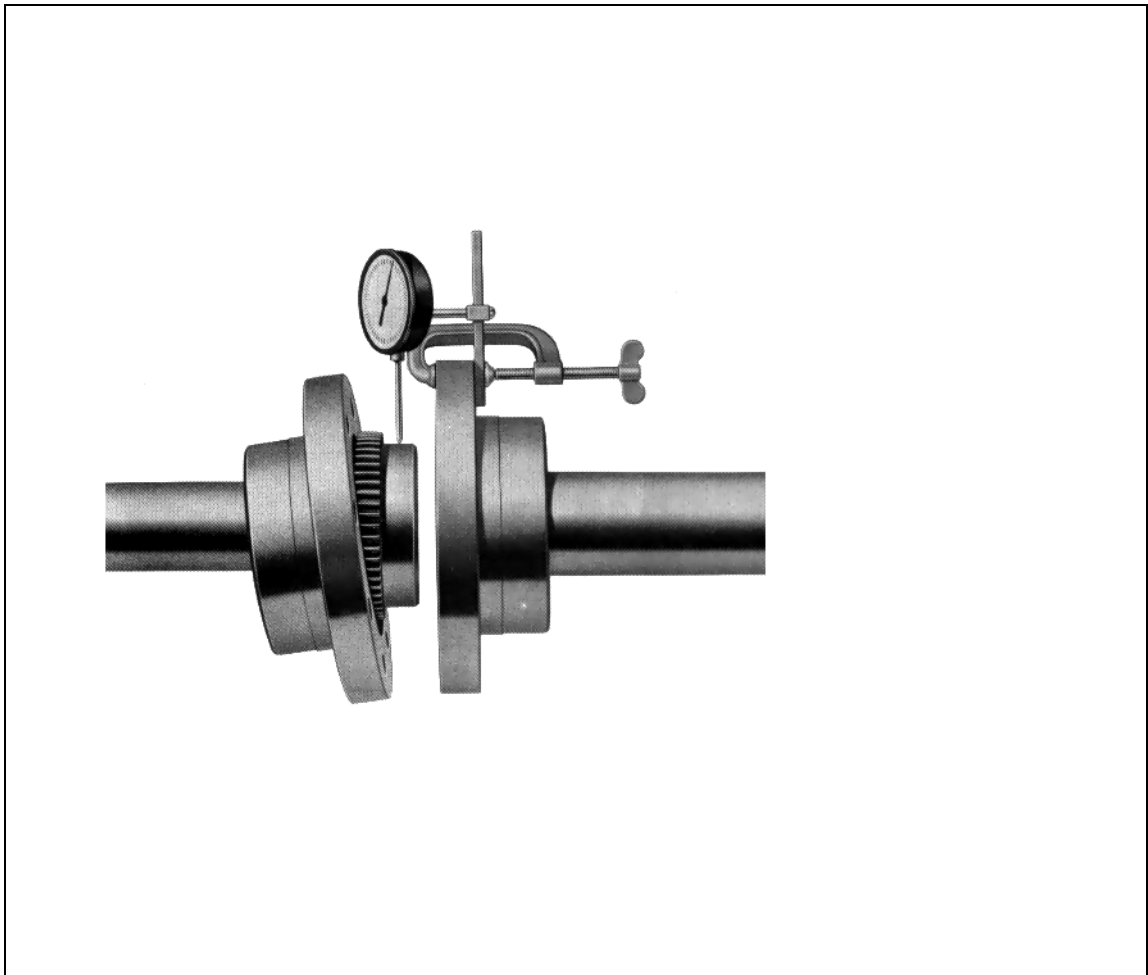


CPM - Programa de Certificação de Pessoal de Manutenção

Mecânica

Alinhamento de Máquinas Rotativas



Alinhamento de Máquinas Rotativas - Mecânica

© SENAI - ES, 1997

Trabalho realizado em parceria SENAI / CST (Companhia Siderúrgica de Tubarão)

Coordenação Geral	Luís Cláudio Magnago Andrade (SENAI) Marcos Drews Morgado Horta (CST)
Supervisão	Alberto Farias Gavini Filho (SENAI) Rosalvo Marcos Trazzi (CST)
Elaboração	Evandro Armini de Pauli (SENAI) Fernando Saulo Uliana (SENAI)
Aprovação	José Geraldo de Carvalho (CST) José Ramon Martinez Pontes (CST) Tarcilio Deorce da Rocha (CST) Wenceslau de Oliveira (CST)
Editoração	Ricardo José da Silva (SENAI)

SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
DAE - Divisão de Assistência às Empresas
Departamento Regional do Espírito Santo
Av. Nossa Senhora da Penha, 2053 - Vitória - ES.
CEP 29045-401 - Caixa Postal 683
Telefone: (027) 325-0255
Telefax: (027) 227-9017

CST - Companhia Siderúrgica de Tubarão
AHD - Divisão de Desenvolvimento de Recursos Humanos
AV. Brigadeiro Eduardo Gomes, s/n, Jardim Limoeiro - Serra - ES.
CEP 29160-972
Telefone: (027) 348-1322
Telefax: (027) 348-1077

Sumário

Alinhamento de Máquinas Rotativas	03
• Introdução	03
• Tipos de desalinhamento	03
• Métodos de alinhamento	04
• Alinhamento	06
• Fórmula para calço	10
• Sequência de operações	12
• Interpretação do relógio	13
• Padrão para Desalinhamento Máximo	16
• Notas	17

Alinhamento de Máquinas Rotativas

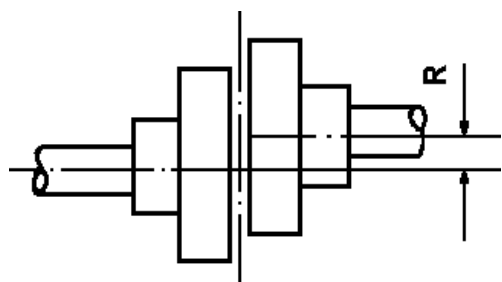
Introdução

Alinhamento mecânico é um recurso utilizado pela mecânica, em conjunto de equipamentos rotativos, com a finalidade de deixar as faces do acoplamento sempre com a mesma distância, em qualquer ponto, e no mesmo plano.

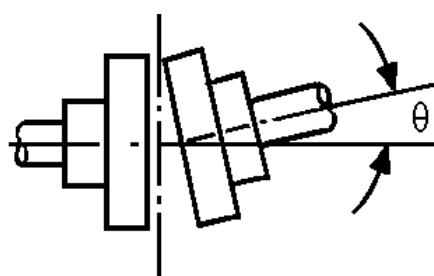
O objetivo do alinhamento é garantir o bom funcionamento dos equipamentos rotativos tendo, como característica principal eliminar vibrações, aquecimento e dar maior durabilidade aos componentes.

Tipos de desalinhamentos

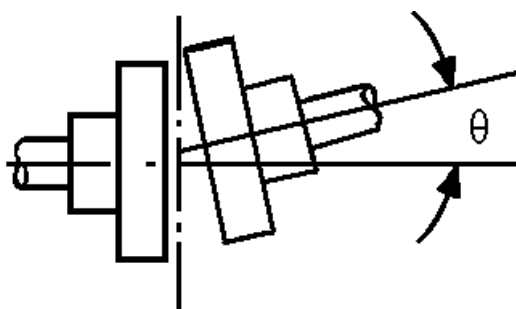
Os desalinhamentos podem ser radial, angular ou os dois combinados, seja no plano horizontal ou no vertical.



**DESALINHAMENTO
RADIAL OU PARALELO**



**DESALINHAMENTO
ANGULAR OU AXIAL**



DESALINHAMENTO MISTO

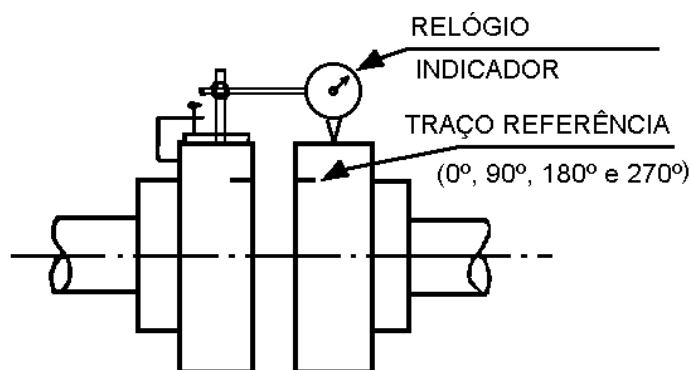
Métodos de alinhamento

Relógio comparador

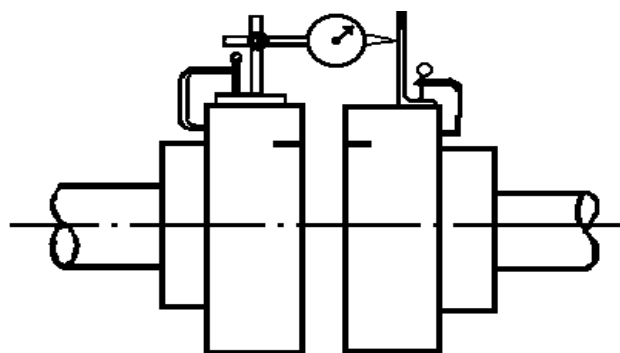
O alinhamento com relógio comparador deve ser executado em função da precisão exigida para o equipamento, a rotação e importância no processo.

- Para a verificação do alinhamento Paralelo e Angular devemos posicionar o relógio com a base magnética sempre apoiada na parte do motor.

Já o sensor do relógio para alinhamento Paralelo, deve ser posicionado perpendicularmente ao acoplamento da parte acionada, enquanto que, no alinhamento Angular, o sensor deve estar posicionado axialmente em relação ao seu eixo.



ALINHAMENTO PARALELO



ALINHAMENTO ANGULAR

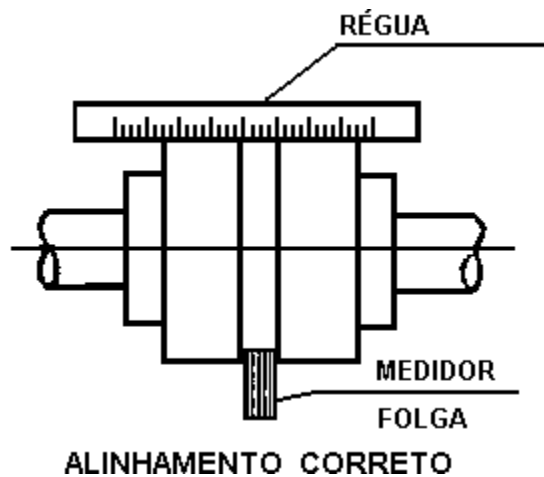
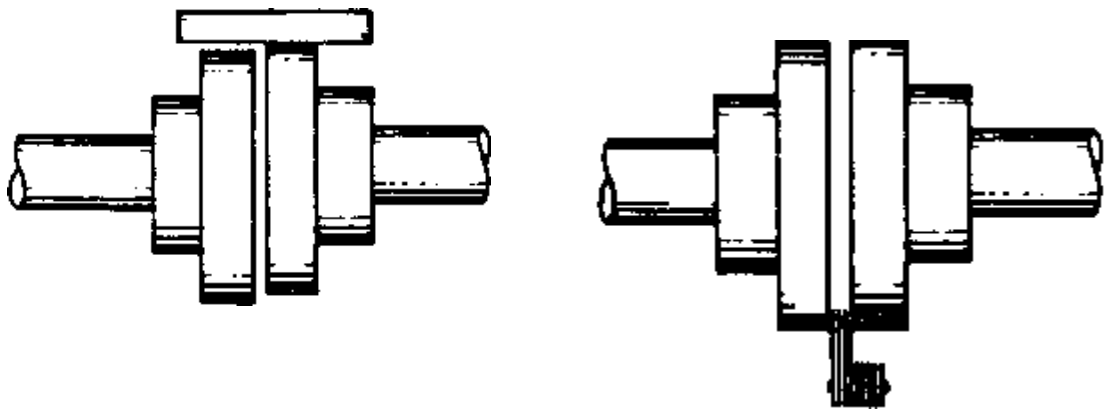
Réguas e calibrador de folga

O alinhamento com régua e calibrador de folga deve ser executado em equipamento de baixa rotação e com acoplamento de grandes diâmetros e em casos que exijam urgência de manutenção.

Para obter o alinhamento correto tomamos as leituras, observando sempre os mesmos traços referenciais em ambas as metades do acoplamento, em 4 posições defasadas de 90°.

O alinhamento paralelo é conseguido, quando a régua se mantiver nivelada com as duas metades nas 4 posições (0°, 90°, 180° e 270°).

O alinhamento angular é obtido, quando o medidor de folga mostrar a mesma espessura nas 4 posições posições (0°, 90°, 180° e 270°), observando, sempre, a concordância entre os traços de referência.



Alinhamento

A realização de um bom alinhamento não depende, tão somente, de quem o faz, por isso, devemos observar, antes da execução do serviço, os itens abaixo:

- **Nivelamento** - esse processo é de grande importância, considerando que todas as dificuldades que possamos ter na realização do alinhamento final, terão origem na não observação desse detalhe. Por isso, devemos deixar os dois equipamentos o mais plano possível.
- **Centralização** - devemos, também, observar a centralização das funções que servirão de fixação dos equipamentos.
- **Dispositivos de deslocamento** - a instalação de dispositivos de deslocamento (macaquinhos) em posições estratégicas na base de assentamento servem para permitir maior precisão de deslocamento horizontal.

Observação: O alinhamento deverá ser realizado, preferencialmente, sem os parafusos de fechamento do acoplamento.

Para que se realize a correção do alinhamento, com rapidez e qualidade, é recomendável que seja executada na seguinte sequência prática:

- Correção do Angular Vertical;
- Correção do Paralelo Vertical;
- Correção do Angular Horizontal;
- Correção do Paralelo Horizontal.

Alinhamento Angular com relógio comparador

Suponhamos que o conjunto de acionamento com desalinhamento angular seja da figura 7 ou 8 (página seguinte).

Instale o relógio como mostra a figura 9, certifique-se de que a sua base esteja firmemente posicionada após ter instalado o relógio, gire o seu dial até zerá-lo. Em seguida gire os dois eixos, simultaneamente, e leia as medidas nos pontos 0°, 90°, 180° e 270°.

Registre todas as medidas (figura 10).

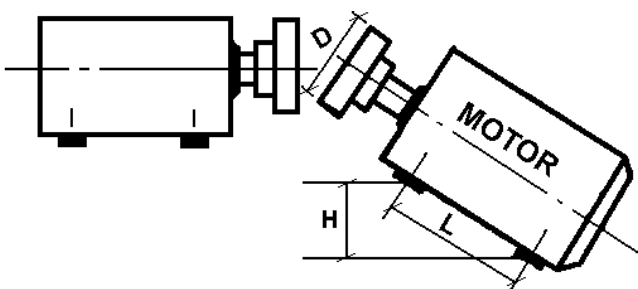


Fig. 07

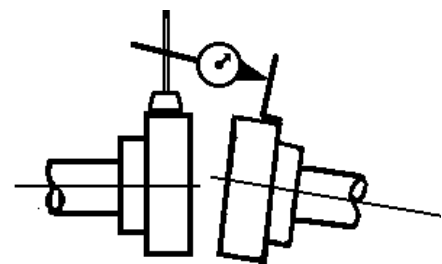


Fig. 09

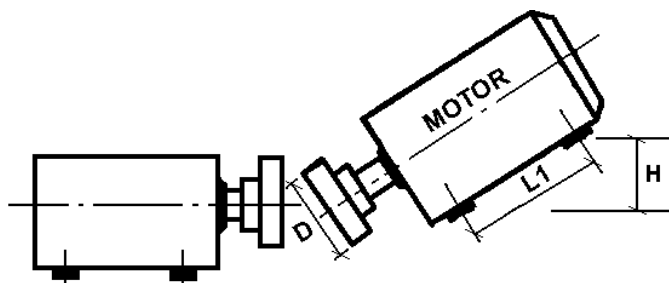


Fig. 08

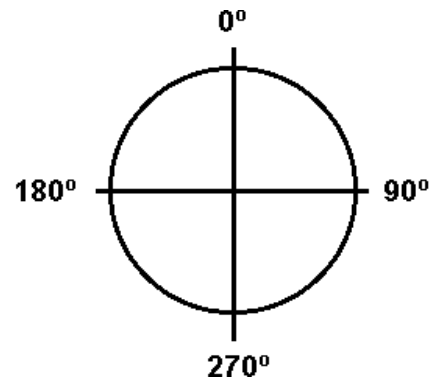


Fig. 10

Analisando os registros, verifique em que posições se encontra o equipamento. Comparar os valores encontrados com a tolerância do acoplamento (tabela). Caso esteja desalinhado, aplicar esses valores na fórmula $H = \frac{X \cdot L}{D}$, que veremos mais adiante.

Esse cálculo permitirá que se determine os calços a serem colocados ou retirados no plano vertical dianteiro ou traseiro.

Alinhamento radial com relógio comparador

Instale o relógio comparador, como mostra a figura 11, certificando-se de que a sua base esteja firme. Pressione a agulha do relógio no acoplamento e gire o "Dial", até zerá-lo. Em seguida, gire ambos os acoplamentos, simultaneamente, e faça as leituras nos pontos 0° , 90° , 180° e 270° e registre todas as medidas levantadas na figura 12.

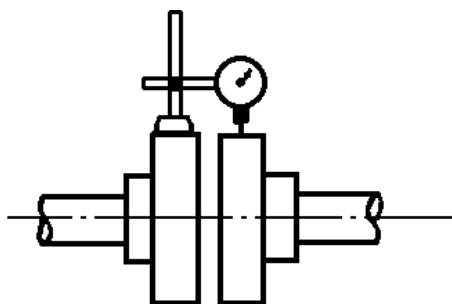


Fig. 11

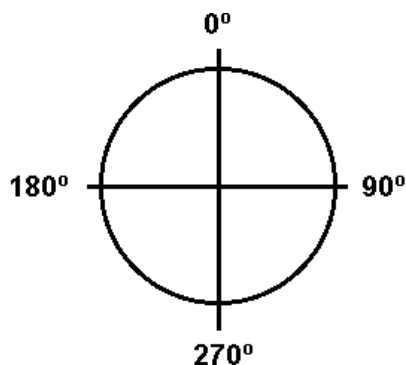


Fig. 12

As medidas lidas (final) devem ser divididas por dois (2) determinando, assim, a espessura dos calços a serem colocados ou retirados no plano vertical ou deslocamento horizontal.

Alinhamento Angular com régua e calibrador de folga

Suponhamos que o conjunto desalinhado seja o da figura 1 ou 2. Coloque o calibrador de folga entre as faces do acoplamento, como mostra a figura 3. Retire as medidas nos seguintes pontos: 0° , 90° , 180° e 270° e registre as medidas na figura 4.

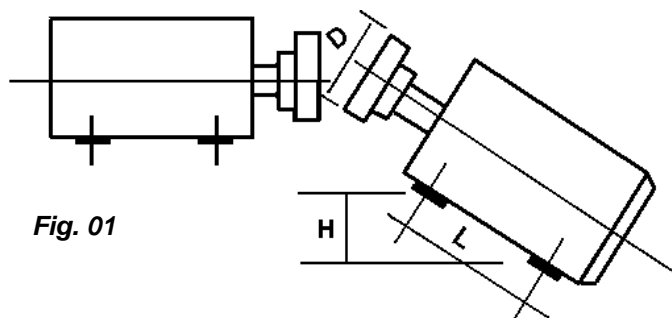


Fig. 01

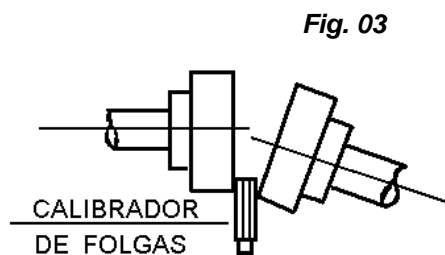


Fig. 03

Fig. 02

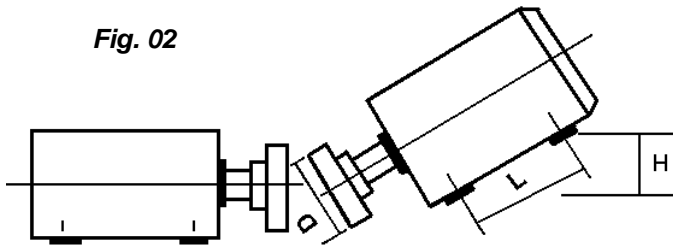
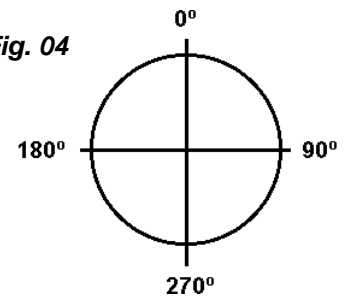


Fig. 04



Analisando os registros, verifique em que posição se encontra o equipamento. Comparar os valores encontrados com as tolerâncias do acoplamento (tabela). Caso esteja desalinhado, aplicar esses valores na fórmula $H = \frac{X \cdot L}{D}$, que veremos mais à frente.

Esse cálculo permitirá que se determine o deslocamento no plano vertical, com a retirada ou colocação de calços (traseiros ou dianteiros), proporcionando um alinhamento mais rápido.

Alinhamento radial com régua e calibrador de folga

Suponhamos que o conjunto de acionamento com desalinhamento radial seja o da figura 5. O primeiro passo será colocar a régua apoiada na metade mais alta do acoplamento (figura 6); o segundo passo será introduzir o calibrador no espaço entre a régua e a metade do acoplamento mais baixa.

A medida lida corresponde à espessura dos calços no plano vertical ou o deslocamento no plano horizontal.

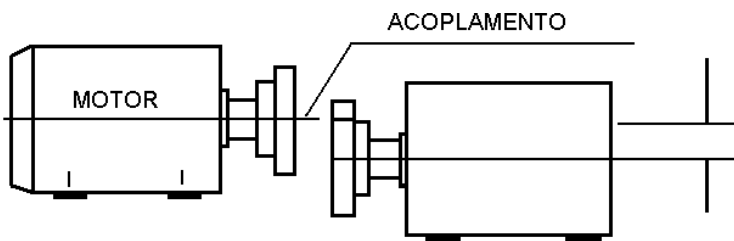


Fig. 05

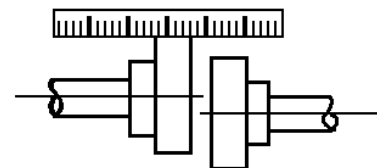


Fig. 06

Fórmula para calço

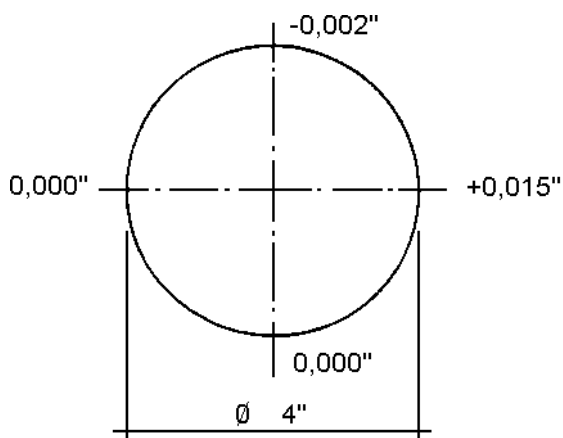
Esta fórmula foi desenvolvida para auxiliar na correção do alinhamento angular.

$$H = \frac{X \cdot L}{D}$$

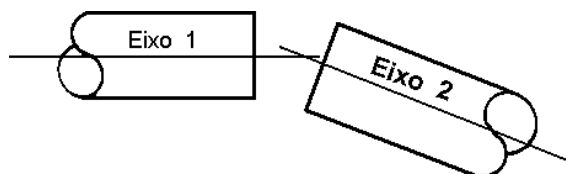
- onde:
- H** = espessura do calço
 - X** = leitura dada pelo relógio ou calibrador de folga
 - L** = distância entre centro do acoplamento e os pontos de fixação do equipamento.
 - D** = diâmetro da circunferência descrita pela ponta do relógio

Exemplo:

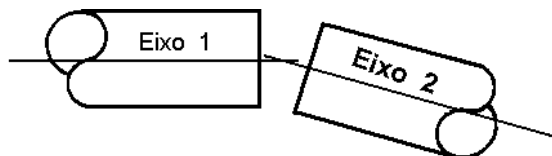
Suponhamos que foram obtidas as seguintes leituras:



Portanto na vertical temos o seguinte aspecto:



Na horizontal temos:

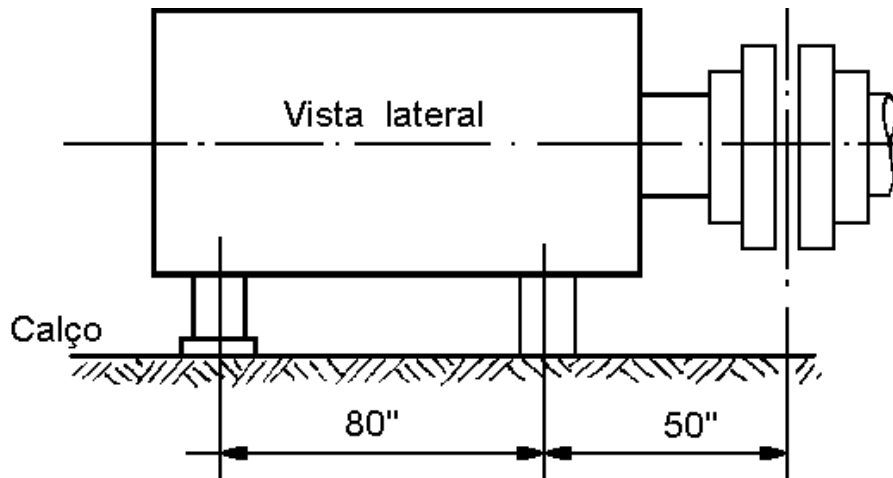


A correção do axial vertical será feita introduzindo-se um calço H e H₁ nas sapatas B = C:

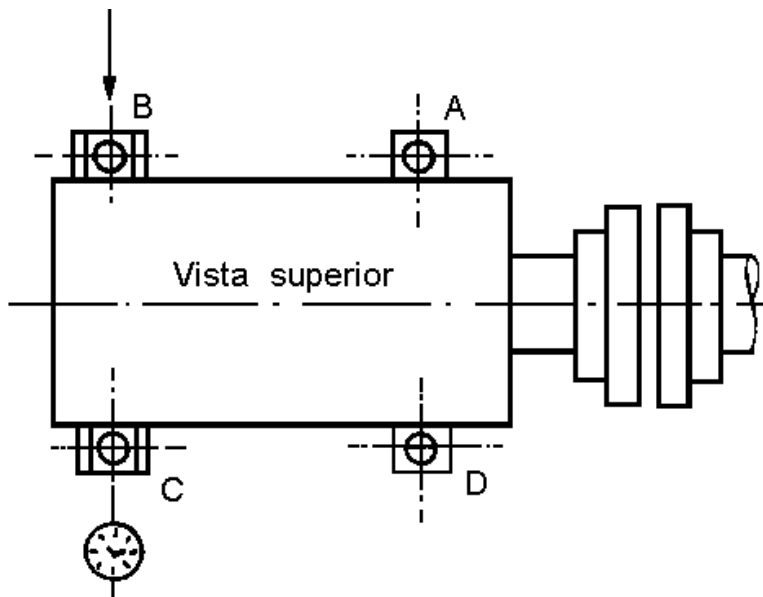
$$H = \frac{X \cdot L}{D} = \frac{0,002'' \cdot 50''}{4''}$$

$$H = 0,025''$$

$$H_1 = \frac{0,002'' \cdot 130''}{4''} \Rightarrow H_1 = 0,065''$$



A correção do axial horizontal será obtida empurrando-se a máquina no sentido da sapata B pela sapata C por intermédio dos parafusos "macaquinhos" ou qualquer outro recurso.

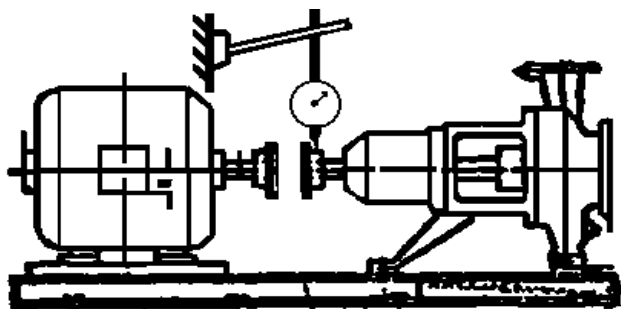


Sequência de operações

Os procedimentos abaixo descreverão uma rotina lógica de operação.

- Limpar a base da bomba.
- Com o pé da bomba solto, fixar o adaptador ao corpo espiral, apertando os estojos cruzados com o torque recomendado pelo fabricante.
- A fixação do pé da bomba deverá ser executada com auxílio do relógio comparador, apoiando a base magnética em um ponto fixo e o sensor na posição vertical superior do acoplamento, conforme figura. Pressione o sensor e ajuste o “Dial” na posição “0”.

Com o aperto do pé da bomba, o ponteiro não deverá alterar sua posição inicial. Caso ocorra, proceder à correção, através da colocação de calços, até normalizar essa diferença.



- Retire todos os calços do motor elétrico sobre a base e faça uma limpeza. No caso de base nova, remova a tinta de proteção.
- Posicione o motor, colocando-o mais próximo possível da folga axial desejada entre os cubos (consultar tabela para tipo de acoplamento). Procure fixar os parafusos da base do motor com o mesmo torque, colocando a base do relógio em um ponto fixo e o sensor na parte superior do pé do motor (o mais próximo possível do parafuso de fixação) para verificar se há algum apoio falso. Caso haja, deverá ser corrigido, colocando-se calços na medida indicada pelo relógio.
- Instalar e posicionar relógios para leituras de desalinhamento radial e angular.

Observação: A base do relógio ou dispositivo deve estar fixada no eixo do condutor (motor) de referência, a 180° um do outro, o que facilitará o acompanhamento da leitura.

- Trave os cubos para que girem simultaneamente.
- Dê uma ou mais voltas completas no acoplamento, até que sejam definidas as diferenças encontradas.
- Corrija, primeiro, a diferença angular vertical, colocando calços onde for necessário. Use a fórmula $H = \frac{X \cdot L}{D}$. Paralelo a isso corrija, também, o radial vertical, através dos calços.
- Aperte todos os parafusos de fixação do equipamento e faça nova leitura, certificando-se de que atingiu os valores desejados.

Corrija o angular horizontal, utilizando a fórmula

$$H = \frac{X \cdot L}{D}$$

- Faça leitura do desalinhamento radial horizontal.

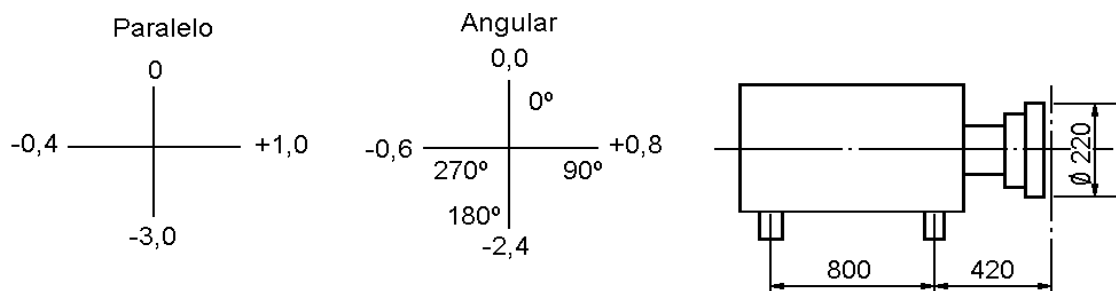
Observação: Se vocês estiverem usando um relógio Centesimal e se o ponteiro der, a partir do "0", um deslocamento anti-horário a 180°, significa que o motor está mais baixo e vocês devem colocar calços no valor da metade da leitura.

- Torne a apertar todos os parafusos de fixação e faça nova leitura, encontrando os valores desejados. Dê como concluído o alinhamento.
- Coloque os elementos de transmissão, lubrifique (se necessário), feche o acoplamento e coloque a proteção.

Interpretação do relógio

Mostraremos agora como interpretar as leituras obtidas. Toda vez que a haste do relógio for pressionada, o relógio indicará leituras positivas, e quando a mesma for distendida, indicará leituras negativas.

Analisando as leituras encontradas no esquema abaixo, para corrigir o desalinhamento, deveremos proceder da seguinte forma:



Angular vertical = 0; -2,4

Utilizando a fórmula $H = \frac{X \cdot L}{D}$, e considerando **D** como \varnothing 220mm, teremos:

$$H = \frac{2,4 \times 420}{220} = 4,58\text{mm}$$

$$H_1 = \frac{2,4 \times 1220}{220} = 13,3\text{mm}$$

Como na posição 180° a leitura deu negativa, indicando que o acoplamento está “aberto” embaixo e o motor está mais baixo, como mostra o paralelo vertical, é conveniente levantar a dianteira em 4,58mm.

Paralelo vertical = 0

Como a leitura deu negativo, a haste foi distendida, portanto o motor está abaixo. Devemos levantá-lo por igual em 1,5mm.

$$\begin{array}{r} -3,0 \quad (+) \\ \hline -3,0 \end{array}$$

$$-3,0 \div 2 = 1,5$$

Angular horizontal

Na posição 90° a leitura foi de +0,8 indicando “fechado”, em 270° com a leitura de -0,6 temos indicação de “aberto”. Portanto, devemos deslocar a traseira no sentido 90° para 270°, ou a dianteira no sentido contrário.

Paralelo horizontal: +1,0

$$\begin{array}{r} -0,4 \quad (+) \\ \hline +1,4 \end{array}$$

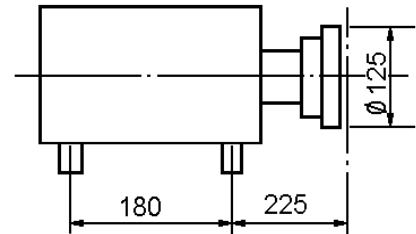
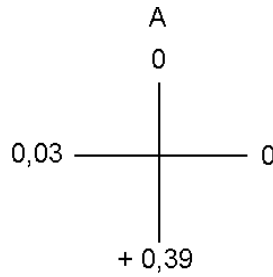
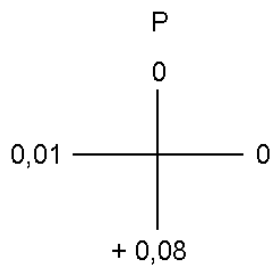
Como a medida maior foi positiva e está em 90°, isto indica que a haste foi pressionada nesta posição. Devemos então deslocar o motor em 0,7mm para 90°.

$$-1,4 \div 2 = 0,7$$

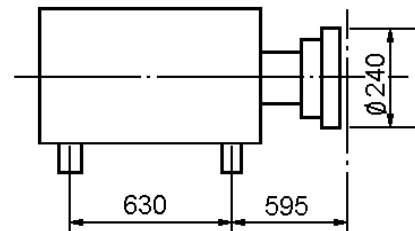
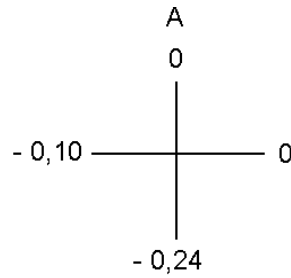
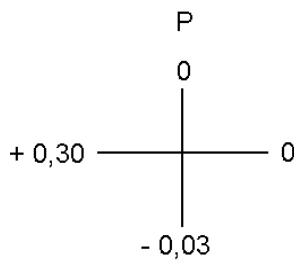
Exercícios:

Baseado no exemplo anterior, faça os exercícios seguintes:

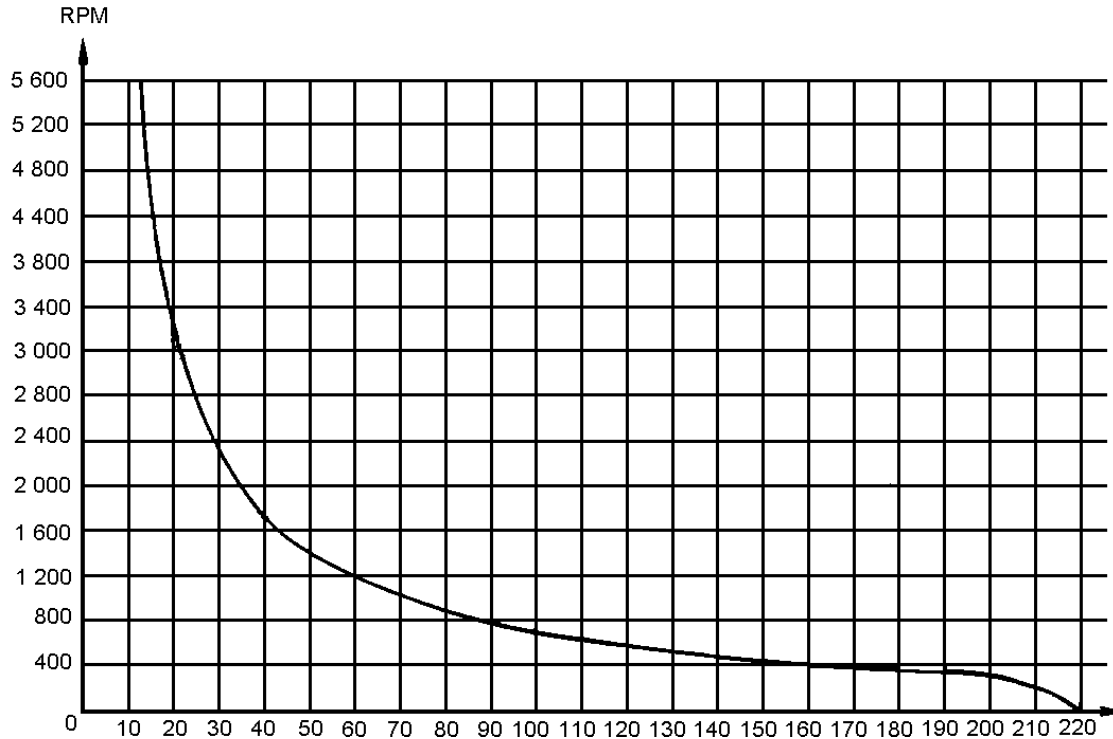
1)



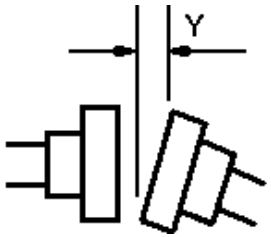
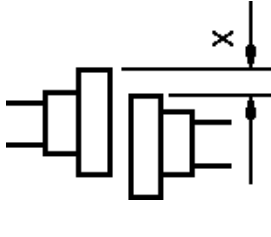
2)



Padrão para Desalinhamento Máximo



VALORES DE REFERÊNCIA (mm)

DIÂMETRO EXTERNO DO ACOPLAMENTO	ANGULAR Y	PARALELO X
ATÉ 140	0,13	0,13
140 a 225	0,25	0,25
225 a 460	0,30	0,30
MAIOR QUE 460	0,40	0,40
		

Notas

1 - REDUTORES

O mesmo procedimento deverá ser empregado para alinhamento de redutores, conforme descrição anterior, exceto os três primeiros tópicos do item 7.

2 - Quando não dispomos da tolerância máxima de desalinhamento permissível do acoplamento, devemos utilizar as seguintes fórmulas práticas:

$$\text{Angular} = \frac{2 \cdot \text{Lc eixo até à pontado relógio}}{1000}$$

$$\text{Paralelo} = \frac{2 \cdot \text{Lc eixo até à pontado relógio}}{2000}$$

3 - Ao executarmos um alinhamento em equipamentos acionados por turbina, o alinhamento final deverá ser feito estando a turbina na temperatura de operação. Se isso for impossível, dever-se-á prever uma folga entre a altura da turbina e o eixo, quando a turbina estiver fria. Além disso, se a bomba deve recalcar líquidos quentes, deve-se prever um folga na cota do eixo para a expansão da bomba. Em quaisquer circunstâncias, o alinhamento deverá ser verificado quando a unidade estiver na temperatura de operação, e será ajustado, se necessário, antes de se colocar a bomba realmente em serviço.

Para acionamento mediante motores elétricos não é necessária a previsão de uma folga em virtude do aquecimento.