

1 Introdução ao alinhamento de Eixos

1	Introdução ao alinhamento de Eixos	1
1.1	Alinhamentos Básicos em Eixo.....	2
1.1.1	Centros de Rotação.....	2
1.1.2	Colinearidade	Erro! Indicador não definido.
1.1.3	Desalinhamento	3
1.1.4	Máquinas móveis e fixas	3
1.1.5	Desalinhamento Horizontal	5
1.1.6	Desalinhamento Vertical.....	5
1.1.7	Tipos de Desalinhamento.....	6
1.1.8	Eixo (radial)	7
1.1.9	Angularidade de eixo.....	8
1.1.10	Revisão deTolerâncias de Alinhamento.....	10
1.2	Revisão do processo de Alinhamento.....	11
1.2.1	Procedimento de Verificação de Alinhamento.....	11
1.2.2	Procedimento de Correção de Alinhamento.....	11
1.2.3	Três fases de Tarefa de Alinhamento.....	12
1.3	Métodos de Alinhamento	13
1.3.1	Revisão de Métodos de alinhamento	13
1.3.2	Métodos Mecânicos.....	13
1.3.3	Revisão dos Métodos com Relógio Comparador.	15
1.3.4	Sistemas a laser	15

1.1 Alinhamentos Básicos em Eixo

1.1.1 Centro de Rotação

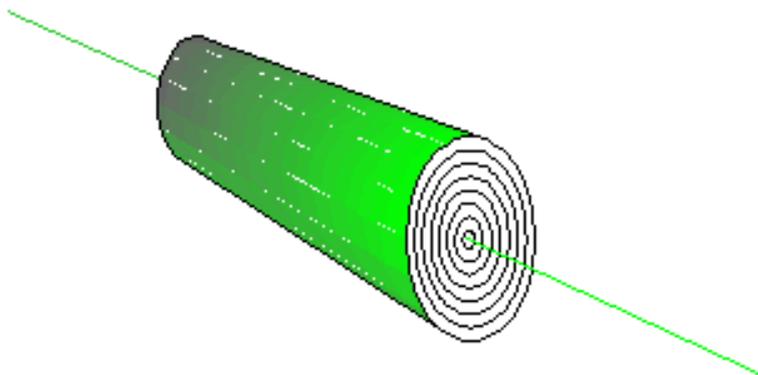


Figure 1.1 Centro de Rotação

Os eixos podem estar retos ou empenados, rodando em um eixo chamado de centro de rotação. O centro de rotação forma uma linha reta.

1.1.2 Colinearidade

Dois eixos estão em colinearidade quando os centros de rotação dos eixos estão na mesma linha de centro.

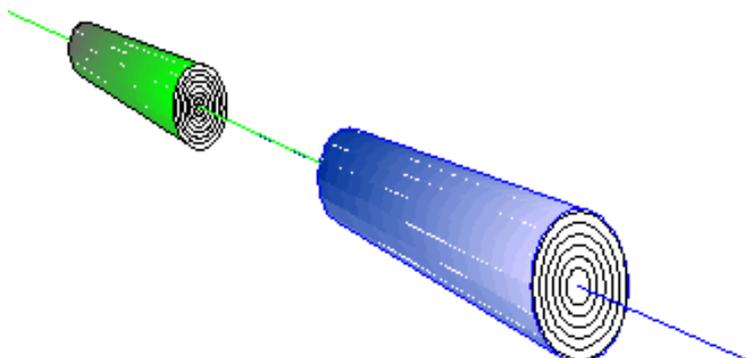


Figure 1.2 Colinearidade

1.1.3 Desalinhamento

Os eixos estão desalinhados quando as linhas de centro de rotação não estão lineares entre si, quando as máquinas estão operando.

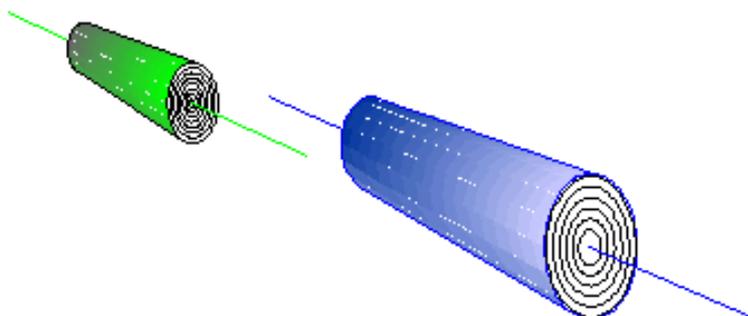


Figura 1.3 Desalinhamento

1.1.4 Máquinas móvel e fixa

Quando alinharmos duas máquinas, uma é designada como fixa e a outra como móvel. O componente movido é usualmente designado como máquina fixa e o componente motor como máquina móvel. Então, o desalinhamento é designado pela diferença da posição da máquina móvel em relação a máquina fixa.

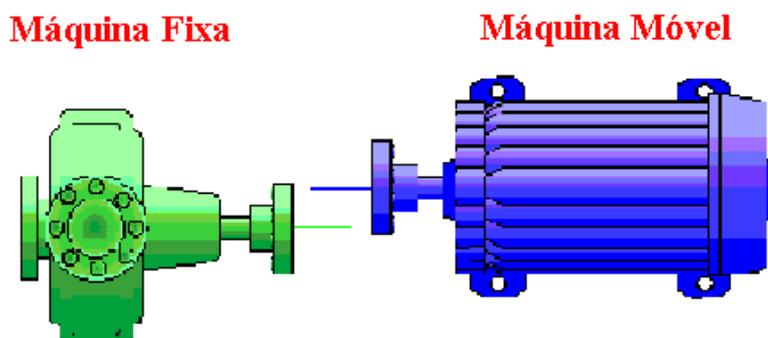
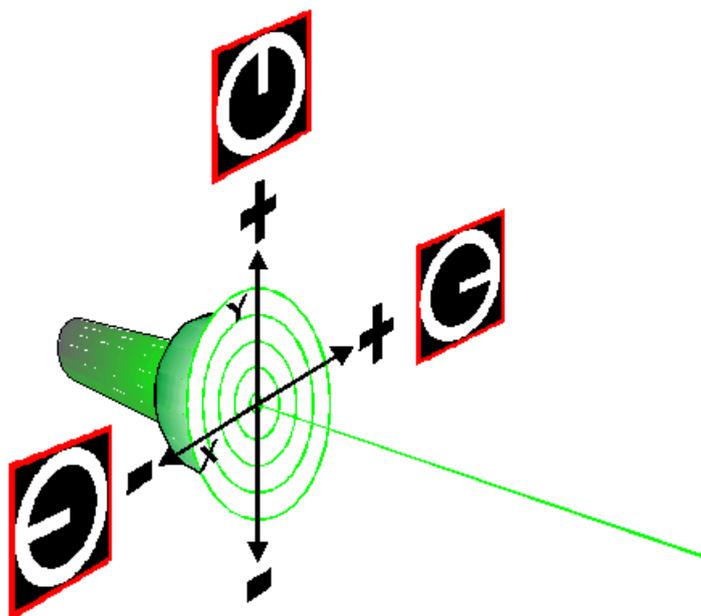


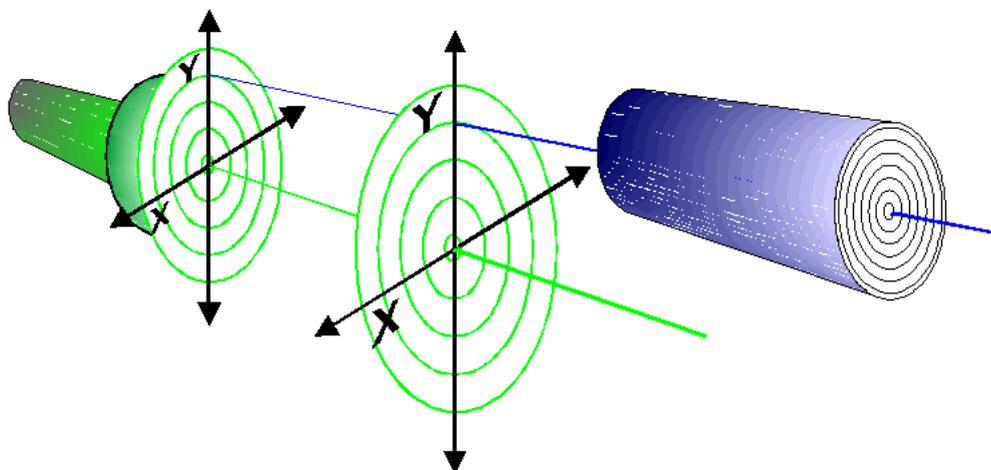
Figure 1.4 Máquina Fixa e Móvel

O centro de rotação da máquina fixa é uma linha de referência designado zero. O desalinhamento é determinado pelo desencontro da posição do centro de rotação da máquina móvel em relação ao da máquina fixa em dois planos, horizontal (X) e vertical (Y).



O centro de rotação da máquina fixa é uma linha de referência. No sistema de soma de coordenadas é horizontalmente para a direita e verticalmente para cima. Os símbolos mostram os valores de relógio de 9 horas e 3 horas no eixo X e 12 horas no eixo Y.

Figura 1.5 O centro de rotação da máquina fixa é uma linha de referência. No



sistema de soma de coordenadas é horizontalmente para a direita e verticalmente para cima. Os símbolos mostram os valores de relógio de 9 horas e 3 horas no eixo X e 12 horas no eixo Y.

Figura 1.6 A posição do centro de rotação da máquina móvel em relação ao da máquina fixa.

1.1.5 Desalinhamento no Plano Horizontal

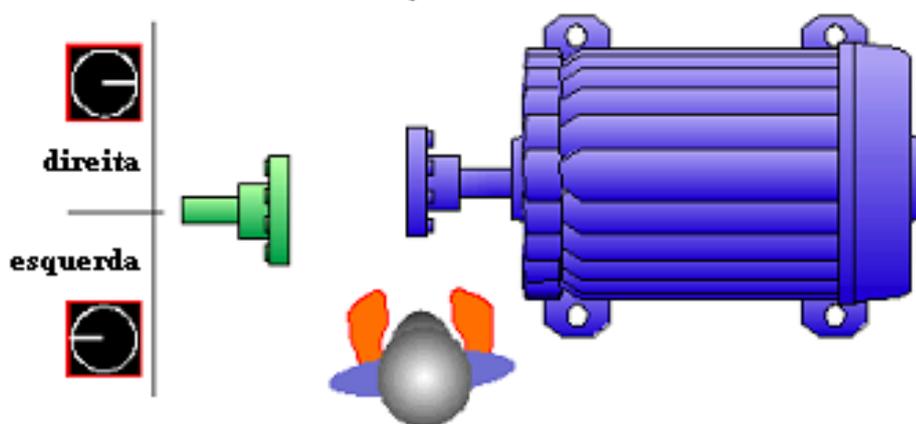


Figure 1.7 Desalinhamentos no plano horizontal

As condições de desalinhamento apresentada pela vista de cima (planta) são corrigidas apenas pelo movimento Frontal e traseiro da máquina móvel (motor) e são denominados desalinhamentos no plano horizontal.

1.1.6 Desalinhamento no plano Vertical

+

As condições de desalinhamento representada pela vista lateral (elevação), são corrigidas pela mudança de calços na parte frontal e traseira da máquina móvel (motor) e são chamados desalinhamentos no plano vertical.

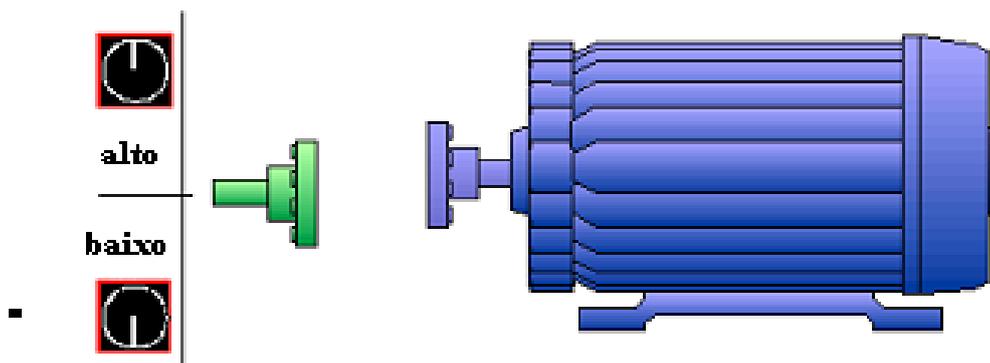


Figure 1.8 *Desalinhamento no plano Vertical.*

1.1.7 Tipos de Desalinhamento.

Devemos começar o debate de alinhamento de eixos pela definição de dois tipos de desalinhamento, desalinhamento radial e desalinhamento angular. Estes dois tipos de desalinhamento estão tipicamente ilustrados abaixo.

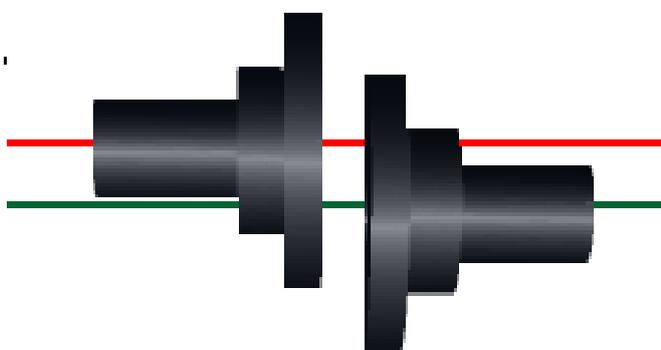


Figure 1.9 *desalinhamento radial*

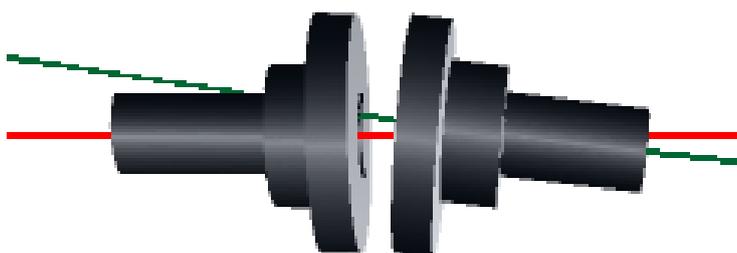


Figure 1.10 *desalinhamento angular*

Estas ilustrações são corretas. De qualquer forma, elas focalizam nossa atenção para o acoplamento. Em muitas instalações, “alinhamento de acoplamento” é executado usando uma escala para corrigir desalinhamentos radiais e um calibrador de lâmina para corrigir desalinhamentos angulares. Observando um ponto específico ao longo do comprimento do eixo, muitas pessoas confundem o termo “desalinhamento radial (paralelo). Com tudo,

quando usamos tal termo assumimos que as duas linhas de centro do eixo são equidistantes em todos os pontos ao longo do comprimento do eixo.

Na grande maioria das condições reais, como paralelismo obviamente não existe. Isso, porque ambos os tipos de desalinhamento, paralelo e angular, existem ao mesmo tempo.

1.1.8 Excentricidade dos eixos

Excentricidade é o desvio de uma posição de um ponto de referência conhecido. Excentricidades são designados pela soma e direção do desvio. Em alinhamento de eixo, o desalinhamento excêntrico pertence ao desvio de uma linha de centro do eixo de outra linha de centro, para um ponto (ou plano) ao longo do comprimento do eixo.

Note as seguintes ilustrações abaixo:

- A excentricidade é designada pelo eixo móvel em referencia a linha de centro da máquina fixa.
- No ponto 1, a linha de centro do eixo móvel está 0.35 mm abaixo.
- No ponto 2, a linha de centro do eixo móvel está 0.12 mm abaixo.
- No ponto 3, a linha de centro do eixo móvel está 0.05 mm acima.
- No ponto 4, a linha de centro do eixo móvel está 0.38 mm acima.

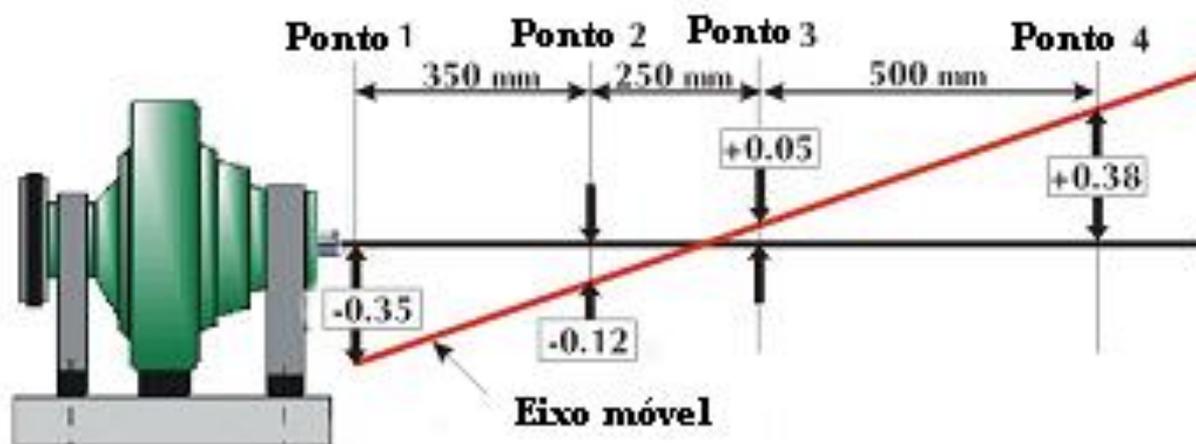


Figure 1.11 Excentricidade do eixo .É o desvio da linha de centro de um eixo de outra linha de centro, para um outro ponto (ou plano) ao longo do comprimento do eixo .

É importante lembrar que nosso objetivo durante o alinhamento é manter as linhas de centro do eixo de rotação colineares, isto é, eliminar excentricidade, para todos os pontos ao longo do comprimento do eixo.

1.1.9 Angularidade de eixo.

Angularidade de eixos é mais facilmente definido como a inclinação da relação dos dois Centros rotacionais. Na maioria das ilustrações do desalinhamento excêntrico, a referencia do eixo é imaginado como sendo nível ou paralelo, nosso exemplo mostra um eixo móvel inclinado para cima com respeito ao eixo de referencia.

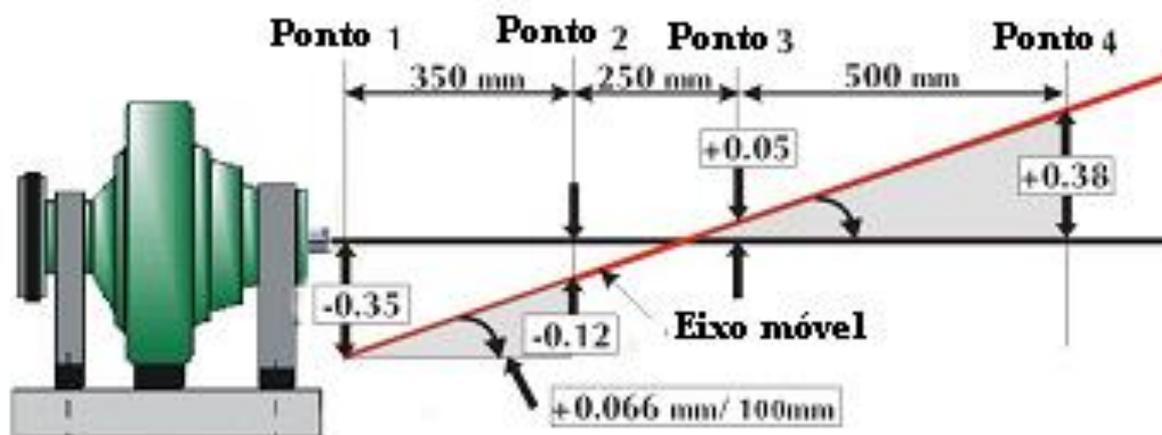


Figure 1.12 Angularidade do Eixo. A relação de inclinação entre dois eixos rotacionais.

O inclinação pode ser facilmente calculada, primeiro determinando a diferença de excentricidade de dois planos (excentricidade 2 – excentricidade 1) e dividindo a diferença pela distância entre os dois pontos ao longo do comprimento do eixo onde as excentricidades são medidas.

$$\frac{\text{Ponto2} - \text{Ponto1}}{\text{Distancia entre pontos}} = \text{grau de inclinação}$$

No exemplo abaixo:

8

$$\frac{-0.12 - (-0.35)}{350} = \frac{+0.35 - 0.12}{350} = 0.00066 \text{ mm/mm}$$

Multiplicando por 100 nós podemos simplificar.

$$0.00066 \times 100 \text{ mm} / 100 \text{ mm} = \mathbf{0.066 \text{ mm} / 100 \text{ mm}}$$

1.1.10 Tolerâncias de Alinhamento.

"Tolerâncias de Alinhamento" é um assunto de muito debate e isto traz com frequência muitas questões à mente.

- Quando podemos dizer que está bom ou ruim?
- Como eram as vibrações?
- Qual é a velocidade dessa máquina?
- Quanto tempo eu devo gastar nesse trabalho?
- Quais os tipos de rolamentos que a máquina tem?
- Quanto tempo o rolamento durou?
- Essa máquina é essencial às operações?
- Qual o tipo de acoplamento está sendo usado?

As respostas para tais questões são todas importantes, são mais importante para máquinas críticas, mas para simplificar, O que nós estamos perguntando é: "Qual, exatamente deve ser "A NOSSA PRECISÃO"?"

1.1.10.1 Exemplo de Tabela de Tolerância.

Enquanto a decisão final sobre tolerâncias de alinhamento devem ser feitas por companhias

Individuais baseado na natureza do equipamento e na criticidade, a tabela a abaixo indica as tolerância de alinhamento normalmente aceitas.

RPM	Desalinhamento Angular mm/100 mm 		Desalinhamento radial mm" 	
	Excellent	Acceptable	Excellent	Acceptable
-1000	0.06	0.10	0.07	0.13
-2000	0.05	0.08	0.05	0.10
-3000	0.04	0.07	0.03	0.07
-4000	0.03	0.06	0.02	0.04
-5000	0.02	0.05	0.01	0.03
-6000	0.01	0.04	>0.01	>0.03

Figure 1.13 Tabela de tolerância.

1.2 Revisão do processo de Alinhamento.

Diferentes tipos de processos de alinhamento são executados baseados no propósito de serviço. O primeiro passo no processo de alinhamento é determinar o propósito:

- **Trata-se de alinhamento de verificação?**
- **Trata-se de alinhamento de correção?**

Você executará os procedimentos de verificação de alinhamento para determinar e documentar as condições do equipamento. As verificações de alinhamento são freqüentemente executadas:

- Quando se suspeita de um desalinhamento, mas não se conhece.
- Para documentar uma prévia das condições de alinhamento antes de remover a máquina em operação.
- Para verificar se as condições de alinhamento estão dentro das tolerâncias.

Você executará o procedimento de correção de alinhamento:

- Antes de por uma máquina nova para trabalhar ou reforma-la.
- Quando sabemos que as condições de alinhamento estão fora da tolerância.
- Antes que o procedimento de verificação de alinhamento indique que o desalinhamento está fora da tolerância.

1.2.1 Procedimento de Verificação de Alinhamento

Para finalizar uma verificação de alinhamento você terá que:

- Preparar os detectores de alinhamento ou outro sistema.
- Medir o desalinhamento.
- Documentar e armazenar as condições de alinhamento.
- Avaliar as condições de alinhamento do equipamento.

1.2.2 Procedimento de Correção de Alinhamento

Para finalizar o processo de alinhamento de precisão por completo você terá que:

- Executar verificações de pré alinhamento e correções.
- Preparar os detectores de alinhamento ou outro sistema.
- Verificar e corrigir o pé manco.

- Medir o desalinhamento.
- Avaliar as condições de alinhamento do equipamento.
- Executar as correções precisas de alinhamento.
- Medir novamente e documentar o alinhamento do equipamento.

1.2.3 Três fases de Tarefa de Alinhamento.

As tarefas de alinhamento diferem do tempo de uma verificação periódica para finalizar a instalação da máquina. Obviamente, quando a tarefa é simplesmente reunir um completo set of as-found readings, você não teria que sistematicamente passar pelos procedimentos de de elaboração que é requerido durante a instalação de uma máquina nova ou reforma.

Cada um desses três fases está descrito em melhores detalhes em uma outra unidade desse programa de treinamento.

Fase de Pré-Alinhamento

Durante essa fase da tarefa, você planeja o Trabalho e faz uma verificação preliminar que ajudará fazer as fases posteriores facilmente.

Fase de Alinhamento Grosseiro.

Neste momento , quando você quer assegura que as linhas de centro dos eixos das máquinas estão dentro do campo do Laser. Não há regras para aproximação de alinhamento de eixos que poderiam ser executadas com precisão ou um método. Depende muito das condições da própria máquina e da experiência da pessoa que está fazendo o alinhamento. É durante esta fase quando você quer assegura que as linhas de centro dos eixos estão próximas o suficiente para permitir um processo de alinhamento preciso e eficiente. Geralmente entre, 1,27mm (um milímetros e vinte centésimos) de desalinhamento radial e 2,54mm/100 (dois milímetros e cinqüenta e quatro centésimos) de desalinhamento angular, verticalmente e horizontalmente é considerado "Grosseiro".

Fase de Alinhamento e Precisão

A fase de alinhamento de precisão é a tarefa final. Para alcançar a precisão é usualmente efetuado usando-se relógios comparadores ou sistemas a laser. No final dessa fase nós queremos assegurar que os eixos da máquina estão bem alinhadas como especificado nas

tolerâncias de alinhamento. Durante essa fase, muitas maneiras e eficientes mecanismos para determinar e fazer correções de alinhamentos são requeridos.

1.3 Métodos de Alinhamento

1.3.1 Revisão de Métodos de alinhamento

Há uma grande variedade de métodos para medir alinhamento, o mais comuns são estes:

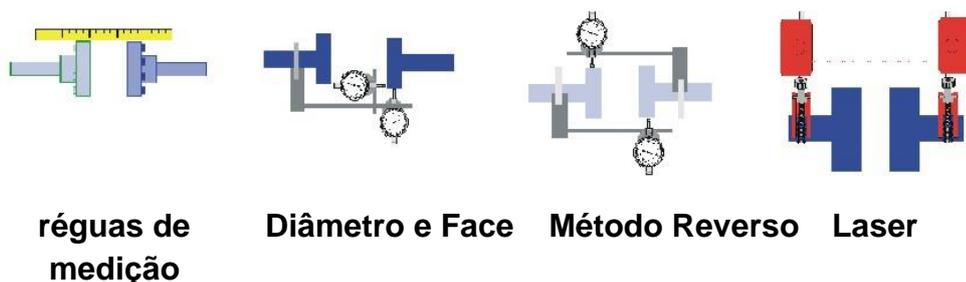


Figure 1.14 *Métodos de Alinhamento.*

Em desalinhamentos, quando forças são transmitidas da máquina motora para máquina movida, geram vibrações e forças destrutivas. Conseqüentemente, são nestes pontos onde o alinhamento deveria ser verificado. Todos os matutos acima têm em comum é que as leituras são pegas dos eixos ou dos acoplamentos..As correções são, de qualquer forma, feitas no pé da máquina. As posições no pé devem ser calculados para serem capaz de fazer movimentos corretos. Se isso não for feito, o sucesso dependerá das habilidades e sorte do operador , muitos movimentos serão requeridos e a precisão estará comprometida.

1.3.2 Métodos Mecânicos

Escala de Medição
Calibrador de laminas
Cones Calibrados

Estas ferramentas grosseiras de alinhamento são ainda comumente usadas e tem o lugar delas no processo de alinhamento de precisão como método de obter um alinhamento grosseiro ou aproximando.

Os princípios depende da condições das faces do acoplamento e da velocidade relativa deles para os eixos axiais. O métodos são simples e se , por exemplo, os acoplamentos não são de mesmo diâmetro isto afetará as leituras de todos os pontos de medição.

O calibrador de lâminas poder até ser essencial importância quando montamos alguns acoplamentos, para manter o paralelismo, e deveria ser parte de muitos kits de alinhamento na ajuda para eliminar o pé manco.

Vantagens:

Método Simples

Leitura Direta

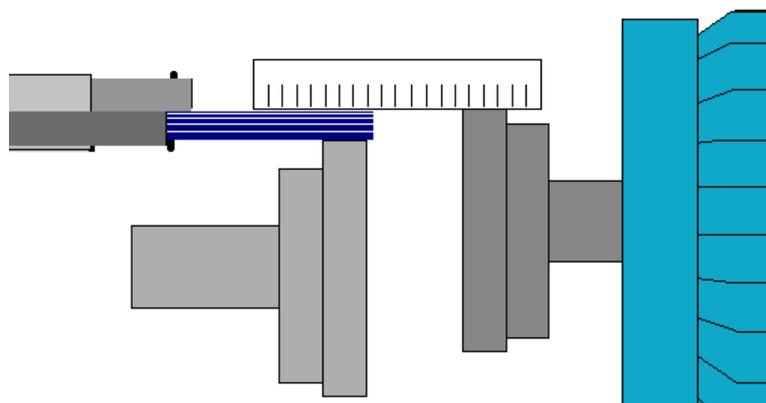
Limitado para grandes distâncias e pode somente se usado para pequenos acoplamentos.

Inteira e confiáveis para paralelismo da face do acoplamento.

1.3.2.1 Método Escala (régua) / Calibrador de Lamina

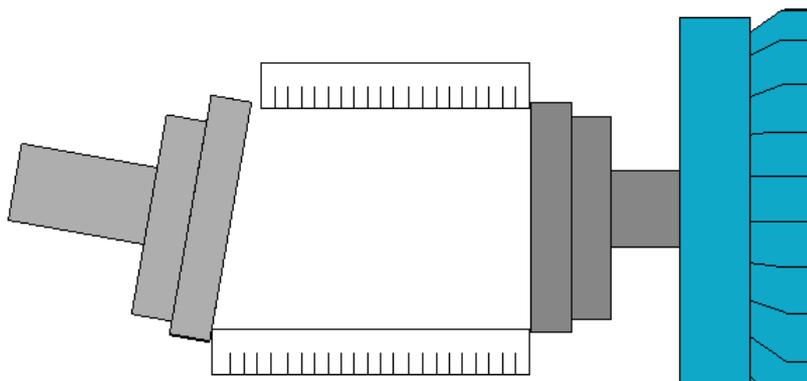
Com o método Escala / calibrador de laminas, o desalinhamento radial é medido usando uma escala e conferido com o calibrador de lâmina como mostrado abaixo.

Figure 1.15 Medindo desalinhamento radial.



O desalinhamento angular é medido usando-se calibradores de lâminas ou escala, o intervalo da diferença entre dois pontos a partir de 180 graus é usado para determinar a direção e a soma da inclinação relativa entre os eixos.

Figure 1.16 Medição do desalinhamento angular.



1.3.3 Revisão dos Métodos com Relógio Comparador.

Os dois métodos fundamentais de alinhamento de eixos com relógio comparador são diâmetro face e método reverso. Informações detalhadas destes dois métodos está fornecido nas unidades 3.2 e 3.3.

1.3.3.1 Método Diâmetro-Face.

Por muitos anos este foi o método padrão de alinhamento. As vantagens comparadas com as mais modernas técnicas são relativamente poucas, mas nos acoplamentos de face grande, o alinhamento ainda pode ser executado por este método. O método diâmetro-face pode também ser usado para verificar a precisão de giro de grandes faces como parte do processo de verificação do pré alinhamento.

Quando usamos um método diâmetro-face, uma medição is tomada no diâmetro do acoplamento para determinar o desalinhamento radial. Uma outra medição é tomada na face do acoplamento para determinar eixo de angularidade.



Figure 1.17 Método Diâmetro-Face

As principais limitações são :

- A inclinação da barra em grandes distâncias.
- A construção do acoplamento algumas vezes impede o acesso a face, então isso pode está sendo usado em conjunção com outras técnicas assim como calibrador de lâmina.
- A correção é um processo de varias fases, eliminando, primeiro o erro de paralelismo e então a angularidade. Como há planos vertical e horizontal para cada componente, existem atualmente 4 passos, todos podem estar sendo repetidos quando requeridos.
- Para ver o efeito de qualquer movimento, uma nova medição se faz necessária.
- Movimento (folga) axial afeta diretamente o resultado.

No entanto, como na maioria das técnicas existem desvantagens. Em espaços apertados este pode ser o único modo de fazer o serviço. O mesmo equipamento e método poderá provavelmente ser usado, para verificar precisão de giro das flanges e o deslocamento radial do eixo entre os rolamentos.

Muitos fabricantes de turbinas especificam as folgas dos acoplamentos para definir a tolerância de alinhamento e este pode ser o único caminho para obter uma leitura.

Um ponto importante para comparações de leituras obtidas, com qualquer sistema de relógio comparador e sistema a laser , é que, em muitos casos, um sistema a laser poderá mostrar que os eixos estão mais baixos do que eles pensavam estar.

A necessidade de separar as fases de alinhamento e de correções para desalinhamento angular e radial, verticalmente e horizontalmente, usando medições no diâmetro (batimento) pode tornar o procedimento lento e sem precisão. Durante qualquer movimento você pode mudar o ajuste radial ou o angular, o qual envolve novas medições e re-posicionamentos. Isto pode ser possível, fixando dois relógio na mesma haste, mas isso não é uma pratica comum. As limitações praticas para medir na face, é um dos motivos pelo qual o elemento angular é com freqüência despregado, e devido à precisão do acoplamento. Se o acoplamento estiver excêntrico ou deformado você pode ter uma informação falsa e acreditar que tem uma linha perfeita.

1.3.3.2 Método Reverso .

Indicador reverso, periférico reverso, diâmetro , relógio reverso, e Duplo reverso são todos termos para o mesmo método de alinhamento usando dois relógios comparadores.

Quando usamos o método reverso, duas medidas são tomadas nos diâmetros dos acoplamentos para determinar um desalinhamento radial em dois pontos. Os dois eixos

são girados simultaneamente, ou em alguns casos, a medição é feita em duas fases, com medições tomadas de um relógio mais uma posição zero. O desalinhamento angular é a inclinação entre os dois pontos de medição radial.

O método reverso tem sido adotado dentre outros pela American Petroleum Institute (API) como técnica recomenda por eles. Há uma forte tendência de crescimento de uma padronização desta técnica em grande variedade das indústrias.

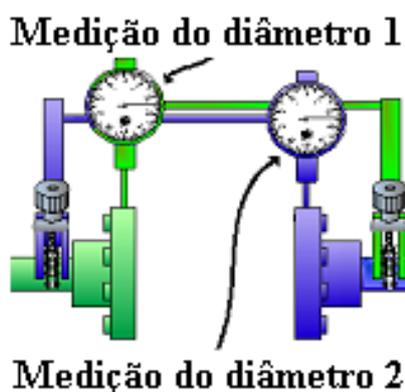


Figure 1.18 Método Reverso

As principais vantagens são que o método reverso nos fornece os desalinhamentos radial e angular ao mesmo tempo, fornece um cálculo fácil, impressão do alinhamento e correções. Acrescentando a distância entre as medidas dos pontos (A) podemos aumentar a resolução do ângulo. De qualquer forma, com o relógio comparador isto pode não ser útil. Se usarmos uma distância mais curta o método pode não ser preciso como a medição pelo ângulo, se distância A for menor que o diâmetro do acoplamento. Como em todo relógio comparador, o cálculo do alinhamento e correção necessitam de ajustes manual. Tenha cuidado com leitura invertida, soma de leituras e valores negativos. Isto é fácil para mudar os sinais ou para erro da resolução completa do relógio.

Como no método diâmetro-face, o movimento da máquina é usualmente uma soma da experiência e re-medições. A vantagem do diâmetro reverso é que as correções para

desalinhamento radial e angular podem ser calculados e aplicados ao mesmo tempo, em curtos intervalos de tempo.

1.3.4 Sistemas a Laser

Vários sistemas a laser estão disponíveis para alinhamento de eixos. Em lugar de caixas de aço com indicadores digitais, estes sistemas usam raios laser e detectores eletrônicos. Uma das principais vantagens dos raios laser é que não há perda da precisão devido a inclinação do feixe do laser. Todos os sistemas a laser apresentam um transmissor de laser, um detector, e um computador que aumenta a performance do cálculo do alinhamento.

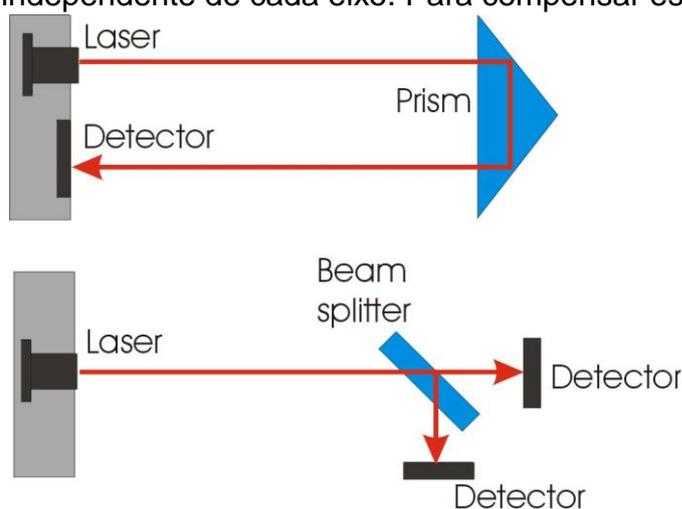
Existem dois tipos comuns de sistemas a laser em uso hoje, baseado em diferentes técnicas.

- O laser simples, com uma mira simples.
- O laser duplo, usando a técnica de relógio reverso.

1.3.4.1 Laser Simples com mira simples ou dupla.

Este tipo de sistema usa auto combinação para medir excentricidade e ângulo com um prisma refletor ou uma alvo de cinco eixos. O alvo pode medir ambos componentes vertical e horizontal juntos, com o ângulo simultaneamente. Enquanto este método é preciso em medições em ângulo sobre curtas distancias, é difícil usa-lo em alinhamento grosseiro. No entanto, algumas compensações matemáticas estão disponíveis, quando movimentamos máquinas desacopladas. Uma nova medição é requerida depois de cada movimento pois se perde referência.

Esse sistema não é capaz de distinguir, por si mesmo, um movimento de um lado para outro, ou a rotação independente de cada eixo. Para compensar esta limitação você pode



precisar acoplar os eixos de alguma forma, para deixar os eixos girar uniforme.

Figure 1.19 Laser simples com alvo simples ou duplo

1.3.4.2 Laser duplo usando a técnica de relógio reverso.

Este sistema apresenta os maiores benefícios do método reverso. Dois sistemas de medição são usados, com um laser e um detector em cada unidade. A técnica é usada mostrando na tela o momento do alinhamento e as correções são atualizadas quando a máquina está movimentando.

A mais recente geração de equipamento tem uma resolução de 0.001 com filtro para compensar o ruído do ar e vibração da máquina.

A flexibilidade do sistema, especialmente em alinhamentos grosseiros, quando alinhamos eixos cardam em grandes distâncias ou acionamentos das torres de resfriamentos.

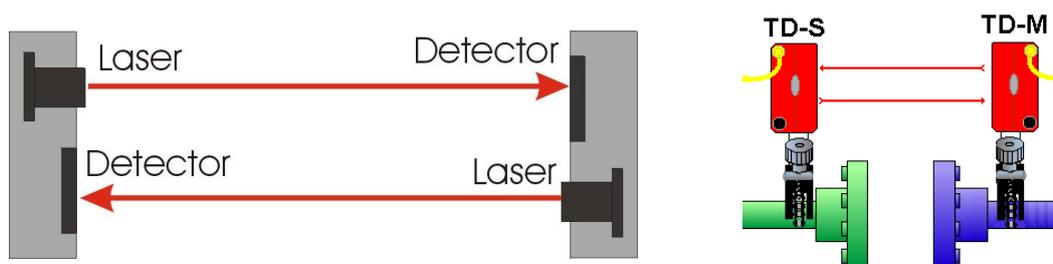


Figure 1.20 Laser duplo usando a técnica do diâmetro reverso.