, quando aplicável
- 1 ou 2 Rolamentos série 22 autocompensadores de rolos com furo cônico e folga “C3”
- 1 Bucha cônica série H E/L, quando aplicável (para rolamento CARB)
- 1 ou 2 Buchas cônicas série H (para rolamento série 22)

1.1.3. Arranjos 7 e 8

Ventiladores acionados com acoplamento elástico (rotação direta do motor)

Rolamentos do motor elétrico (ver especificação do fabricante)

- 1 Acoplamento elástico (elemento flexível metálico ou plástico)
- 2 Caixas para mancais SNL
- 1 Rolamentos série C 22 (CARB) “C3”, quando aplicável
- 1 ou 2 Rolamentos série 22 autocompensadores de rolos com furo cônico e folga “C3”
- 1 Bucha cônica série H E/L, quando aplicável (para rolamento CARB)
- 1 ou 2 Buchas cônicas série H (para rolamento série 22)

Nossos ventiladores são fornecidos em duas opções de solução de rolamentos e caixas, uma com um rolamento CARB no lado livre axialmente e um rolamento Explorer série 22 no lado bloqueado e a outra opção com os dois rolamentos Explorer série 22, no primeiro caso as folgas de caixa são K7, que não permite o deslizamento da capa externa dos rolamentos e no segundo H7, para permitir o deslocamento axial do lado livre. Verifique a sua solução no desenho de arranjo geral e folha de dados técnicos.

1.2. Arranjo 4

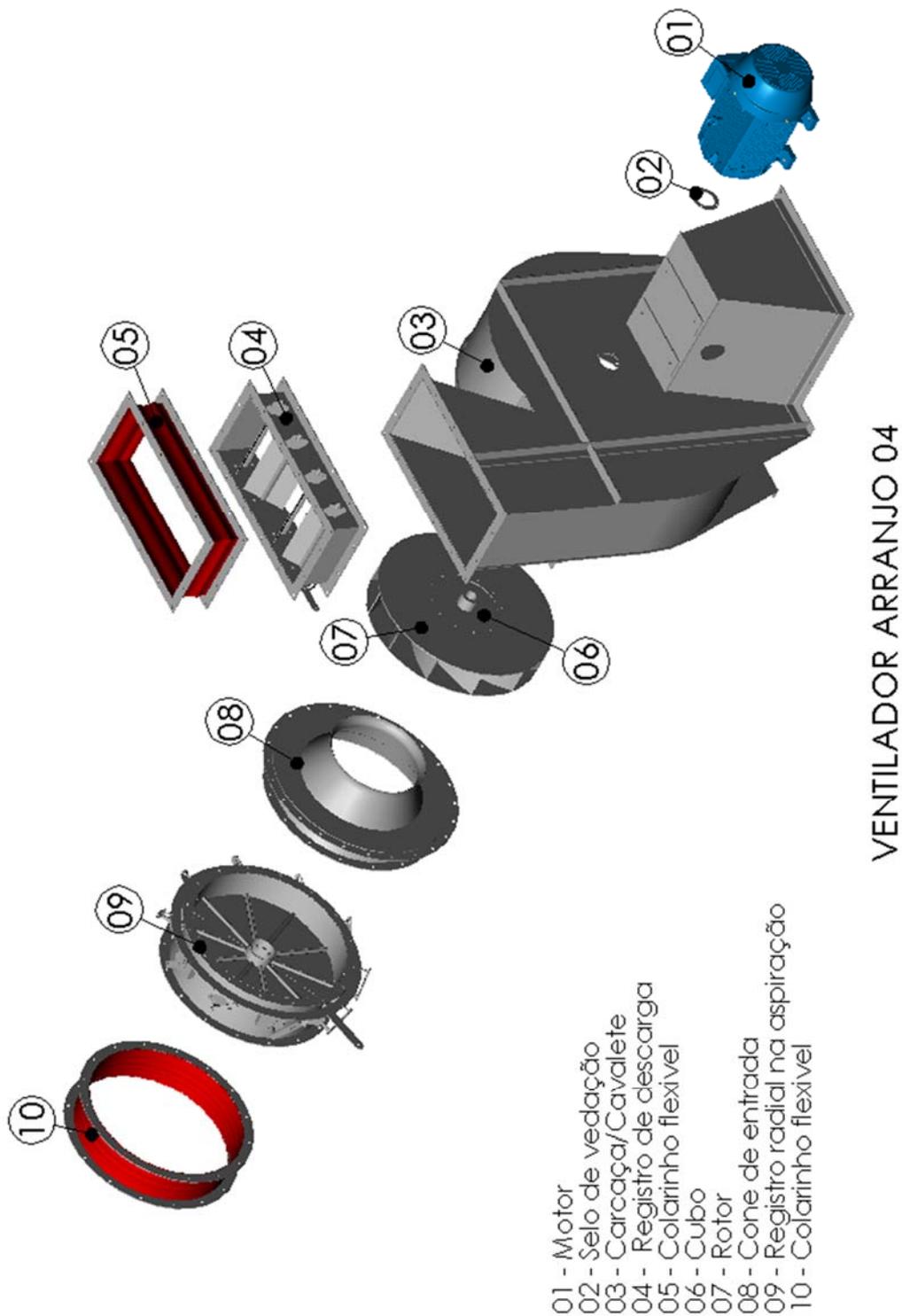


Fig. 1 – Montagem Ventilador Arranjo 04

1.3. Arranjo 1 e 12

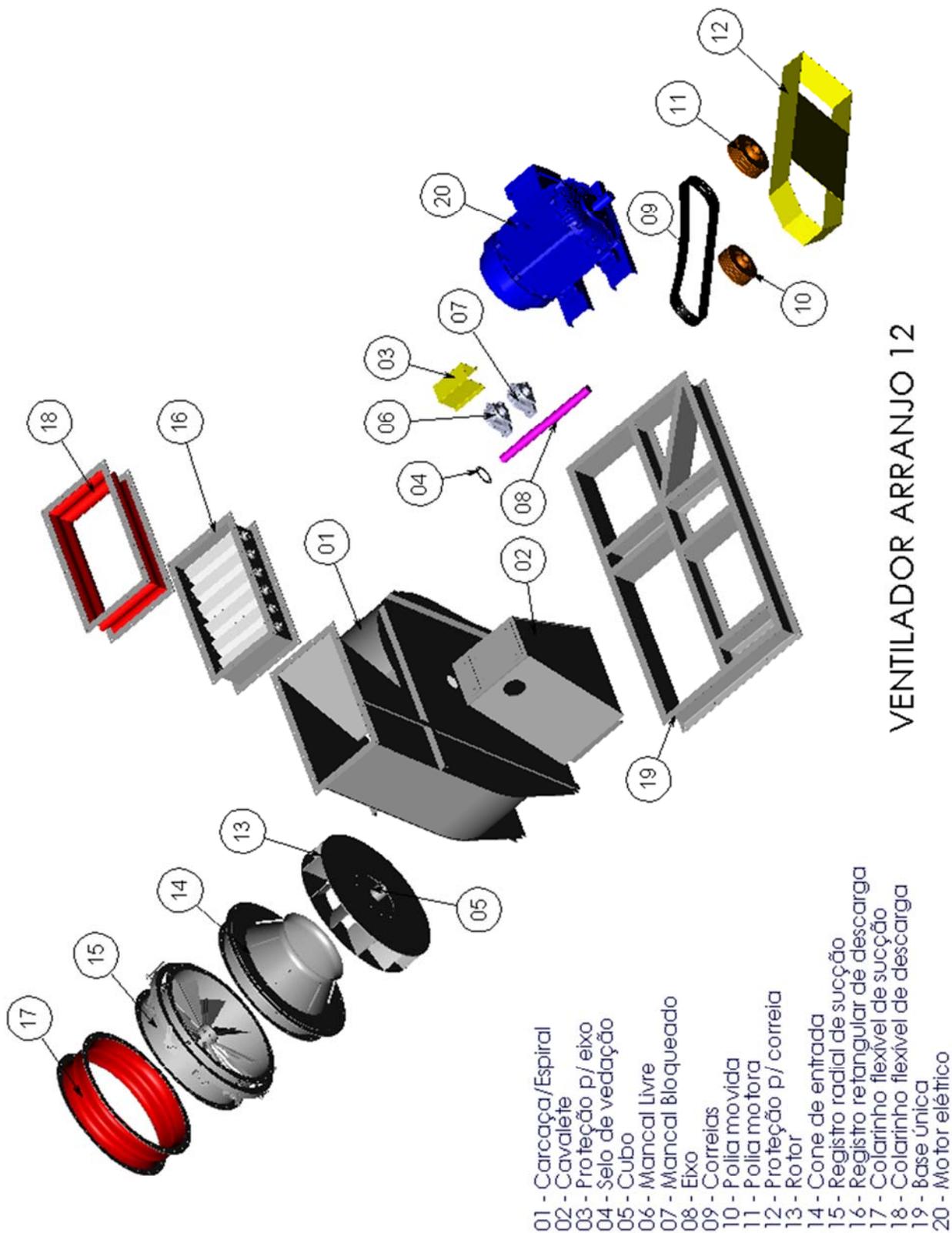
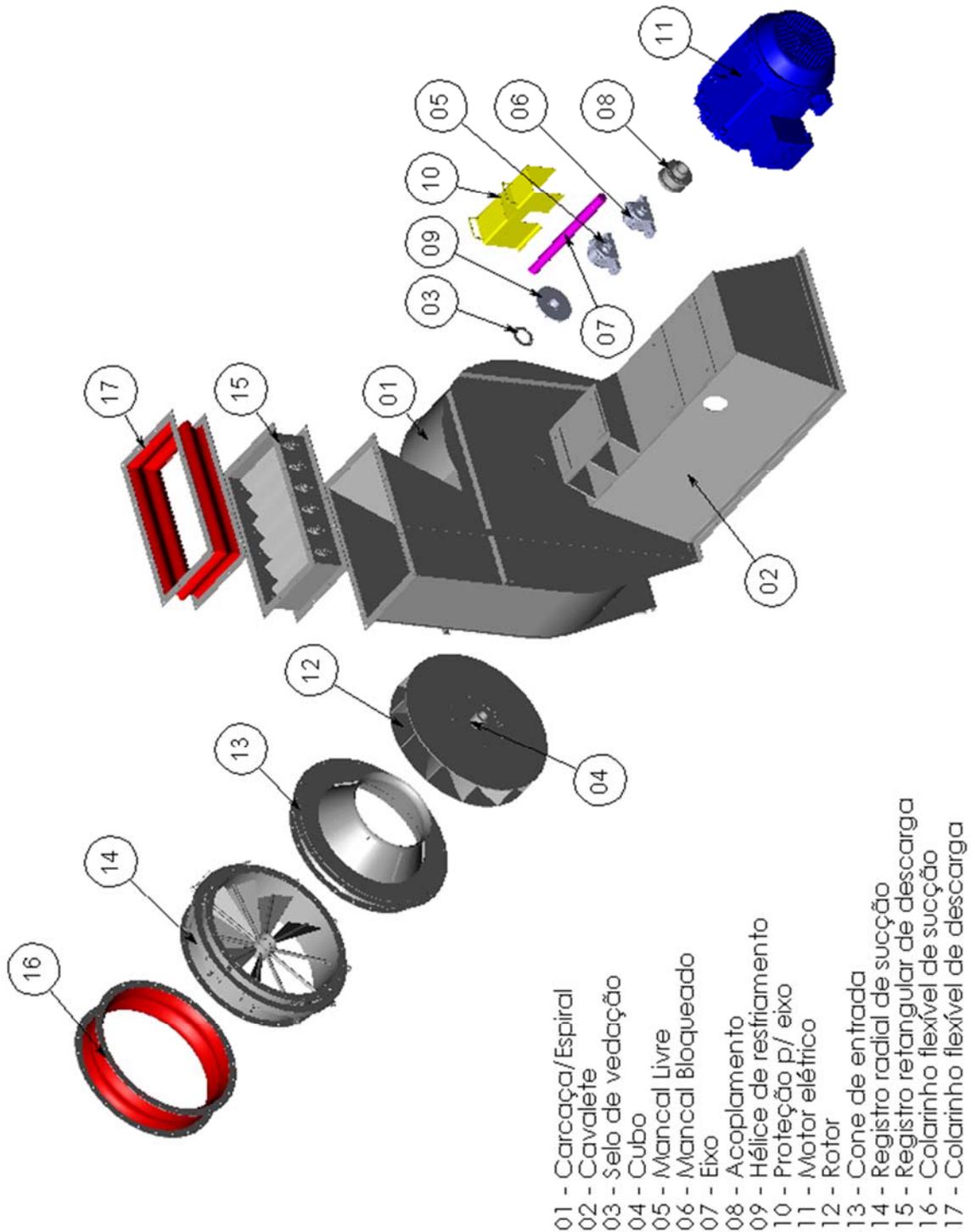


Fig. 2 – Montagem Ventilador Arranjo 12

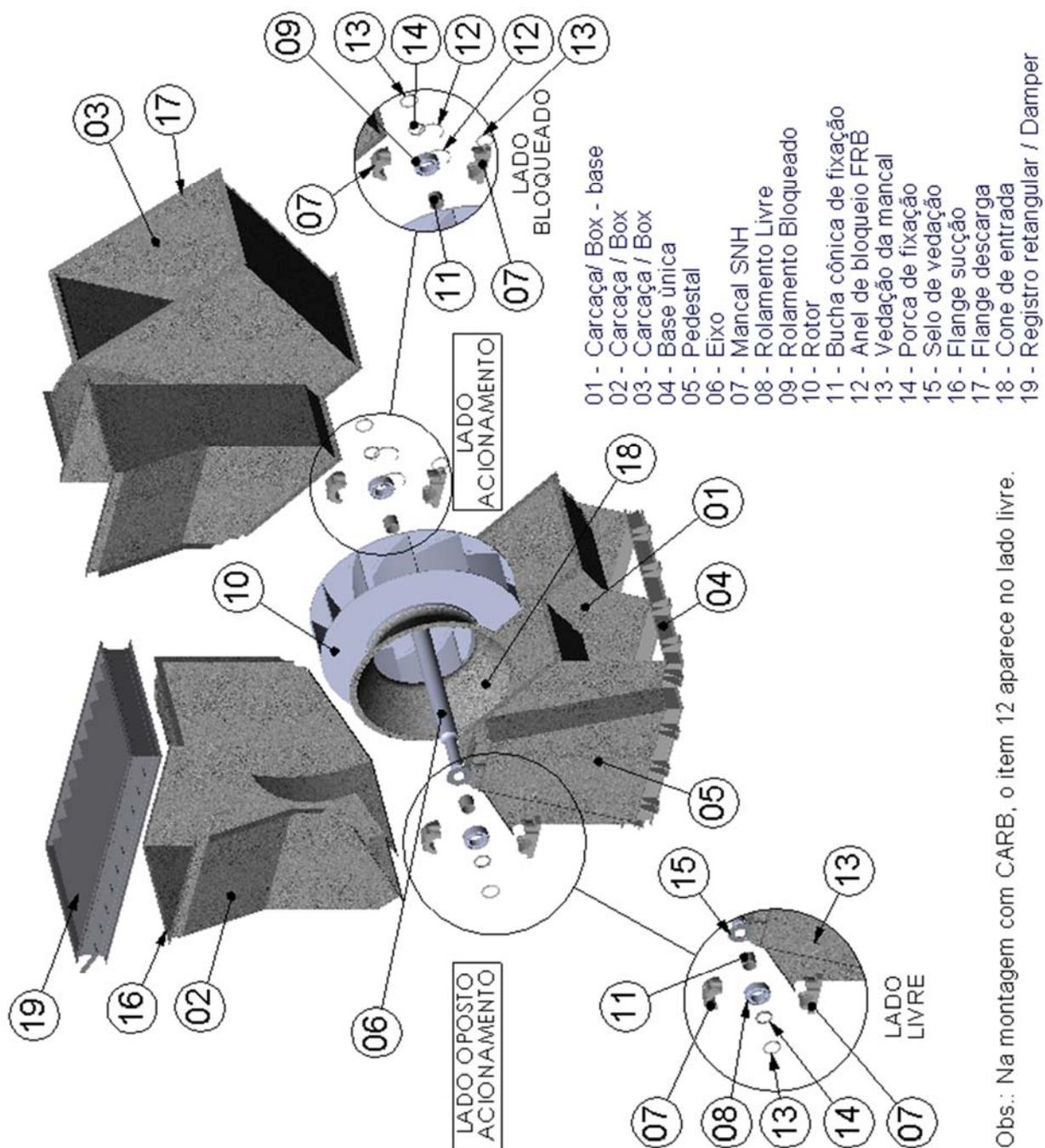
1.4. Arranjo 8



VENTILADOR ARRANJO 8

Fig. 3 - Montagem Ventilador Arranjo 08

1.5. Arranjos 3 e 7



Obs.: Na montagem com CARB, o item 12 aparece no lado livre.

Fig. 4 – Montagem Ventilador Arranjo 03 e 07

2. Despacho

Usualmente, nossos equipamentos são enviados completamente montados, com exceção aos casos de limites do veículo transportador ou restrições da malha rodoviária. Nestes casos os volumes se dividem da seguinte forma:

- Carcaça: uma, duas ou três partes.
- Eixo e mancais montados sobre o cavalete (uma das partes da carcaça).
- Registros retangulares, radiais, telas de proteção, etc.
- Materiais para montagem em campo: parafusos, vedações, acoplamentos, polias e correias, chumbadores, atuadores, coxins e etc. são despachados em caixa de madeira.
- Motores especiais, acoplamentos, atuadores e outros fornecimentos especiais podem ser entregues diretamente dos sub-fornecedores.
- Uma lista de despacho é fornecida em situações mais complexas.

3. Transporte

No processo de despacho em nossa fábrica, todo cuidado é tomado, apesar disto, existe a possibilidade de danos no decorrer do transporte, por este motivo recomendamos a escolha de uma empresa capacitada para realizar este serviço, bem como, sempre que possível, a contratação de seguro.

4. Recebimento

Todo o equipamento deve ser vistoriado no ato de seu recebimento, a fim de ser verificada a existência de danos ou falta de materiais. Qualquer anormalidade deve ser imediatamente comunicada ao responsável pelo transporte.

5. Desembarque

Todos os ventiladores devem ser manuseados com cuidado para evitar danos aos mancais, conjunto girante e ao revestimento que por ventura venha a ter.

Após o descarregamento e antes de colocar o equipamento em funcionamento, o primeiro cuidado a ser tomado é o de girar o rotor com a mão para a verificação de possíveis travamentos (as correias devem ser soltas para esta checagem – Arranjo 3 e 12).

Caso exista qualquer travamento as causas prováveis poderão ser:

- Deslocamento dos mancais, com conseqüente desalinhamento.
- Partes amassadas (cone, rotor, carcaça ou eixo).
- Corpo estranho dentro da carcaça.

Qualquer que seja a causa, mesmo que aparentemente de fácil solução, o fato deve ser comunicado à LCI Ventiladores para a correta orientação.

6. Manuseio, Montagem e Instalação

6.1. Precauções de Segurança

Antes de iniciar a montagem atentar para as recomendações de segurança abaixo:

- Utilizar EPI's de acordo com a legislação vigente no país.
- Bloqueie o fluxo de ar na entrada e na saída do ventilador ou dutos do sistema para evitar a rotação do conjunto girante durante a intervenção.

- Certifique-se que o motor elétrico está isolado da rede elétrica e que permanecerá dessa forma até o final do trabalho.
- Feche as aberturas de tubulações verticais para prevenir contra queda de objetos.
- Instale todas as proteções de partes girantes antes de acionar o motor elétrico.

6.2. Unidades Completamente Montadas

O ventilador completamente montado deve ser içado através dos olhais, pontos de pega ou por estrados de madeira localizados inferiormente a sua base, com todo o cuidado para evitar quedas o que pode até inutilizar o equipamento. As proteções das partes soltas e mancais devem ser removidas.

6.3. Unidades Parcialmente Montadas

Cuidados especiais para os componentes desmontados:

As ilustrações que se seguem mostram a forma correta de manuseio. Os pecados capitais estão aqui listados:

- *Nunca* amarrar cabos de aço, cordas ou correntes nas partes do eixo onde posteriormente serão montados mancais, luvas, polias e rotor.
- *Nunca* suspender o rotor pelas palhetas ou pelo cone/cones de entrada.
- *Nunca* rolar o rotor / eixo no chão. (Se for necessário, forre o piso com madeira).
- *Nunca* permitir que o peso do conjunto girante apoie-se sobre uma das laterais da carcaça.

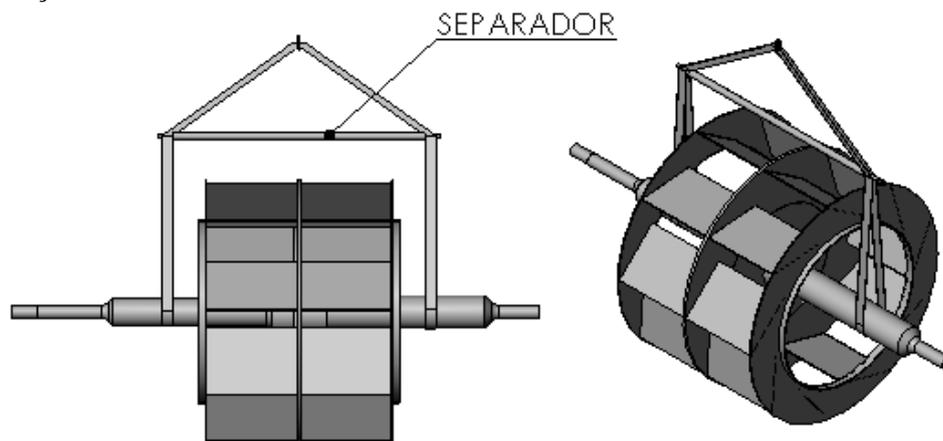


Fig. 5 – Forma de manuseio de rotores duplos

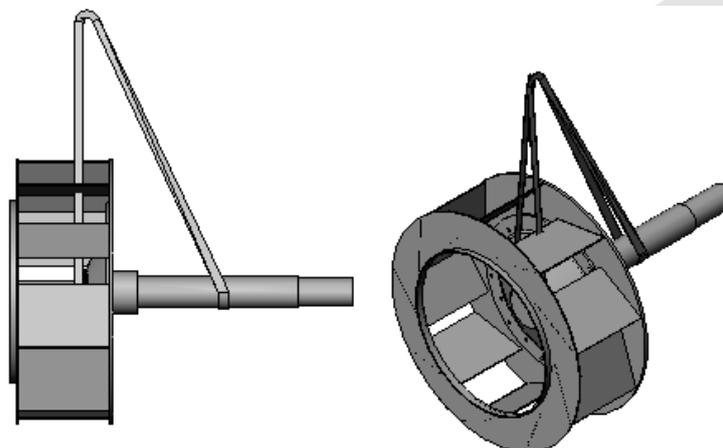


Fig. 6 – Forma de manuseio de rotores simples

7. Armazenagem (a partir do décimo quinto dia)

- Preencher os mancais completamente com graxa.
- Aplicar óleo de alta viscosidade ou anti-corrosivo nas partes usinadas, tais como eixo, acoplamento etc..
- Cobrir o equipamento e/ou acessórios com lona impermeável.
- Calçar e bloquear o rotor de modo a evitar movimentos abruptos.
- Girar o rotor 450 ° semanalmente.
- Não depositar sobre o equipamento e/ou acessórios qualquer material.

8. Instalação (bases, fundações e coxins)

A base para fixação do ventilador é de fundamental importância tanto para a vida útil de seus componentes (conjunto girante, mancais, correias, acoplamento e motor), como no nível de ruído.

As dimensões das bases devem seguir o desenho do ventilador, com pelo menos 100 mm maior no seu contorno, evitando assim trincas quando do aperto dos chumbadores.

Recomendamos que o peso mínimo da base deva ser quatro vezes o peso do equipamento e o subsolo deve ser o suficientemente compacto para não permitir o assentamento posterior da base.

Os dois tipos de fixação utilizados são os seguintes:

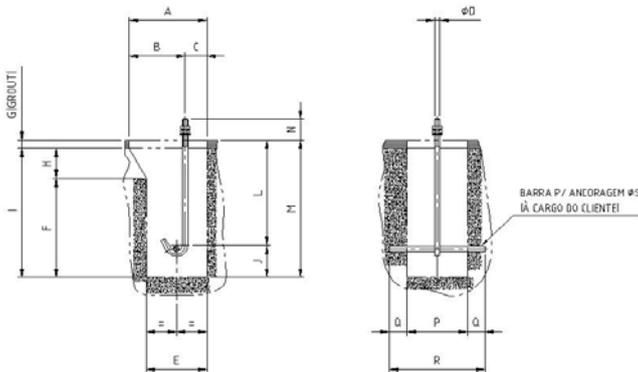


Fig. 7 - Chumbador gancho de ancoragem

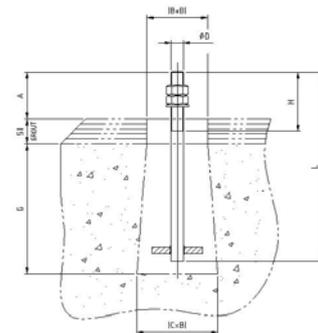


Fig. 8 - Chumbador tirante

O nivelamento da base deve ser executado de forma a permitir um perfeito assentamento da base metálica sem torção, evitando assim o desalinhamento de mancais e motor.

Estruturas e suportes metálicos não são recomendados, porém se necessário, devem ser adequadamente projetadas para suportar as cargas estáticas e dinâmicas, levando em consideração a frequência da máquina.

Máquinas recebidas completamente desmontadas deverão ter sua base fixada antes da montagem e alinhamento final.

Coxins de borracha e/ou molas são de aplicação complexa em ventiladores e dependem, para seu efeito pleno, de fatores como a distribuição de cargas de forma simétrica, grau de rigidez (ou liberdade) da base metálica e frequência de trabalho.

Por este motivo não recomendamos a utilização destes artifícios sem um estudo profundo do assunto. Em caso da necessidade de utilizá-los, contate a LCI Ventiladores impreterivelmente.

Em hipótese alguma, preencha os cavaletes com concreto, esta medida com fins de diminuir a vibração causa sérios danos aos mancais, podendo levar a um grave acidente. A vibração é um sinalizador de que algo está errado, contate-nos antes de providências extremas.

9. Montagem de partes soltas

9.1. Cones de Entrada

Mesmo, na maioria dos casos, enviados montados na carcaça, por serem de suma importância para a obtenção do perfeito desempenho do equipamento, faz-se necessário a checagem das folgas de montagem conforme ilustração abaixo. As medidas de seu equipamento encontram-se no desenho de conjunto do equipamento.

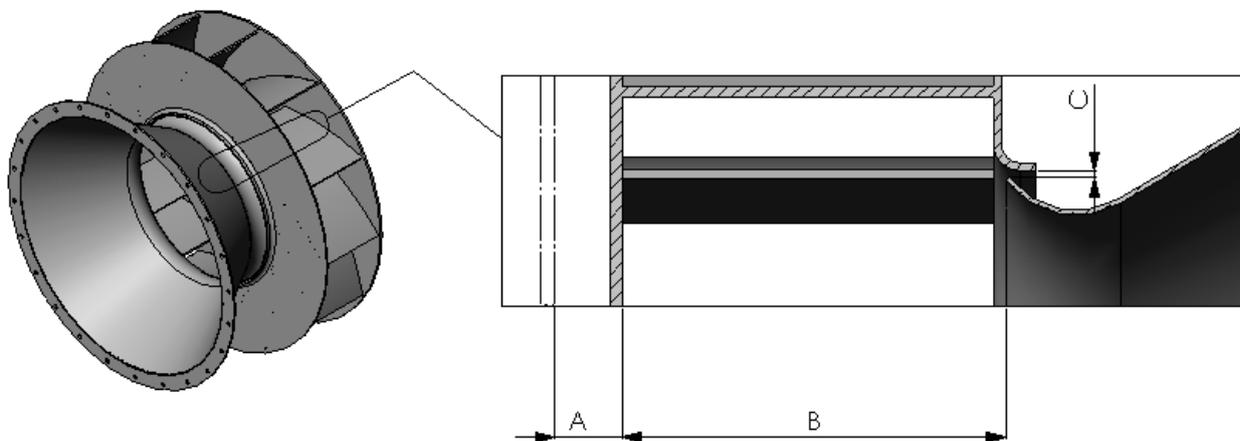


Fig. 9 – Ajustes de cone de entrada e rotor

9.2. Registros

9.2.1. Lubrificação dos mancais

Os registros possuem palhetas apoiadas sobre mancais flangeados à carcaça. Esses mancais já são lubrificados na quantidade exata de graxa suficiente para condições normais de trabalho dispensando qualquer relubrificação.

Porém, em condições adversas de contaminação, temperatura alta ou muito baixa esse mancais possuem pino graxeiro para relubrificação.

Recomenda-se o uso de graxa silicônica observando a temperatura de operação do equipamento.

9.2.2. Tipos de Registro

- Veneziana retangular com pás paralelas

Para utilização em caixas de entrada de ar (*Inlet Box*), frequentemente para controle de vazão, também usado na função de isolamento do equipamento para partida. Tendo como princípio o turbilhonamento do ar na entrada do rotor, além do controle de vazão, propicia uma considerável economia energética.

- Veneziana retangular com pás opostos

Utilizado na descarga dos ventiladores, tendo como principal função o isolamento do equipamento para partida, podendo ser utilizado também como controlador de vazão, embora com menos eficiência que o de palhetas paralelas na entrada, principalmente para grandes restrições de vazão, não propicia o ganho energético. Em casos específicos, dependendo da aplicação e função dos ventiladores, são fornecidas também para inlet box.

- Veneziana Radial

Frequentemente utilizado no controle de vazão, também usado na função de isolamento do equipamento para partida. Tendo como princípio o cicloneamento do ar na entrada do rotor, além do controle de vazão, propicia economia energética.

- Borboleta

Utilizado somente para isolamento do ventilador para a partida. A localização dos mesmos deve estar distante dos flanges de entrada ou saída do ventilador, a pelo menos, duas vezes e meia o diâmetro equivalente a área de entrada ou saída do ventilador para evitar perda de desempenho.

- Gaveta ou Guilhotina

Utilizado somente para isolamento do ventilador para a partida. Nunca deve ser utilizado para o controle de vazão, quando junto aos bocais de entrada e saída.

A seguir mostramos ilustrações sobre as formas corretas de instalação de registros. Siga-as sempre:

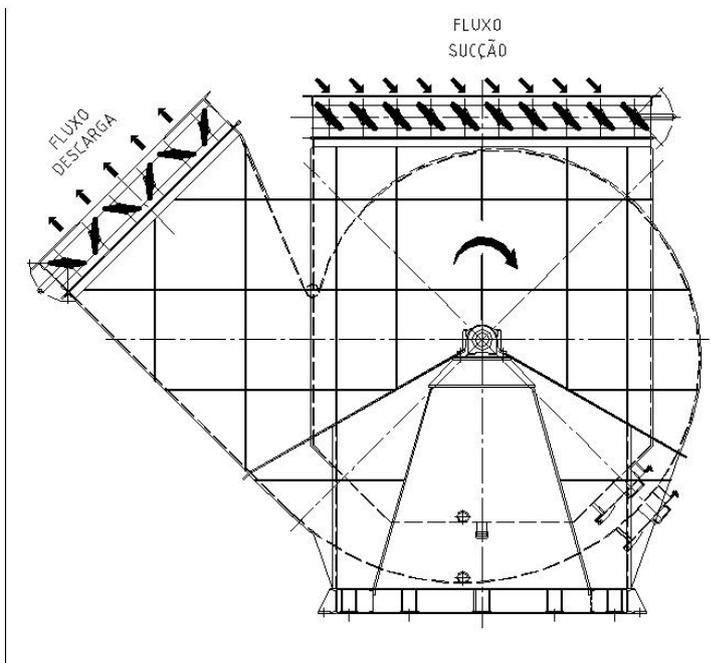


Fig. 10 – Sentido das palhetas registro retangular

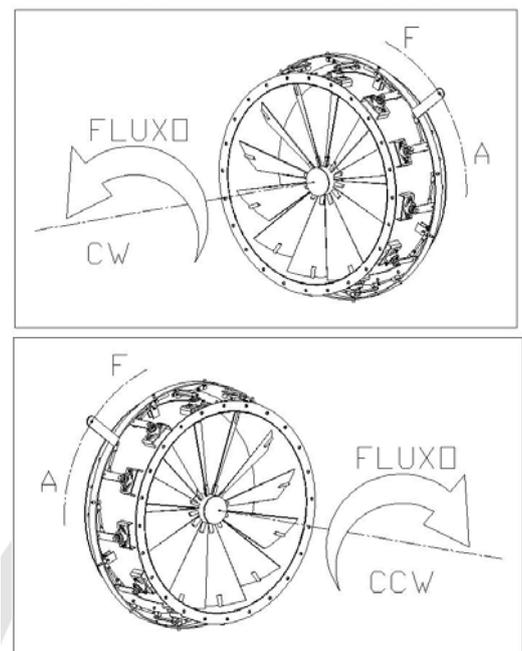


Fig. 11 – Sentido palhetas registro radial

9.2.3. Operação com registros fechados ou quase fechados.

Não operar o ventilador com o registro completamente fechado por períodos muito longos.

A operação com registro fechado pode causar trincas na carcaça, caixa de entrada ou tubulação do sistema devido à vibração excessiva do equipamento.

A abertura inferior à 25°, seja o registro de pás paralelas ou intercaladas, não deve ser utilizada para controle de vazão por longos períodos.

9.3. Acoplamento

9.3.1. Acoplamento direto

No caso de transmissão com redução de velocidade, é usual também o acoplamento direto através de redutores e inversores de frequência.

Cuidados: Alinhar cuidadosamente as pontas de eixos, usando acoplamento flexível, sempre que possível.

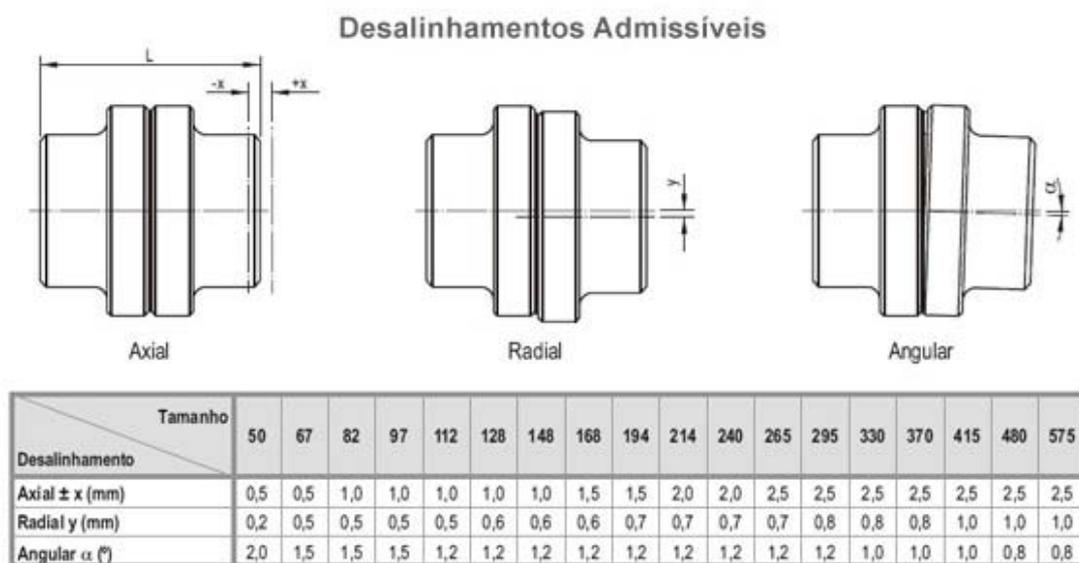


Fig. 12 - Acoplamento elástico convencional

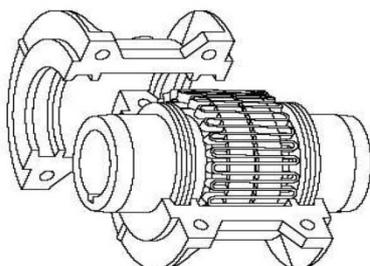


Fig. 13 - Acoplamento de grade elástica

Tabela 20	DADOS PARA INSTALAÇÃO (Medidas em milímetros)						
	Tamanho	folga	Limites de alinhamento		Torque de aperto/paraf (Kgf x m)	Rotação (rpm)	Peso da Graxa (Kg)
			Paralelo (max)	Angular (max)			
1020T	3,2	0,15	0,08	1,15	4.500	0,03	
1030T	3,2	0,15	0,08	1,15	4.500	0,04	
1040T	3,2	0,15	0,08	1,15	4.500	0,05	
1050T	3,2	0,20	0,10	2,30	4.500	0,07	
1060T	3,2	0,20	0,12	2,30	4.350	0,09	
1070T	3,2	0,20	0,12	2,30	4.125	0,11	
1080T	3,2	0,20	0,15	2,30	3.600	0,17	
1090T	3,2	0,20	0,18	2,30	3.600	0,25	
1100T	4,8	0,25	0,20	3,00	2.440	0,43	
1110T	4,8	0,25	0,23	3,00	2.250	0,50	
1120T	6,4	0,28	0,25	7,50	2.025	0,73	
1130T	6,4	0,28	0,30	7,50	1.800	0,91	
1140T	6,4	0,28	0,33	7,50	1.650	1,13	

Fig. 14 - Tabela de folga e alinhamento

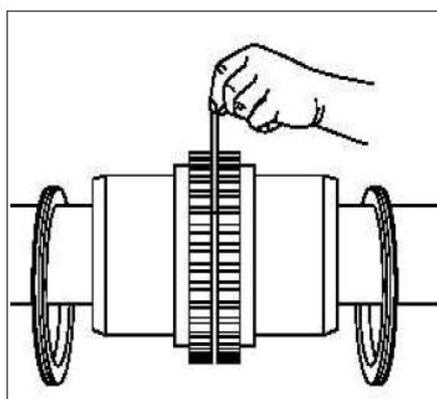


Fig. 15 – Alinhamento angular

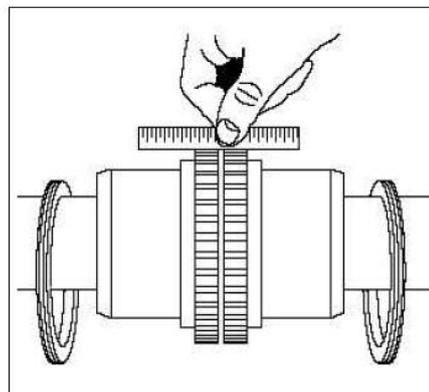


Fig. 16 – Alinhamento paralelo

9.3.2. Acoplamento por engrenagens

Acoplamentos por engrenagens mal alinhados dão origem a solavancos, os quais provocam vibrações na própria transmissão e no motor.

Cumpri cuidar, portanto, para que os eixos fiquem em alinhamento perfeito, rigorosamente paralelo no caso de engrenagens retas e em ângulo certo no caso de engrenagens cônicas ou helicoidais.

O engrenamento perfeito poderá ser controlado com inserção de uma tira de papel, na qual apareça uma volta, o decalque de todos os dentes.

9.3.3. Acoplamento por meio de polias e correias

Quando uma relação de velocidade é necessária a transmissão por correia é a mais frequentemente utilizada.

9.4. Montagem de Polias

Para montagem de polias em pontas de eixo com rasgos de chaveta e furo roscado na ponta, a mesma deve ser encaixada até na metade do rasgo da chaveta apenas com esforço manual do montador.

Para eixos sem furo roscado, recomenda-se aquecer a polia até cerca de 80°C ou utilizar dispositivos adequados.

Deve-se evitar o uso de martelo na montagem de polias.

O posicionamento correto da polia é mostrado na figura abaixo.

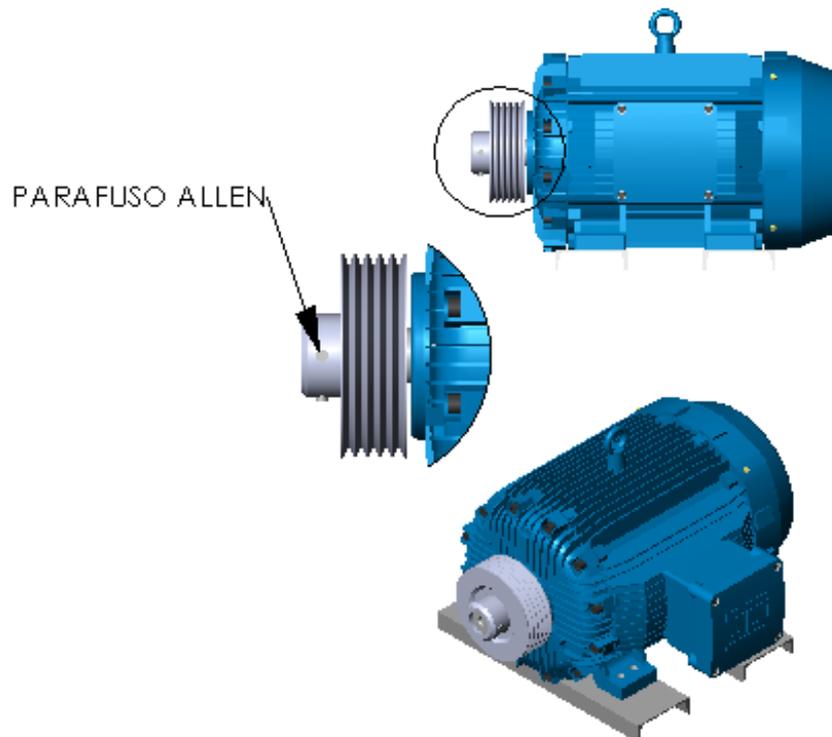


Fig. 17 – Eixo maior ou igual à polia

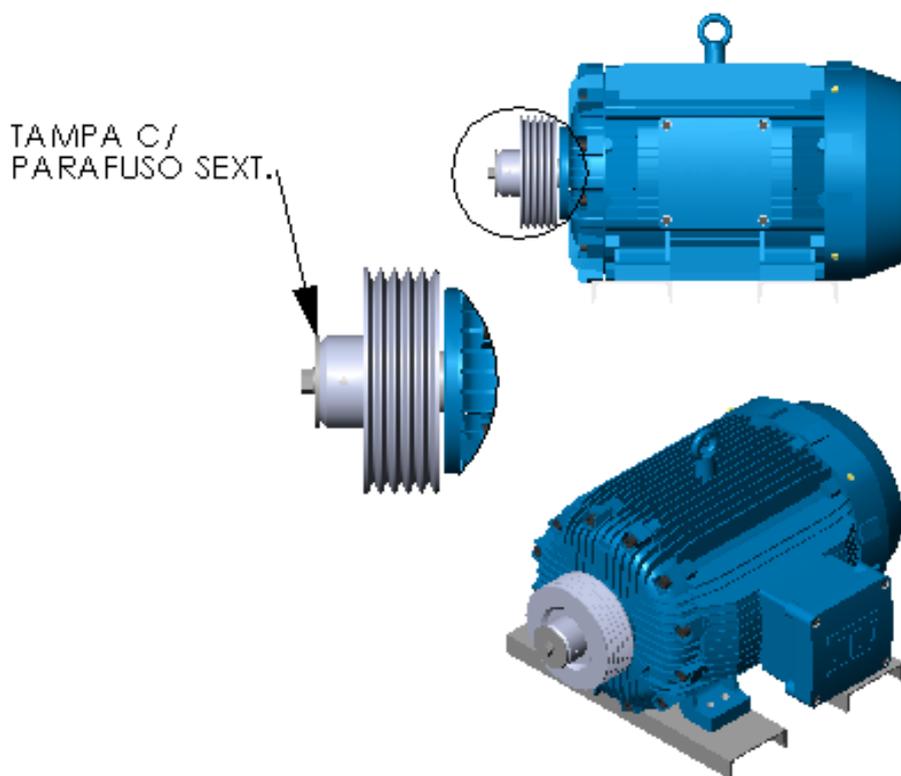


Fig. 18 – Eixo mais curto que polia

Observação: Evitar esforços radiais desnecessários nos mancais, situando os eixos paralelos entre si e as polias perfeitamente alinhadas.

Correias que trabalham lateralmente enviesadas transmitem batidas de sentido alternante ao rotor, e poderão danificar os encostos do mancal. O escorregamento da correia poderá ser evitado com aplicação de um material resinoso, como o breu por exemplo.

A tensão na correia deverá ser apenas suficiente para evitar o escorregamento no funcionamento, conforme figura abaixo.

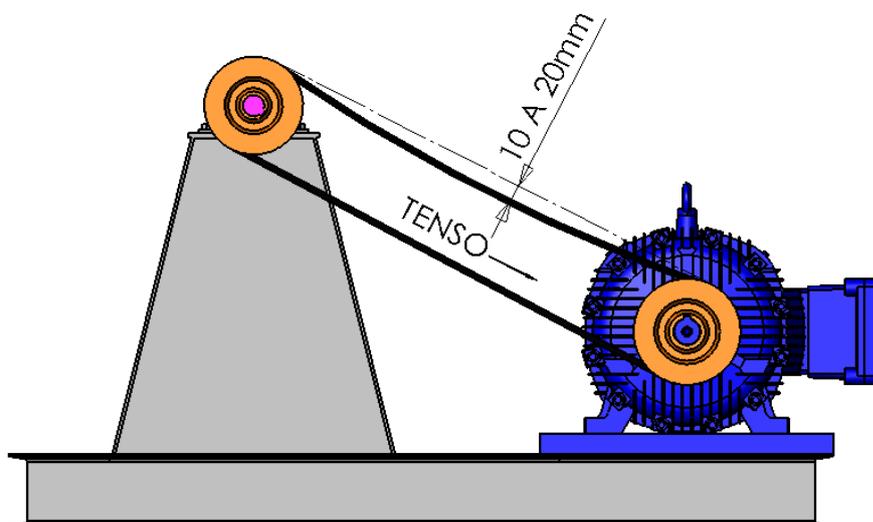


Fig. 19 – Ajuste de tensão na correia

9.5. Mancais

9.5.1. Rolamentos autocompensadores de rolos

Os rolamentos autocompensadores de rolos possuem duas carreias de rolos os quais operam sobre uma pista esférica comum no anel externo. As duas pistas no anel interno são inclinadas, formando um ângulo com o eixo do rolamento. Estes rolamentos são auto-alinhantes e não são afetados por pequenos desalinhamentos angulares do eixo em relação à caixa, ou flexões do eixo além das cargas radiais. Os rolamentos podem suportar cargas axiais atuando em ambos os sentidos.

Os rolamentos autocompensadores de rolos CARB são construídos de forma a permitir o deslocamento axial do anel interno, sendo conferida a eles resistência à carga, compatíveis com os rolamentos fixos convencionais.

9.5.2. Caixas para rolamentos

As caixas são feitas de ferro fundido cinzento. As tolerâncias de usinagem do assento do rolamento na caixa são tais que fica assegurado um ajuste fixo do anel externo, no caso de opção de solução CARB, ou deslizante no caso de dois rolamentos Explorer.

9.5.3. Vedadores

Os vedadores tipo TSN – G/L são recomendados para melhor desempenho e fácil manutenção.

9.5.4. Bucha cônica de fixação

As buchas de fixação são usadas para fixar rolamentos com furos cônicos sobre assentos cilíndricos. Tem como principal vantagem a praticidade de instalação e como principal cuidado as folgas de montagem. O aperto excessivo leva à um super-aquecimento e o aperto insuficiente à liberação do eixo durante o funcionamento do equipamento.

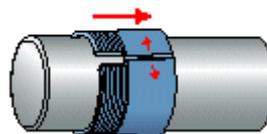
9.5.5. Procedimento de Montagem

Monte o rolamento num ambiente limpo. As caixas, os eixos e outros componentes do arranjo de rolamentos devem estar limpos.

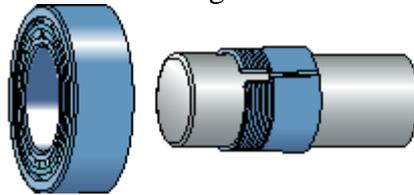
Os rolamentos deverão permanecer em suas embalagens originais até ao momento da montagem, a fim de evitar a contaminação.

Limpe o produto conservante do furo e do diâmetro externo do rolamento.

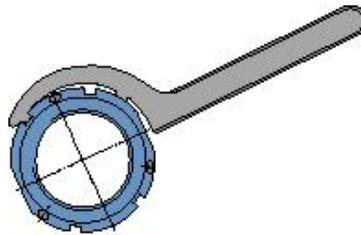
Lubrifique levemente o furo do rolamento com um óleo mineral fluido.



Abra a bucha adaptadora introduzindo uma chave de parafusos ou outra ferramenta adequada na fenda e faça-a deslizar ao longo do eixo até a posição correta.

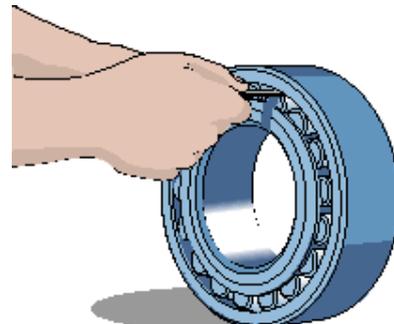


Coloque o rolamento sobre a bucha.



Aperte a porca com o chanfro virado para o rolamento, mas não monte a arruela de trava. Medir a folga residual utilizando calibres de lâminas.

Medir a folga antes da montagem e também medi-la enquanto o rolamento vai sendo deslocado para cima do assento, até se alcançar a redução da folga informada nas tabelas da pagina 21 e 22.



A folga deve ser sempre medida no lado superior entre o anel externo e um rolo descarregado, quando desmontado, ou inferior quando o rolamento está sobre o eixo.

Antes de se fazer a medição, deve girar-se várias vezes o rolamento para que os rolos assumam as suas posições corretas.

Alinhe os anéis de forma a que fiquem paralelos e centre o conjunto de rolos.

Normalmente, o rolamento deverá ser completamente cheio com graxa.

9.5.6. Lubrificação (Importante)

A graxa á base de lítio com consistência NGLI 2, aditivada com anti-oxidantes é a recomendada.

Todo equipamento LCI Ventiladores tem sua lubrificação inicial com graxa LGWA-2 da SKF, quando totalmente desmontados a graxa segue na caixa de material de montagem.

A quantidade inicial de graxa vai de 1/3 do volume livre da caixa do mancal, quando a rotação do equipamento ultrapassa 50 % da máxima rotação admissível pelo rolamento até 2/3, quando isto não acontecer. O intervalo de tempo para relubrificação dos mancais encontram-se na folha de dados técnicos e desenho de conjunto do equipamento. Os bicos graxeiros estão localizados de forma a permitir a melhor distribuição possível.

Observe que o excesso de graxa pode levar a superaquecimento dos mancais.

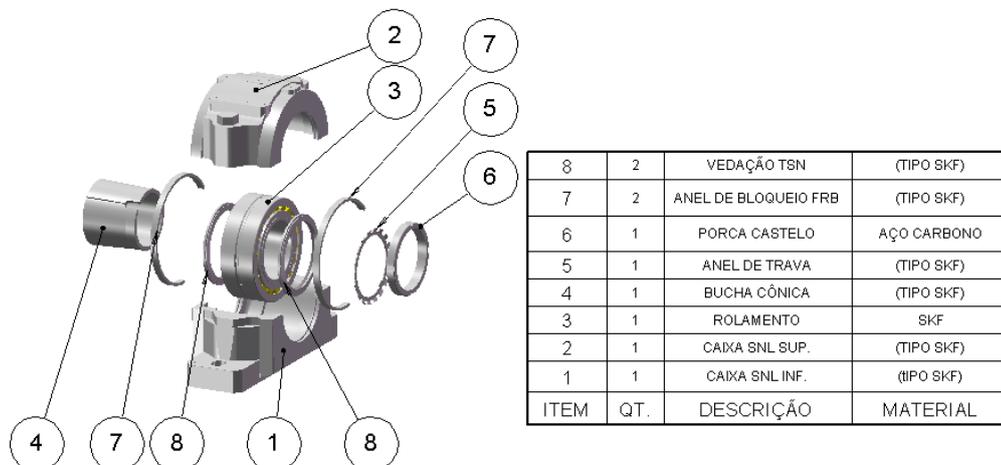


Fig. 20 – Rolamento Autocompensador - Bloqueado

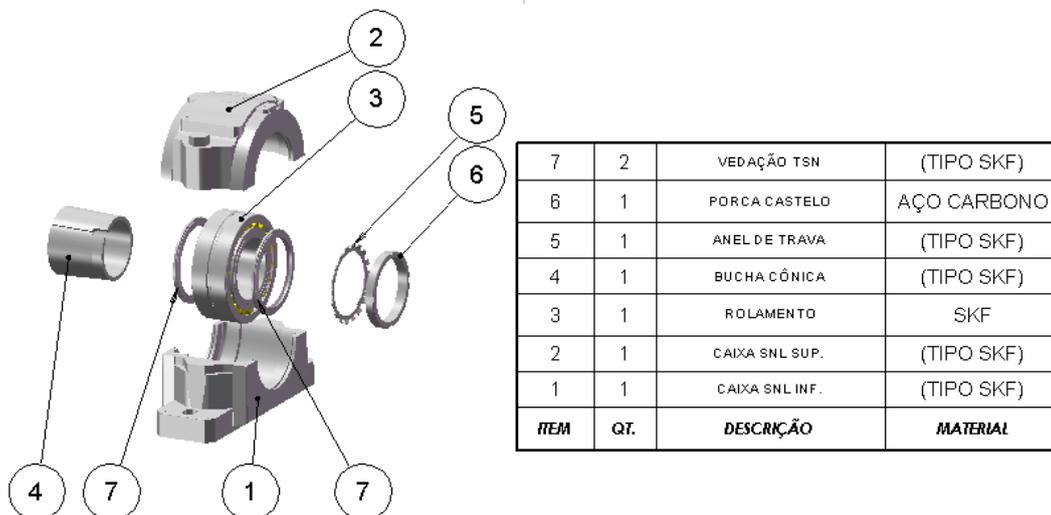


Fig. 21 – Rolamento Autocompensador - Livre

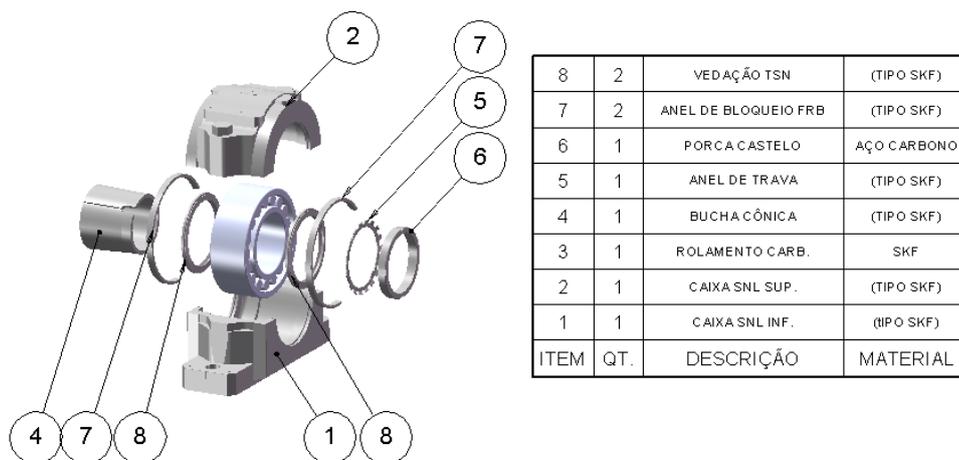
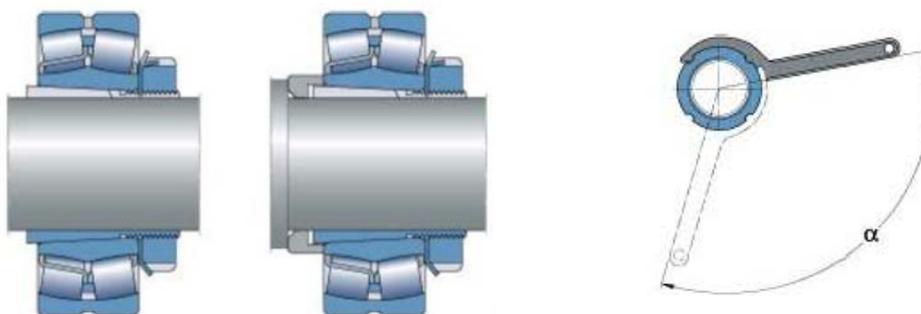


Fig. 22 – Rolamento Conoidal CARB – Axial Livre com anel de bloqueio

Tabela de montagem de rolamentos autocompensadores de rolos com furo cônico:



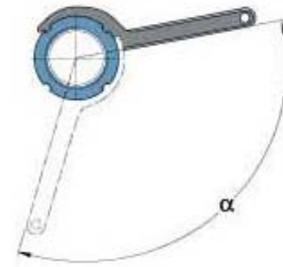
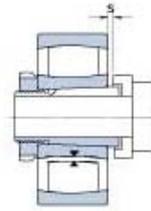
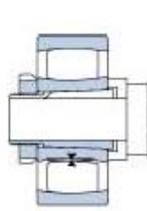
Diâmetro do furo do rolamento d	Redução na folga interna radial		Deslocamento axial s ¹⁾				Folga radial residual ²⁾ permitida após a montagem dos rolamentos com a folga inicial			Ângulo de aperto da porca de segurança α	
	mín	máx	Conicidade 1:12		Conicidade 1:30		Normal	C3	C4		
acima de ind.	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mm			graus	
24	30	0,015	0,020	0,3	0,35	-	-	0,015	0,020	0,035	110
30	40	0,020	0,025	0,35	0,4	-	-	0,015	0,025	0,040	120
40	50	0,025	0,030	0,4	0,45	-	-	0,020	0,030	0,050	130
50	65	0,030	0,040	0,45	0,6	-	-	0,025	0,035	0,055	110
65	80	0,040	0,050	0,6	0,7	-	-	0,025	0,040	0,070	130
80	100	0,045	0,060	0,7	0,9	-	-	0,035	0,050	0,080	150
100	120	0,050	0,070	0,75	1,1	1,9	2,7	0,050	0,065	0,100	-
120	140	0,065	0,090	1,1	1,4	2,7	3,5	0,055	0,080	0,110	-
140	160	0,075	0,100	1,2	1,6	3,0	4,0	0,055	0,090	0,130	-
160	180	0,080	0,110	1,3	1,7	3,2	4,2	0,060	0,100	0,150	-
180	200	0,090	0,130	1,4	2,0	3,5	5,0	0,070	0,100	0,160	-
200	225	0,100	0,140	1,6	2,2	4,0	5,5	0,080	0,120	0,180	-
225	250	0,110	0,150	1,7	2,4	4,2	6,0	0,090	0,130	0,200	-
250	280	0,120	0,170	1,9	2,7	4,7	6,7	0,100	0,140	0,220	-
280	315	0,130	0,190	2,0	3,0	5,0	7,5	0,110	0,150	0,240	-
315	355	0,150	0,210	2,4	3,3	6,0	8,2	0,120	0,170	0,260	-
355	400	0,170	0,230	2,6	3,6	6,5	9,0	0,130	0,190	0,290	-
400	450	0,200	0,260	3,1	4,0	7,7	10	0,130	0,200	0,310	-
450	500	0,210	0,280	3,3	4,4	8,2	11	0,160	0,230	0,350	-
500	560	0,240	0,320	3,7	5,0	9,2	12,5	0,170	0,250	0,360	-
560	630	0,260	0,350	4,0	5,4	10	13,5	0,200	0,290	0,410	-
630	710	0,300	0,400	4,6	6,2	11,5	15,5	0,210	0,310	0,450	-
710	800	0,340	0,450	5,3	7,0	13,3	17,5	0,230	0,350	0,510	-
800	900	0,370	0,500	5,7	7,8	14,3	19,5	0,270	0,390	0,570	-
900	1 000	0,410	0,550	6,3	8,5	15,8	21	0,300	0,430	0,640	-
1 000	1 120	0,450	0,600	6,8	9,0	17	23	0,320	0,480	0,700	-
1 120	1 250	0,490	0,650	7,4	9,8	18,5	25	0,340	0,540	0,770	-
1 250	1 400	0,550	0,720	8,3	10,8	21	27	0,360	0,590	0,840	-
1 400	1 600	0,600	0,800	9,1	11,9	22,7	29,8	0,400	0,650	0,920	-
1 600	1 800	0,670	0,900	10,2	13,4	25,4	33,6	0,440	0,720	1,020	-

1) Válido somente para eixos em aço maciço e aplicações gerais. Não é válido para o método de deslocamento da SKF

2) A folga residual precisa ser verificada em situações nas quais a folga interna radial inicial se encontra na metade inferior da faixa de tolerância e onde grandes diferenças de temperatura entre os anéis de rolamento podem surgir em funcionamento. A folga residual não deverá ser menor do que os valores indicados acima.

Fig. 23 – Tabela de montagem autocompensadores de rolos

Tabela de montagem de rolamentos CARB com furo cônico:



Diâmetro do furo do rolamento d		Redução na folga interna radial		Deslocamento axial s ¹⁾				Folga radial residual ²⁾ permitida após a montagem dos rolamentos com a folga inicial			Ângulo de aperto da porca de segurança α
acima de	incl.	mín	máx	Conicidade 1:12		Conicidade 1:30		Normal	C3	C4	
mm		mm		mm		mm		mm			graus
24	30	0,012	0,018	0,25	0,34	0,64	0,85	0,025	0,033	0,047	100
30	40	0,015	0,024	0,30	0,42	0,74	1,06	0,031	0,038	0,056	115
40	50	0,020	0,030	0,37	0,51	0,92	1,27	0,033	0,043	0,063	130
50	65	0,025	0,039	0,44	0,64	1,09	1,59	0,038	0,049	0,074	115
65	80	0,033	0,048	0,54	0,76	1,36	1,91	0,041	0,055	0,088	135
80	100	0,040	0,060	0,65	0,93	1,62	2,33	0,056	0,072	0,112	150
100	120	0,050	0,072	0,79	1,10	1,98	2,75	0,065	0,083	0,129	-
120	140	0,060	0,084	0,93	1,27	2,33	3,18	0,075	0,106	0,147	-
140	160	0,070	0,096	1,07	1,44	2,68	3,60	0,085	0,126	0,173	-
160	180	0,080	0,108	1,21	1,61	3,04	4,02	0,093	0,140	0,193	-
180	200	0,090	0,120	1,36	1,78	3,39	4,45	0,100	0,150	0,210	-
200	225	0,100	0,135	1,50	1,99	3,74	4,98	0,113	0,163	0,230	-
225	250	0,115	0,150	1,67	2,20	4,18	5,51	0,123	0,175	0,250	-
250	280	0,125	0,170	1,85	2,46	4,62	6,14	0,133	0,186	0,275	-
280	315	0,140	0,190	2,06	2,75	5,15	6,88	0,143	0,200	0,290	-
315	355	0,160	0,215	2,31	3,09	5,77	7,73	0,161	0,225	0,330	-
355	400	0,175	0,240	2,59	3,47	6,48	8,68	0,173	0,250	0,360	-
400	450	0,200	0,270	2,91	3,90	7,27	9,74	0,183	0,275	0,385	-
450	500	0,225	0,300	3,26	4,32	8,15	10,8	0,210	0,295	0,435	-
500	560	0,250	0,335	3,61	4,83	9,04	12,1	0,225	0,325	0,465	-
560	630	0,280	0,380	4,04	5,42	10,1	13,6	0,250	0,365	0,510	-
630	710	0,315	0,425	4,53	6,10	11,3	15,3	0,275	0,385	0,560	-
710	800	0,355	0,480	5,10	6,86	12,7	17,2	0,320	0,430	0,620	-
800	900	0,400	0,540	5,73	7,71	14,3	19,3	0,335	0,465	0,675	-
900	1000	0,450	0,600	6,44	8,56	16,1	21,4	0,365	0,490	0,740	-
1000	1120	0,500	0,670	7,14	9,57	17,9	23,9	0,395	0,545	0,825	-
1120	1250	0,560	0,750	8	10,7	20	26,7	0,415	0,595	0,885	-

1) Válido somente para eixos em aço maciço e aplicações gerais. Não é válido para o método de deslocamento da SKF

2) A folga residual precisa ser verificada em situações nas quais a folga interna radial inicial se encontra na metade inferior da faixa de tolerância e onde grandes diferenças de temperatura entre os anéis de rolamento podem surgir em funcionamento. A folga residual não deverá ser menor do que os valores mínimos indicados acima. Durante a medição, certifique-se de que os anéis e o conjunto de rolos estejam alinhados e centralizados

Fig. 24 – Tabela de montagem CARB

10. Início de operação

10.1. Check list de partida

- I. Girar o rotor com a mão e observe se há travamento ou algum tipo de ruído.
- II. Verificar a existência e quantidade de graxa nos mancais.
- III. Verificar aperto dos parafusos dos mancais, motor, tampa, base, acoplamento, polias, etc.
- IV. Verificar a existência de algum corpo estranho dentro do ventilador.
- V. Verificar o alinhamento do acoplamento, mancais e polias.
- VI. Verificar a ligação elétrica do motor.
- VII. Verificar o sentido de giro do rotor.
- VIII. Durante a primeira hora, monitorar a cada 10 minutos:
 - Amperagem do motor
 - Temperatura dos mancais
 - Vibração dos mancais
 - Ruídos
- IX. Documente este procedimento e utilize-o como comparativo durante todo o período útil de vida do equipamento.

10.2. Monitoramento de operação (parâmetros)

- Limite de temperatura no rolamento: 130°C.
- Limite de temperatura máxima aceitável nos mancais: 75°C, dependendo das condições especiais de cada processo.
- Limites de Vibração conforme norma ISO 3945 e AMCA 204-3/95 para verificação em campo sem filtro:

Condição	Categoria	Montagem rígida mm/s	Montagem Flexível mm/s
Partida	BV-3	6,4	8,8
	BV-4	4,1	6,4
Alarme	BV-3	10,2	16,5
	BV-4	6,4	10,2
Parada	BV-3	12,7	17,8
	BV-4	10,2	15,2

- Nível de ruído maior que o indicado na FDT deve ser investigado.

10.3. Lista de causas e efeitos

Itens	Causas	Efeitos							
		A	B	C	D	E	F	G	H
Instalação	1- Montagem incorreta	X	X	X					X
	2- Ligação elétrica incorreta	X	X		X				
Fundação	3- Fundação mal feita	X		X					
	4- Concreto deformado	X	X	X					
Bases	5- Deformação	X	X	X					
Carcaça	6- Corpo estranho							X	X
	7- Deformação	X						X	X
Rotor	8- Desbalanceamento	X	X	X					
	9- Erosão ou corrosão	X			X		X	X	X
	10- Sucção de corpos estranhos	X			X		X	X	X
	11- Aderência de corpos estranhos	X							
	12- Raspando cone entrada	X	X	X	X	X		X	X
	13- Deformação	X							
Eixo	14- Posição constr. Invertida				X			X	
	15- Empenado	X	X	X					
	16- Ajustes mal executados	X							X
	17- Raspando na carcaça	X				X	X		X
Mancais	18- Chaveta com folga	X							X
	19- Folga acima do normal	X		X					X
	20- Folga menor que o normal		X	X					
	21- Lubrificante sujo ou velho		X	X					
	22- Lubrificante inadequado		X	X					
	23- Lubrificação excessiva		X	X					
	24- Lubrificação escassa		X	X					
25- Parafusos soltos	X	X	X					X	
Polias e Correias	26- Anel de trava danificado		X	X					X
	27- Corpo estranhos		X	X					X
	28- Desbalanceamento	X		X					
Polias e Correias	29- Correia muito esticada		X	X	X				X
	30- Correia frouxa	X					X	X	
	31- Correia gasta	X					X	X	
	32- Correia séries diferentes	X					X	X	
Geral	33- Rotação acima do normal	X	X	X	X	X		X	X
	34- Rotação abaixo do normal						X	X	X
	35- Rotação invertida						X	X	X
	36- Má operação do registro				X	X	X	X	
	37- Registro danificado				X	X	X	X	
	38- Aumento da perda de carga						X	X	
	39- Diminuição da perda de carga				X	X			
	40- Balanceamento		X					X	X

- A - Aumento de vibração
 B - Superaquecimento dos mancais
 C - Danificações dos rolamentos
 D - Sobrecarga no motor na partida
 E - Sobrecarga no motor em operação
 F - Redução da carga no motor em operação
 G - Redução na capacidade e/ou eficiência do ventilador
 H - Ruído excessivo

11. Manutenção (O que checar e como trocar)

A inspeção sistemática de todas as partes e componentes do ventilador é a chave para a boa manutenção do equipamento.

A frequência da inspeção é determinada pela severidade da aplicação e pelas condições locais.

A manutenção do ventilador deve incluir os seguintes itens:

11.1. Rotor

Pontos a serem observados:

- Existência de acúmulo de poeira, ou outro tipo de material estranho.
- Desgaste excessivo, proveniente da abrasão da poeira nos componentes do rotor ou nos parafusos de fixação do cubo.
- Palhetas e/ou outros componentes do rotor deformados.
- Verificar o balanceamento do motor elétrico.
- Verificar o alinhamento do acoplamento ou acionamento.
- Verificar possível empenamento do eixo.

O acúmulo de poeira e/ou a deformação das palhetas podem causar desbalanceamento, que constituem grave perigo para a segurança da operação.

Ventilador desbalanceado provocará o afrouxamento dos parafusos, danificará definitivamente os mancais, causará fissura nos pedestais por fadiga e poderá eventualmente empenar o eixo.

O rotor deverá ser imediatamente substituído se estiver excessivamente gasto.

O rotor pode ser removido com o conjunto girante completo (somente se a carcaça do ventilador for bi-partida), ou removendo-se somente o rotor por intermédio de saca-polias ou dispositivos semelhantes. Cuidado com choques sobre os rolamentos.

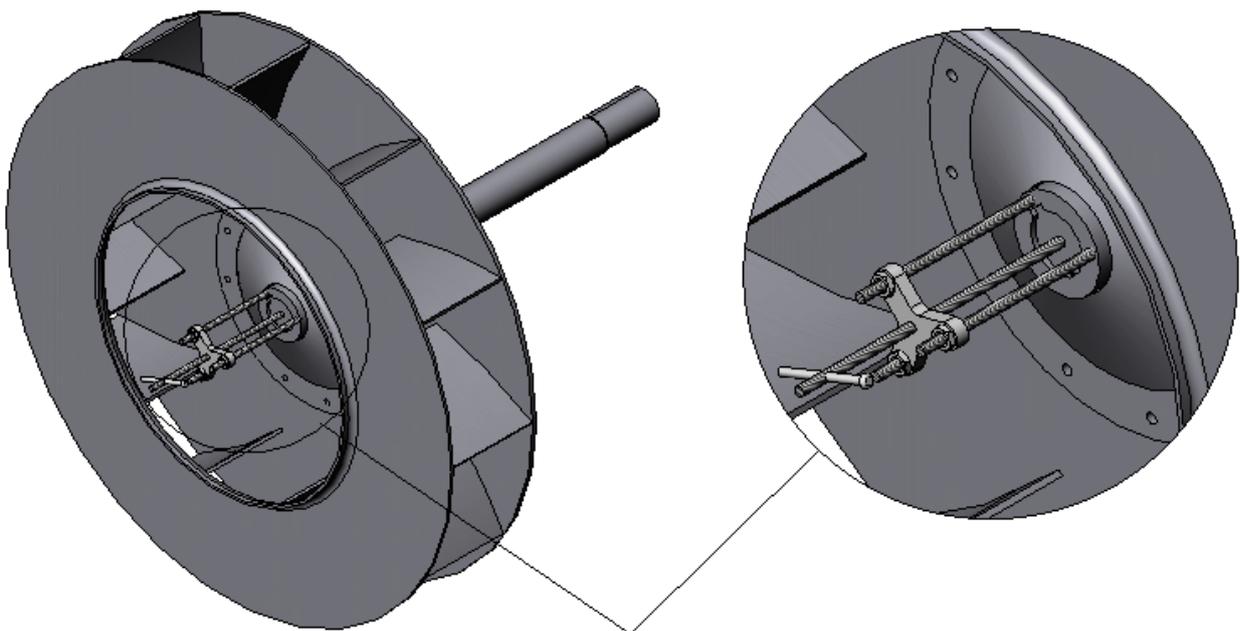


Fig. 25 - Remoção do rotor do eixo por saca-polia

Recolocar o rotor original, ou um rotor novo, verificando a folga entre o cone de entrada da carcaça do ventilador, esta folga deve ser igual em toda a periférica do rotor, (ver desenho de ilustração no item 9, fig. 9).

11.2. Motor Elétrico

11.2.1. Regime de partida

Devido ao valor elevado da corrente de partida dos motores de indução, o tempo gasto na aceleração de cargas de inércia apreciável resulta na elevação rápida da temperatura do motor. Se o intervalo entre partidas sucessivas for muito reduzido, isto levará a uma elevação de temperatura excessiva nos enrolamentos, danificando-os ou reduzindo a sua vida útil.

A norma NBR 7094 estabelece um regime de partida mínimo que os motores devem ser capazes de realizar:

- a) Duas partidas sucessivas, sendo a primeira feita com o motor frio, isto é, com seus enrolamentos à temperatura ambiente e uma segunda a seguir, porém após o motor ter desacelerado até o repouso.
- b) Uma partida com o motor quente, ou seja, com os enrolamentos à temperatura de regime.

A primeira condição simula o caso em que a primeira partida do motor é malograda, por exemplo, pelo desligamento de proteção, permitindo-se uma segunda tentativa logo a seguir. A Segunda condição simula o caso de um desligamento acidental do motor em funcionamento normal, por exemplo, por falta de energia na rede, permitindo-se retomar o funcionamento logo após o restabelecimento da energia.

11.2.2. Funcionamento

Acionar o motor acoplado à carga, por um período de 1 h, para observar as condições de Voltagem, Amperagem e ruído.

11.2.3. Desligamento

Mesmo após o corte da alimentação elétrica, enquanto o motor estiver em desaceleração, não se deve em hipótese alguma tocar em qualquer uma de suas partes ativas.

11.2.4. Lubrificação e manutenção dos rolamentos

Consultar a folha de dados do motor elétrico.

12. Cuidados com o Meio Ambiente

12.1. Política Ambiental

A LCI Ventiladores Industriais Ltda., desenvolve, projeta e fabrica ventiladores industriais para o mercado nacional e internacional. Nossa empresa assume o compromisso com a melhoria contínua para alcançar a compatibilidade entre seus processos, produtos e meio ambiente, através do cumprimento das legislações e demais normas ambientais vigentes, que tratam da geração de emissão atmosférica, ruídos e manipulação de matérias primas e deposição de resíduos.

Comprometemo-nos também a ser um elo na corrente que pensa e age, no objetivo de alcançar o desenvolvimento sustentável, salvando nosso planeta para as gerações futuras, disponibilizando para isto toda nossa organização e tecnologia.

12.2. Identificação de Agentes de Risco Ambiental

Agentes Físicos:

Ruído: O ruído gerado pelo ventilador consta na folha de dados técnicos do mesmo, os cuidados com exposição e utilização de EPI's, devem ser tratados de acordo com a área de instalação específica. Em caso de remanejamento de áreas, a aquisição de supressores e isolamento acústico, poderá ser necessária.

Temperatura: Nos mancais há a geração de calor e sua dissipação, dependendo de condições específicas, pode gerar uma temperatura na sua capa externa, um ponto de risco de queimaduras ao toque. Quando da necessidade de intervenção ou manutenção, o usuário deve estar munido de luvas de proteção.

A carcaça, sempre que transportando gases quentes apresenta risco de queimaduras ao toque, portanto deve receber isolamento térmico, originalmente de fábrica ou instalado em campo pelo usuário.

Partes Girantes: São todas protegidas ao toque e com cores sinalizantes.

Agentes Químicos e Biológicos:

Amiantos: Não utilizamos em hipótese alguma em nossos equipamentos.

Lubrificante: O lubrificante utilizado nos mancais dos ventiladores, não apresenta risco se mantidos longe da pele e evitando-se respirar seus vapores, porém irritação, dermatites e outros distúrbios podem ocorrer em contatos prolongados. No caso de ingestão, não provoque o vômito e em contato com os olhos deve ser tratado com água em abundância e sabão, em todos os casos procure um médico imediatamente.

Gases de processo: Os riscos inerentes ao transporte de gases corrosivos ou tóxicos devem ser analisados pelo usuário, que deve providenciar os cuidados proporcionais a intensidade de cada risco.

Acúmulos de resíduos: As partes internas e girantes têm a possibilidade de reter materiais sólidos, com o tempo, estes podem desenvolver agentes biológicos. O usuário deve realizar a limpeza e descontaminação com periodicidade, analisando especificamente cada processo.

Acúmulo de água: nossos projetos são elaborados prevendo em todas as partes externas evitar o acúmulo de água de chuva.

12.3. Descarte:

Os lubrificantes dos mancais e todos os artefatos e produtos utilizados para sua manipulação devem receber descarte junto a empresas especializadas nestes produtos e em hipótese alguma, serem descartados em redes de esgoto, mananciais ou mesmo junto ao lixo comum.

Os Ventiladores são predominantemente aço de baixa liga, sendo possível seu descarte completo como sucata, sendo, portanto reciclável.

Economicamente, em casos específicos, podem ser remanejados e repotencializados, consulte-nos comercialmente.

