

1. OBJETIVO

Este procedimento tem por objetivo estabelecer o procedimento a ser empregado no nivelamento de bases e alinhamento de eixos de máquinas.

Este procedimento é aplicável na execução das provas práticas da qualificação do inspetor de Controle Dimensional – Montagem de Máquinas.

2. INSTRUMENTOS

- Régua metálica rígida;
- Dispositivos de fixação de relógio comparadores a eixos;
- Relógios comparadores – resolução 0.01 mm;
- Apalpador de folga (calibre e lâminas) – faixa de 0,1 mm a 2 mm com lâminas.

3. EXECUÇÃO

3.1 Método convencional com relógio comparador

Aplicável a máquinas de pequeno porte, baixa rotações, acoplamento rígido, sem espaçador, baixo risco na operação.

Este método consiste na verificação de dois alinhamentos, a saber:

- Alinhamento angular ou entre faces – Consiste na verificação do paralelismo das faces do perfil do acoplamento. Verifica-se este alinhamento medindo-se à distância entre as faces em 4 posições defasadas de 90°, com um apalpador de folgas, ver figuras 1 e 2;
- Alinhamento radial – Consiste em colocar uma régua rígida sobre a geratriz superior de um dos cubos de acoplamentos, ou sobre o eixo, e verificar a diferença de altura entre os cubos, com o auxílio de um apalpador de folgas, ver figuras 3 e 4.

O alinhamento deve ser executado em duas posições defasadas de 90°.

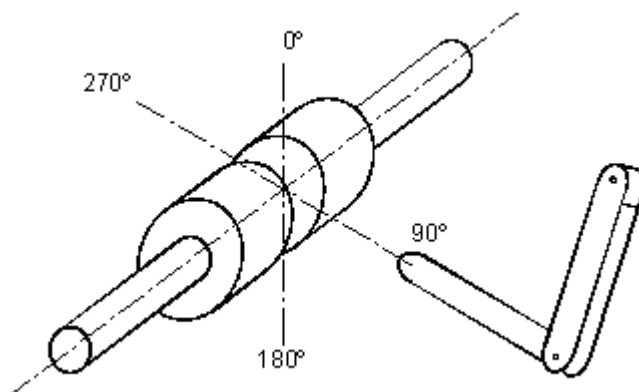


Figura 1 – Verificação do alinhamento angular com calibre de lâminas (paralelismo das faces do cubo de acoplamento)

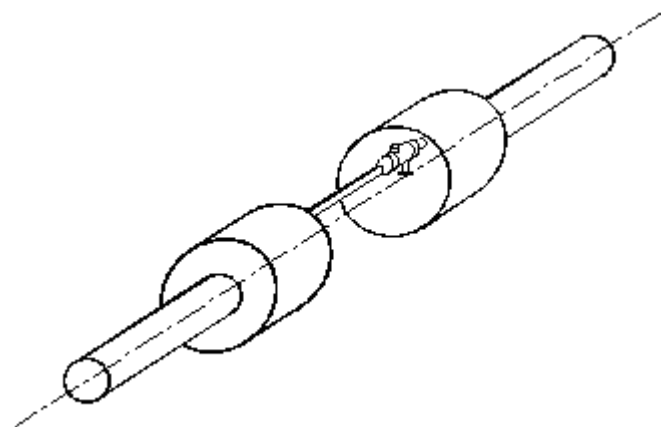


Figura 2 – Verificação do alinhamento angular para casos em que os cubos são distantes (com micrômetro de vara)

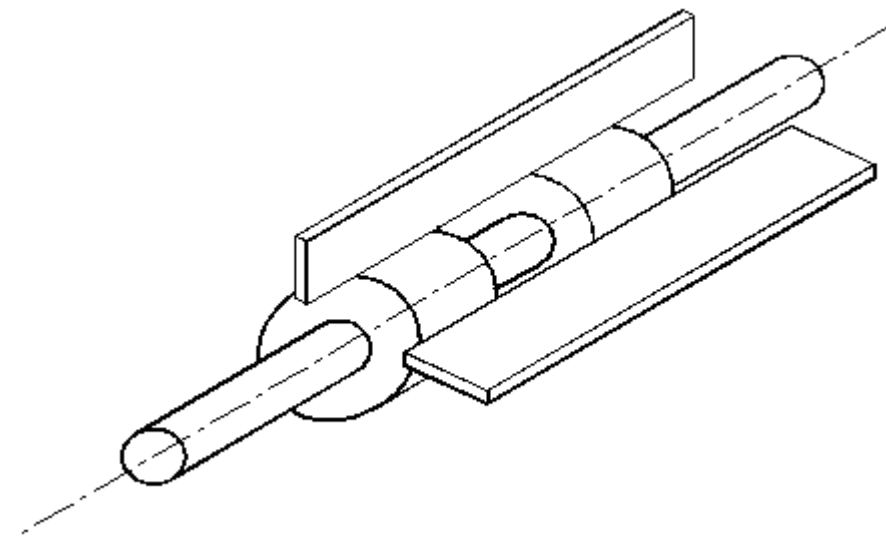


Figura 3 – Alinhamento radial

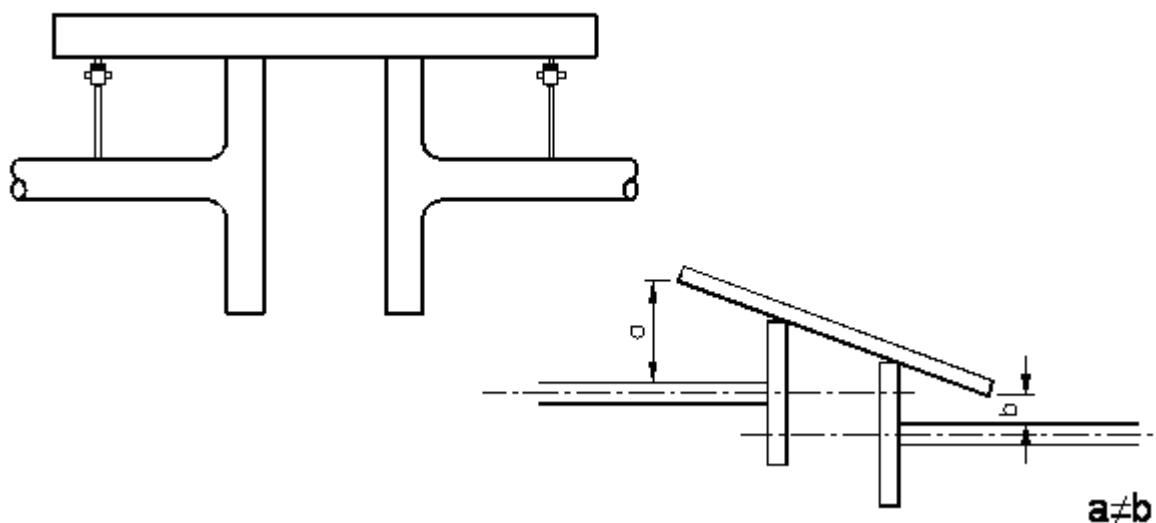


Figura 4 – Processo alternativo para verificação do alinhamento radial

3.2 Método axial-radial com relógio comparador

Este método é aplicável em qualquer caso, contudo ele é mais empregado quando existe muita dificuldade em se girar o acionado ou o acionador.

Existem duas maneiras de se aplicar este método, em função da dificuldade de se girar o acionado ou o acionador de um conjunto de máquinas, quais sejam:

3.2.1 Quando o acionado ou o acionador é difícil de girar, neste caso, deve-se seguir a seguinte seqüência:

- a) verificar a concentricidade do cubo de acoplamento da máquina mais difícil de girar, adotando o seguinte esquema da figura 5.

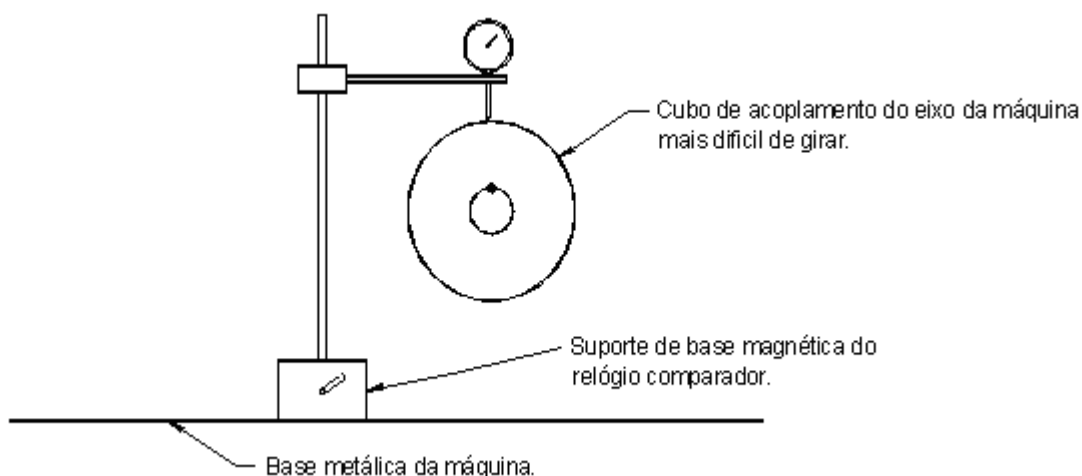


Figura 5 – Verificação da concentricidade do cubo de acoplamento

Nota 1 – O suporte do relógio comparador pode estar fixado no outro eixo, o qual não deve girar. O suporte assim fixado pode poupar tempo, pois na seqüência do alinhamento é usado nesta posição.

Nota 2 – Este mesmo esquema deve ser empregado para verificar o perpendicularismo de face do cubo do acoplamento.

O eixo da máquina mais difícil de girar deve ser girado de 360° e a excentricidade do cubo deve ser registrada de 90° em 90° em pontos marcados em seu cubo.

- b) Após a verificação e registro da concentricidade, deve-se fixar (ao eixo mais fácil de girar) o suporte dos relógios comparadores, com os apalpadores sobre as faces do cubo da máquina mais difícil de girar, ver figura 6.
- c) Somente o eixo mais fácil de girar, com o suporte dos relógios comparadores, deve ser girado e as leituras, a cada 90° de giro, devem ser registradas.
- d) Deve-se então verificar o desalinhamento entre os eixos, levando em consideração a concentricidade dos cubos de acoplamento determinadas anteriormente, nas respectivas posições de 90°.
- e) Na maioria das vezes o suporte dos relógios comparadores sobre deflexão, estas deflexões devem ser determinadas e levadas em consideração na verificação do desalinhamento dos cubos de acoplamento. A determinação da deflexão do suporte é conforme figuras 7 e 8.

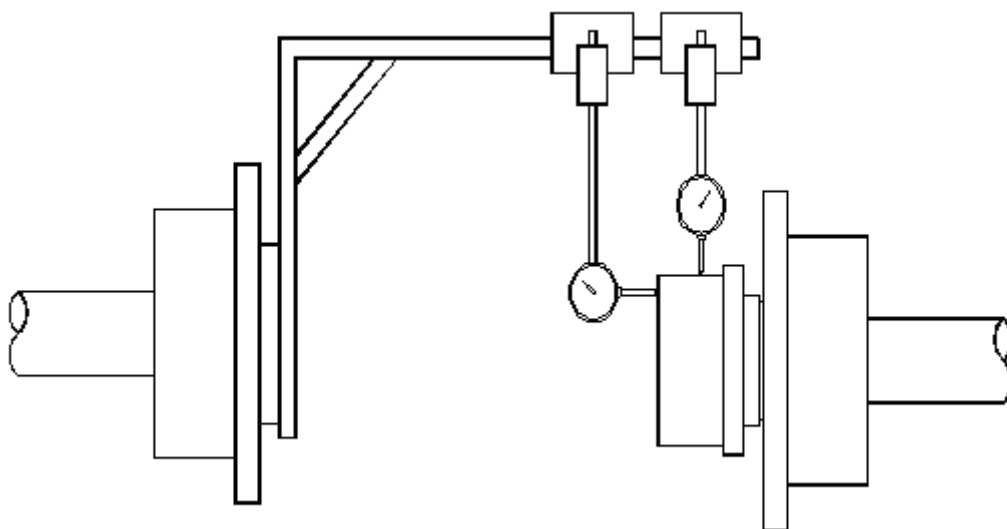


Figura 6 – Disposição dos relógios comparadores no método axial-radial

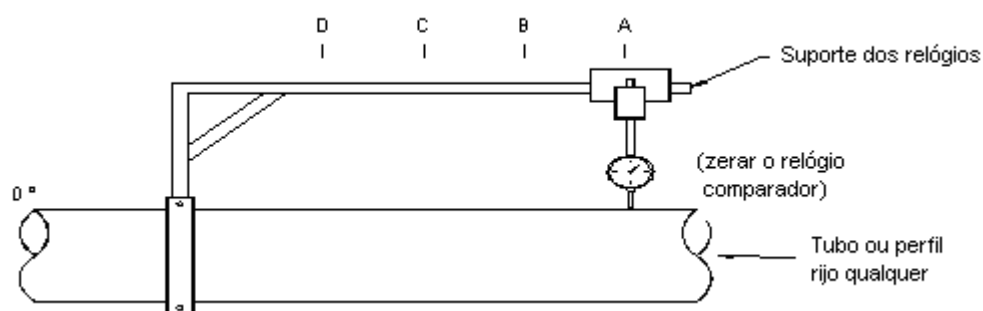


Figura 7 – Suporte na vertical para cima

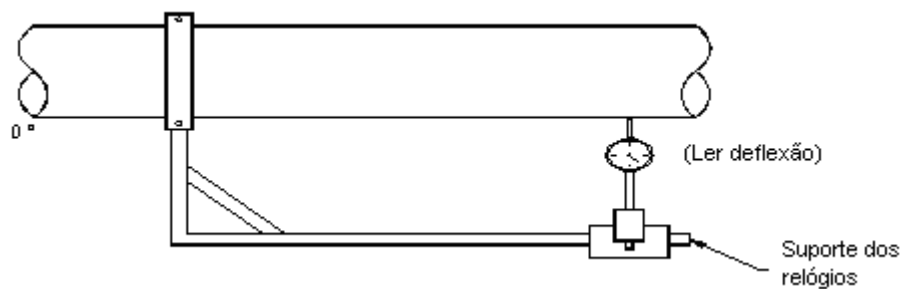


Figura 8 – Suporte na vertical para baixo

As deflexões detectadas pelo relógio comparador nas duas posições devem ser registradas. O relógio deve se deslocar da posição A para outras como B, C, etc.. e as deflexões devem ser registradas. Com isto pode-se traçar uma curva da deflexão do suporte em função da distância do relógio comparador, conforme figura 9.

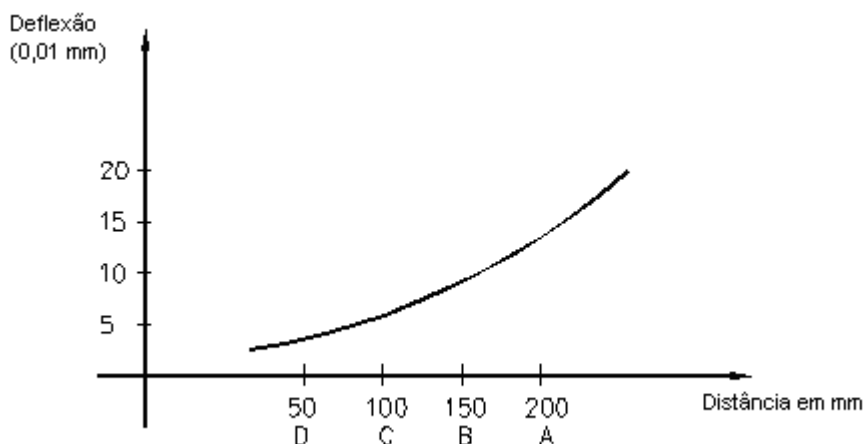


Figura 9 – Gráfico da deflexão do suporte com a distância

- A folga do mancal com o eixo da máquina difícil de girar deve também ser levada em consideração, uma vez que em repouso o eixo se assenta no mancal, praticamente jogando toda folga para cima. Neste caso deve-se armar um esquema semelhante ao montado para verificação da concentricidade (item 3.2.1 a)) e com uma alavanca posicionada sob o eixo próximo ao mancal, deve-se levantar o eixo até que o mesmo encoste na parte superior e assim determinar a deflexão produzida pela folga do mancal no cubo de acoplamento, esta verificação deve ser repetida pelo menos três vezes para se ter um valor médio mais confiável. A folga assim determinada deve também ser levada em consideração no alinhamento.
- Caso uma das máquinas que estão sendo alinhadas seja um gerador ou motor elétrico, o alinhamento deve ser executado com o motor ou gerador elétrico em seu centro magnético, e sem o ventilador. Para colocar o motor ou gerador elétrico em seu centro magnético, consultar o método “Determinação do Centro Magnético de Máquinas Elétricas Rotativas”.
- O método descrito neste item 3.2.1 exige que a superfície do cubo de acoplamento da máquina que fica com o eixo parado, não tenha sofrido impacto, corrosão, ou deformação que alterem as leituras dos relógios comparadores.

3.2.2 Quando acionado e acionador são fáceis ou têm a mesma dificuldade de girar. Neste caso a sequência a seguir é a seguinte:

- Fixar o suporte dos relógios comparadores em um dos cubos conforme figura 6.
- Zerar os relógios comparadores numa determinada posição.
- Girar simultaneamente os dois cubos e registrar as leituras a cada 90° de giro, em função da posição original.
- De posse das leituras, efetuar os ajustes necessários através de deslocamentos, inserção ou retirada de calços metálicos na base.
- Também neste caso devemos levar em consideração a deflexão do suporte dos relógios comparadores, conforme item 3.2.1 f), a folga do mancal conforme item 3.2.1 g), e o centro magnético dos motores ou geradores conforme item 3.2.1 h).
- A representação do desalinhamento verificado pode ser representada pela figura 10.

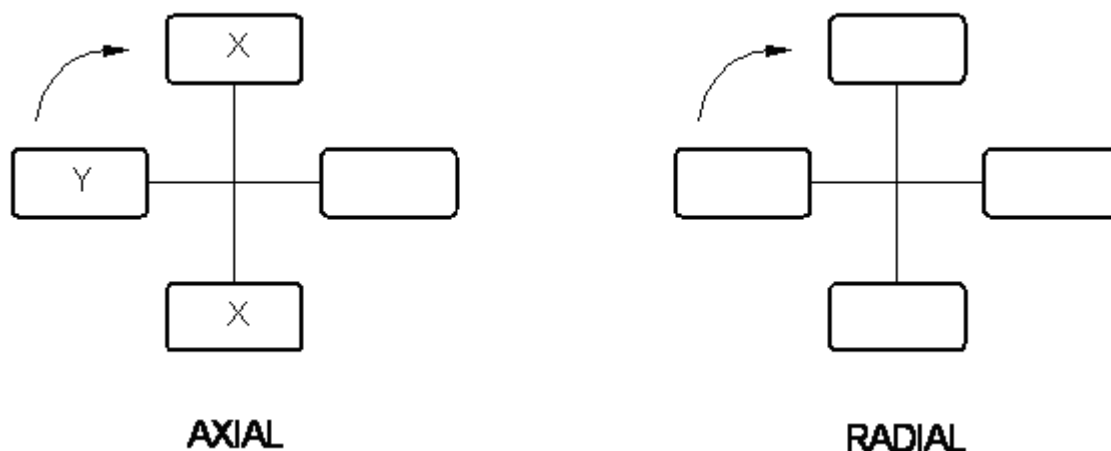


Figura 10 – Representação de desalinhamento

Onde os retângulos são colocados os desvios detectados pelos relógios comparadores, e a seta indica o sentido de giro dos eixos durante o alinhamento. Este tipo de diagrama facilita a elaboração do relatório.

3.3 Método reverso com relógio comparador

O método reverso é aplicável em qualquer situação, mas especialmente é recomendado quando se tem um trem de máquinas a alinhar, e se emprega a determinação gráfica das correções.

O método reverso consiste no emprego de dois suportes de relógios comparadores cada um fixo em um cubo do acoplamento e com o apalpador do relógio comparador sobre o outro cubo do acoplamento, ver figura 11.

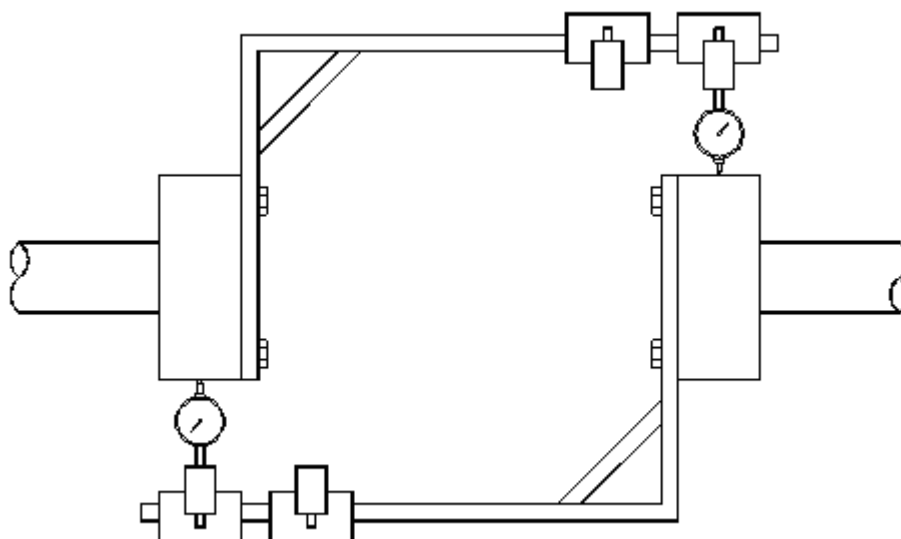


Figura 11 – Disposição dos relógios comparadores no método reverso

As leituras nos relógios comparadores são feitas à semelhança do que se faz no método axial-radial, isto é:

- Gira-se os dois eixos simultaneamente e somente em uma direção, de maneira que as hastes dos relógios fiquem em contato com o mesmo ponto do cubo para que as imperfeições dos cubos não venham introduzir erros nas leituras.
- Executa-se a leitura em 4 pontos, de 90° em 90°, sendo duas no plano vertical dos eixos e duas no plano horizontal, ver figura 12.

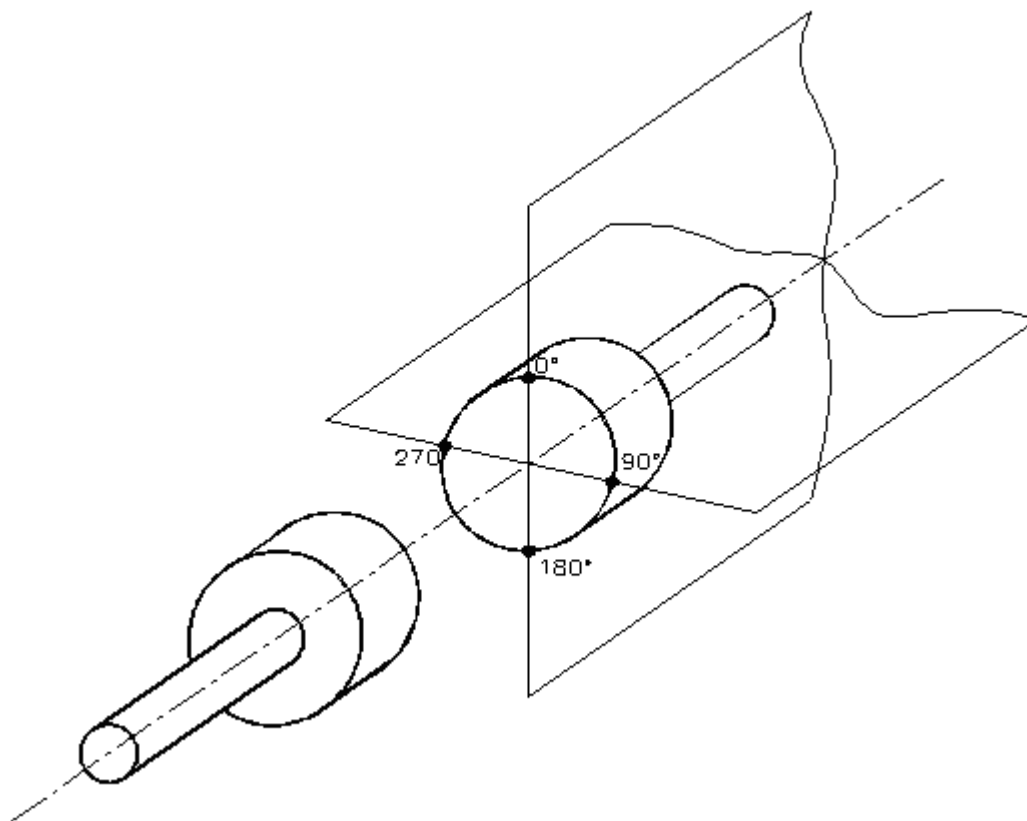


Figura 12 – Pontos onde deve se efetuar as leituras no relógio comparador

Para facilitar o giro do eixo, a execução da leitura e posterior ajuste do alinhamento, deve-se marcar os cubos nos 4 pontos onde se executou as leituras.

- c) As mesmas observações dos itens 3.2.1 f), g) e h).
- d) Registra-se os valores encontrados. A adoção do diagrama da figura 13 facilita o registro e a interpretação das leituras do relógio comparador.

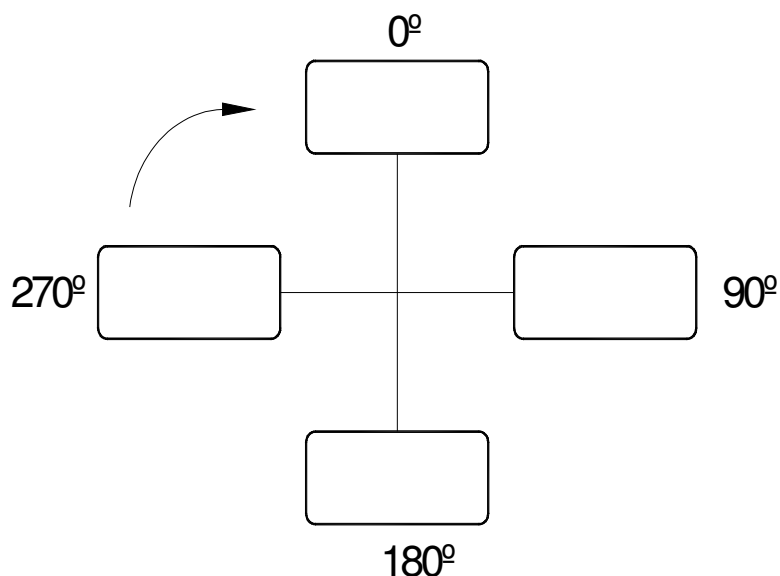


Figura 13 – Diagrama de registros

A determinação gráfica facilita na escolha dos calços e na movimentação das máquinas para corrigir o desalinhamento.

A determinação gráfica é feita da seguinte maneira:

- Desenhar em uma folha de papel milimetrado as linhas de centro dos eixos, as linhas de centro dos apoios das máquinas e a separação dos eixos para o espaçador do acoplamento.
- Todas as distâncias devem estar cotadas. A figura 14 mostra um esquema para determinação gráfica do ajuste do desalinhamento.

Suponhamos que neste caso as leituras efetuadas nos relógios comparadores são as da figura 15 e que desejamos corrigir o desalinhamento com a movimentação da máquina B.

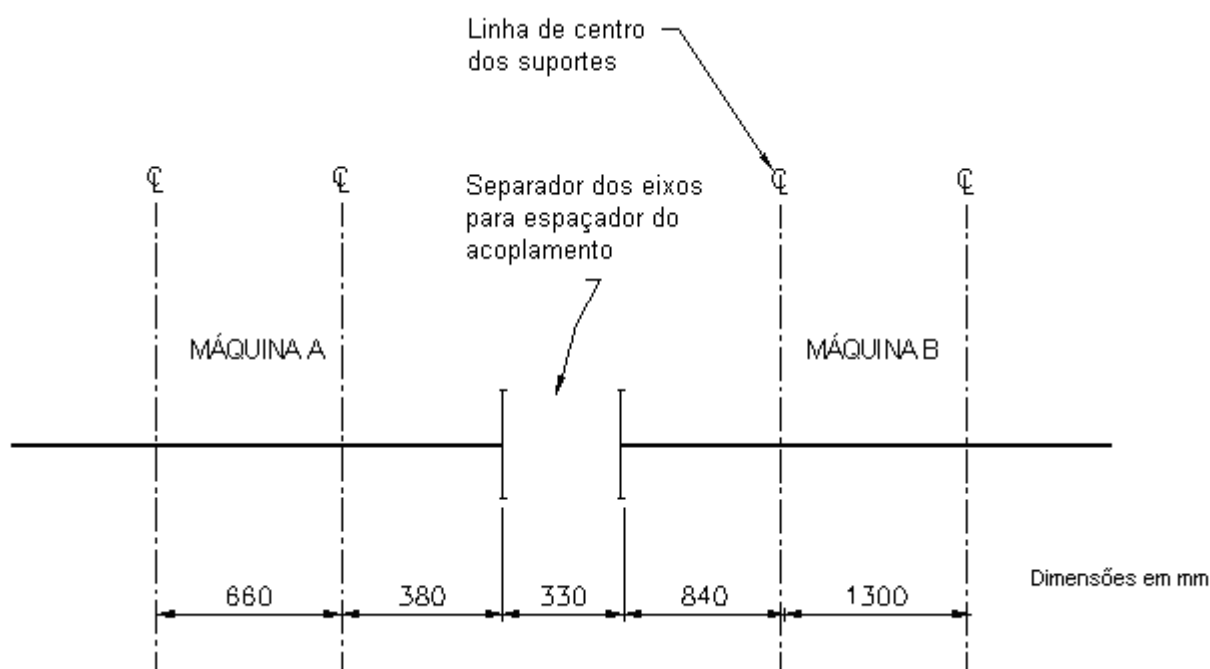


Figura 14 – Representação gráfica dos elementos necessários para correção do paralelismo

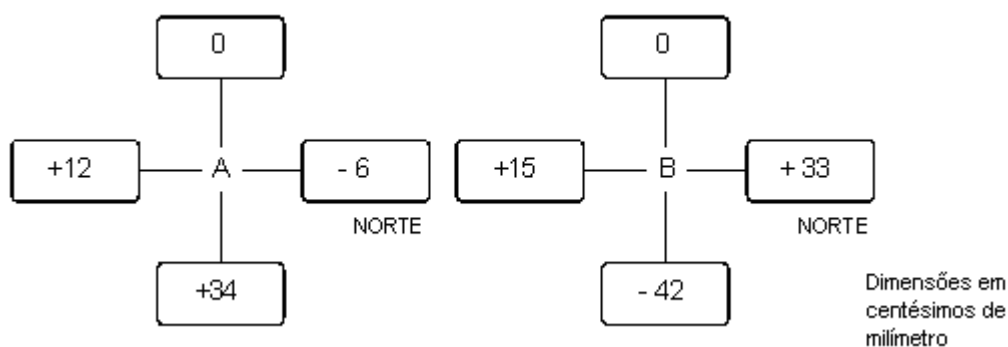


Figura 15 – Registro do desalinhamento dos eixos das máquinas A e B

O passo seguinte deve ser determinar a situação dos eixos tanto no plano vertical como no plano horizontal, e isto deve ser feito da seguinte forma:

- Plano vertical – O desalinhamento no plano vertical é o seguinte:

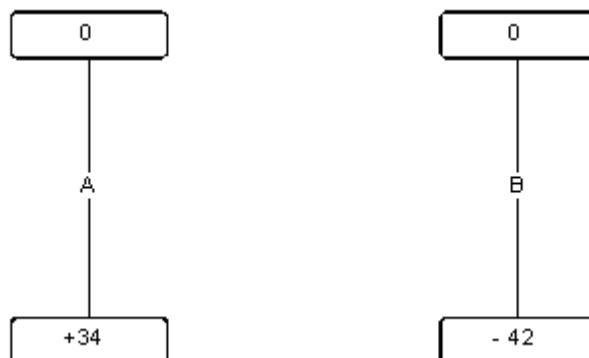


Figura 16 – Leitura do relógio no plano vertical

Na representação gráfica é o seguinte:

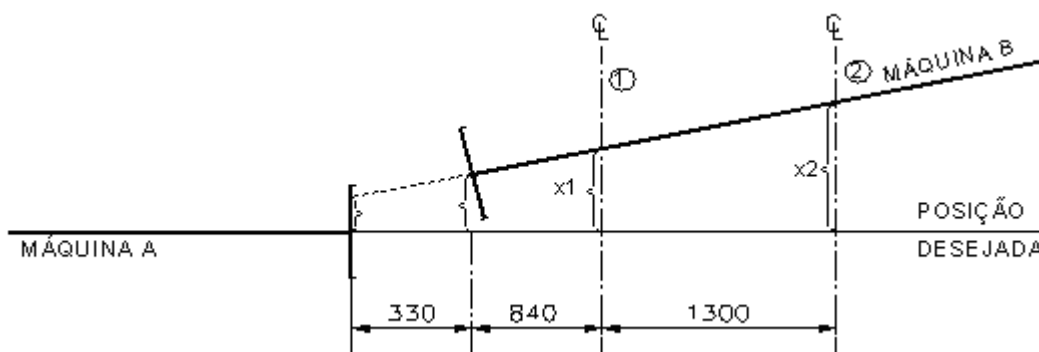


Figura 17 – Desalinhamento no plano vertical

Os calços X1 e X2 de correção do desalinhamento através da movimentação da máquina B que devem ser retirados são determinados pela semelhança de triângulo e assim temos que:

$$X1 = \frac{(840 + 330)(0,21 - 0,17)}{330} + 0,17 = 0,31 \text{ mm}$$

$$X2 = \frac{(330 + 840 + 1300)(0,21 - 0,17)}{330} + 0,17 = 0,47 \text{ mm}$$

- Plano horizontal – No plano horizontal a situação é a seguinte:

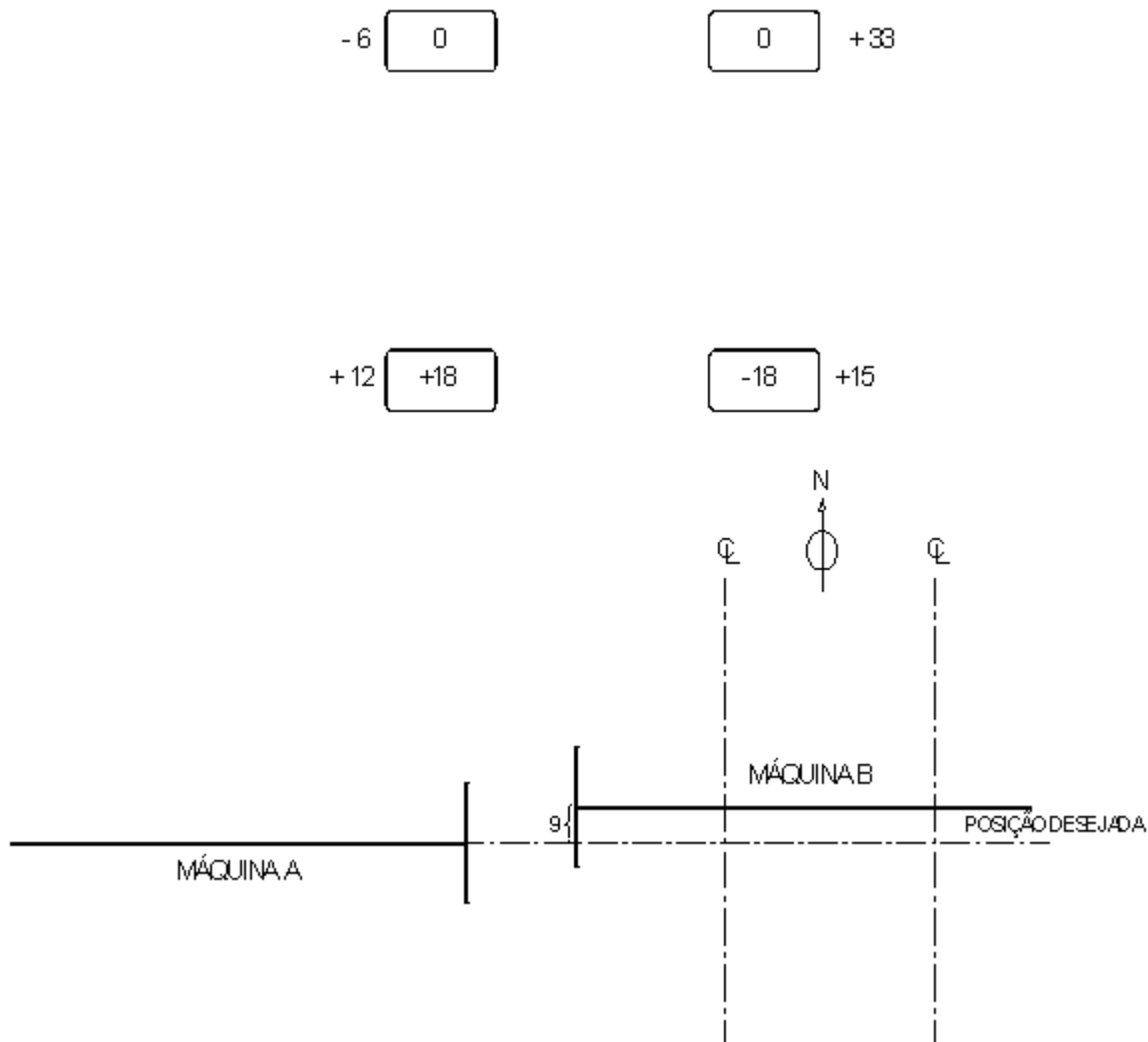


Figura 18 – Desalinhamento no plano horizontal

O desalinhamento verificado no plano horizontal de 9, significa que deveremos deslocar a máquina B de 0,09 mm para o sul paralelamente ao seu eixo.

O método reverso é muito útil quando se tem um trem de máquinas acopladas, porque ele permite através da determinação gráfica o ajuste simultâneo e de uma única vez de todo o trem de máquinas.

4. NIVELAMENTO DAS BASES

Efetuar uma verificação inicial do nivelamento da base metálica principal registrando os valores encontrados no campo apropriado do formulário de registro de resultados e corrigindo o nivelamento através dos parafusos niveladores.

A verificação deve ser efetuada sobre a base principal em duas posições ortogonais. A correção do nivelamento deve ser feita através dos parafusos niveladores da base principal.

Registrar os valores finais no campo apropriado do formulário de registro de resultados. As tolerâncias estão especificadas no item tolerâncias. O examinador deve verificar tanto o valor inicial registrado quanto o valor inicial.



5. TOLERÂNCIAS DE NIVELAMENTO E ALINHAMENTO

5.1 A tolerância para nivelamento das bases referente ao item 4 deste procedimento é de 0,5mm/m em todas as direções.

5.2 A tolerância para o alinhamento entre os eixos é de 0,05 mm axial e radial.

5.3. Para alinhamento com laser, utilizar p procedimento ABENDI PR-119