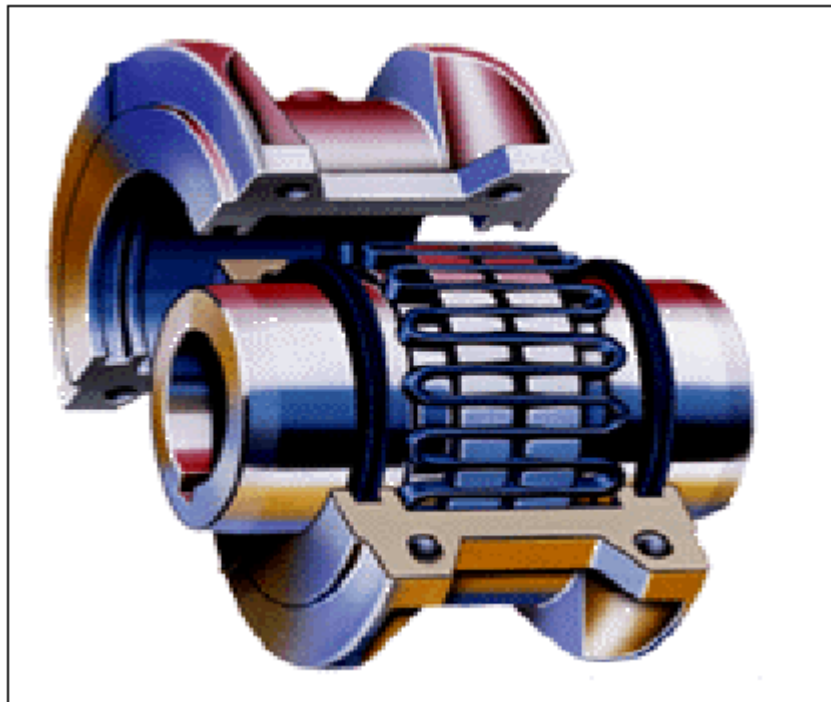


Acoplamento e Alinhamento



Acoplamento e Alinhamento
© SENAI – SP, 2007

Trabalho editorado pela Escola SENAI “Hessel Horácio Cherkassky” do Departamento Regional de São Paulo.

Coordenação Geral

Antonio Carlos Lago Machado

Coordenação

Eliacy Edington Santos
Eduardo dos Reis Cavalcante
Pedro Roberto Gante

Elaboração e Organização
de Conteúdos

Paulo Roberto Dias Lima

Escola SENAI “Hessel Horácio Cherkassky”
Praça da Bíblia nº 1 – Centro – Cubatão – SP
CEP 11.510-300
Tel.: (13) 3361-6633
Email: senaicubatao@sp.senai

Sumário

Sumário	5
<i>páginas</i>	5
1. Acoplamento	7
2. Dilatação Térmica.....	17
3. Alinhamento.....	19
3.1 Principais Métodos de Alinhamento.....	19
4. Alinhamento - Princípios Básicos	23
5. Método Radial e Axial.....	31
6.0 Referências	57



1. Acoplamento

1.1 Introdução

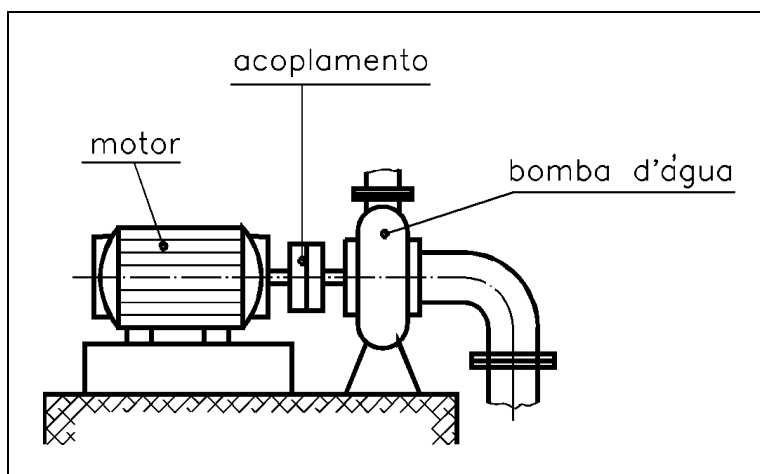
Uma pessoa, ao girar o volante de seu automóvel, percebeu um estranho ruído na roda. Preocupada, procurou um mecânico.

Ao analisar o problema, o mecânico concluiu que o defeito estava na **junta homocinética**, e que precisaria substituí-la.

Você sabe o que é junta homocinética? Vamos estudá-la nesta aula. Antes, porém, vejamos algumas noções de acoplamento.

1.2 Conceito

Acoplamento é um conjunto mecânico, constituído de elementos de máquina, empregado na transmissão de movimento de rotação entre duas árvores ou eixo-árvores.



1.3 Classificação:

Os acoplamentos podem ser **fixos**, **elásticos** e **móveis**.

1.3.1 Acoplamentos fixos

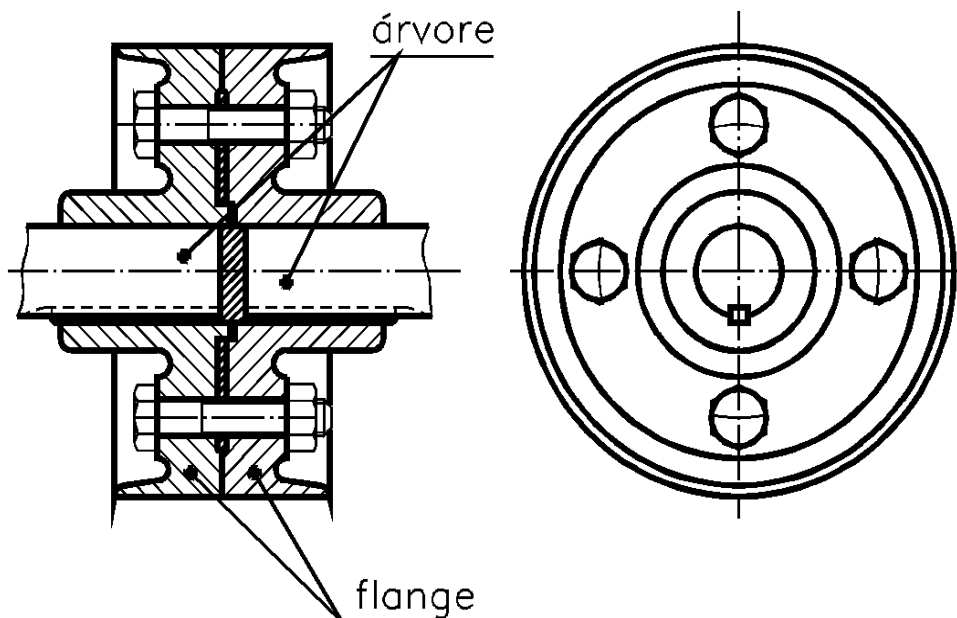
Os acoplamentos fixos servem para unir árvores de tal maneira que funcionem como se fossem uma única peça, alinhando as árvores de forma precisa.

Por motivo de segurança, os acoplamentos devem ser construídos de modo que não apresentem nenhuma saliência.

Vamos conhecer alguns tipos de acoplamentos fixos.

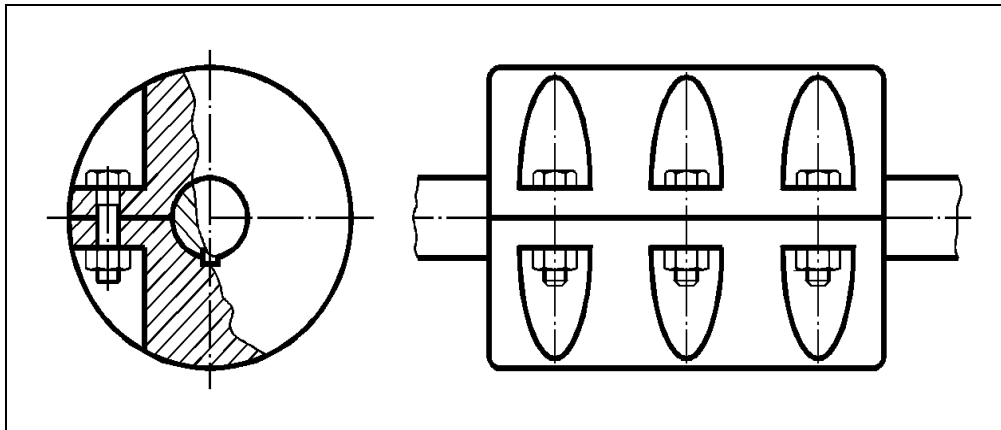
1.3.2 Acoplamento rígido com flanges parafusadas

Esse tipo de acoplamento é utilizado quando se pretende conectar árvores, e é próprio para a transmissão de grande potência em baixa velocidade.



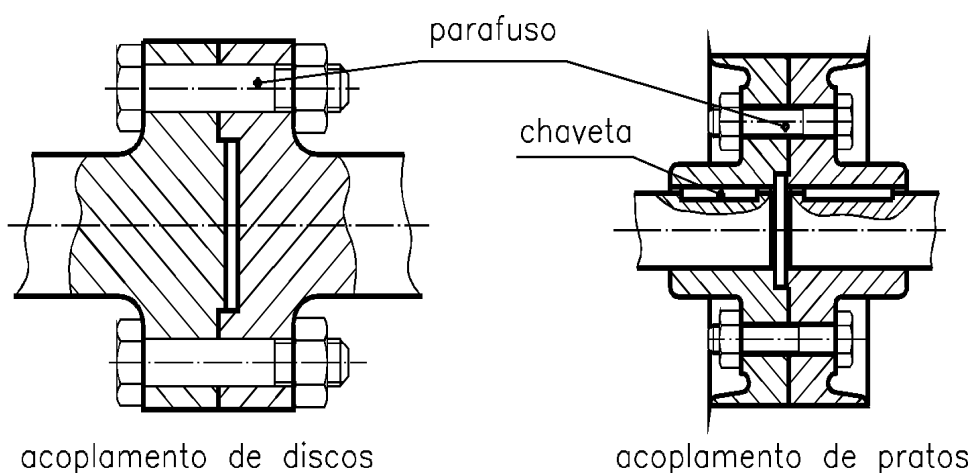
1.3.3 Acoplamento com luva de compressão ou de aperto

Esse tipo de luva facilita a manutenção de máquinas e equipamentos, com a vantagem de não interferir no posicionamento das árvores, podendo ser montado e removido sem problemas de alinhamento.



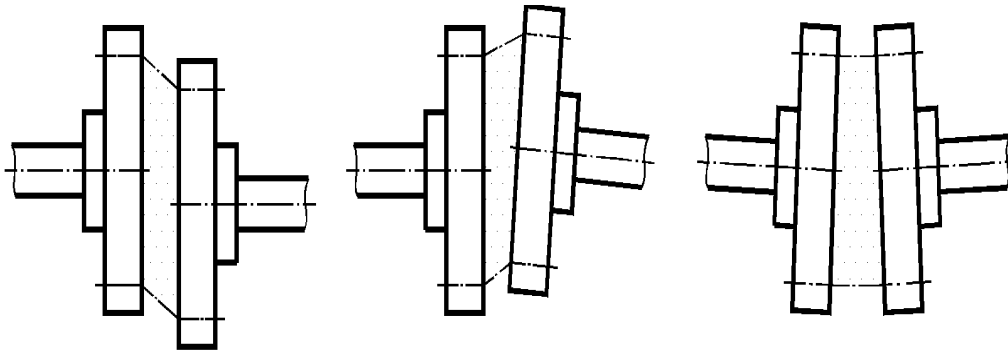
1.3.4 Acoplamento de discos ou pratos

Empregado na transmissão de grandes potências em casos especiais, como, por exemplo, nas árvores de turbinas. As superfícies de contato nesse tipo de acoplamento podem ser lisas ou dentadas.



1.3.5 Acoplamentos elásticos

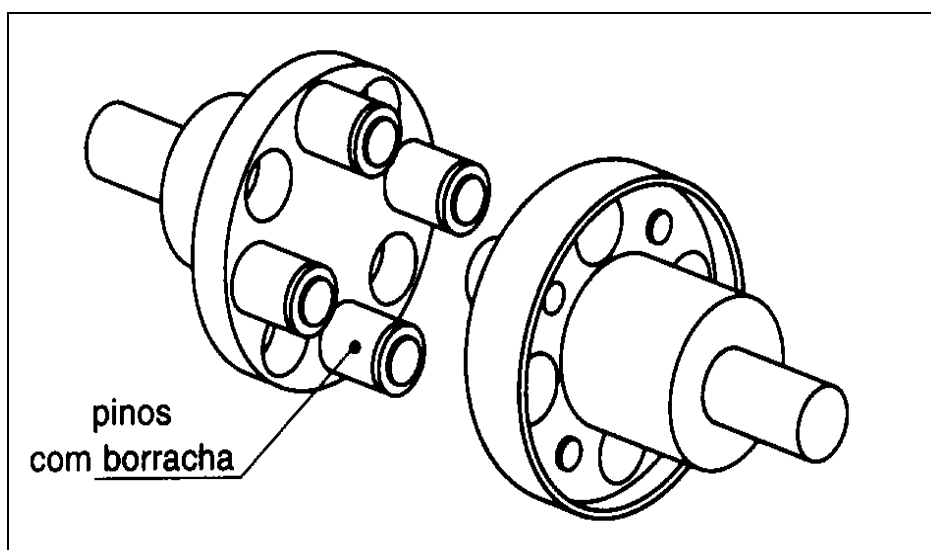
Esses elementos tornam mais suave a transmissão do movimento em árvores que tenham movimentos bruscos, e permitem o funcionamento do conjunto com desalinhamento paralelo, angular e axial entre as árvores.



Os acoplamentos elásticos são construídos em **forma articulada, elástica ou articulada e elástica**. Permitem a compensação de até 6 graus de ângulo de torção e deslocamento angular axial.

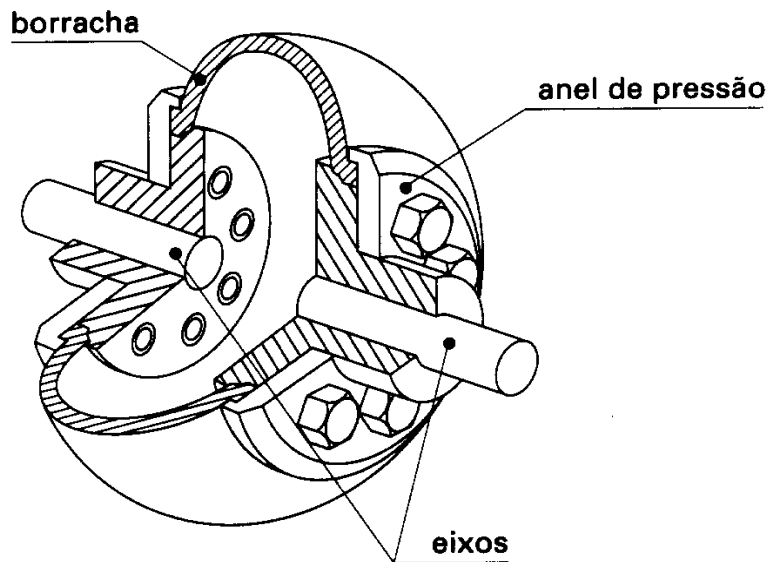
1.3.6 Acoplamento elástico de pinos

Os elementos transmissores são pinos de aço com mangas de borracha.



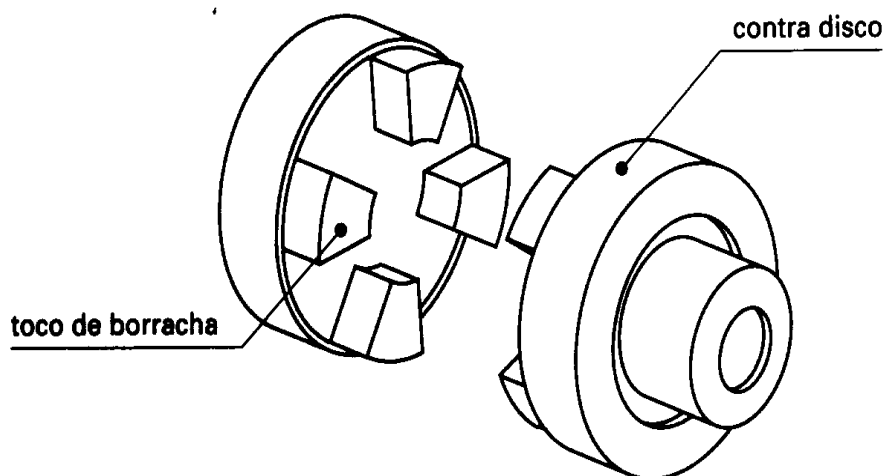
1.3.7 Acoplamento perflex

Os discos de acoplamento são unidos perifericamente por uma ligação de borracha apertada por anéis de pressão. Esse acoplamento permite o jogo longitudinal de eixos.



1.3.8 Acoplamento elástico de garras

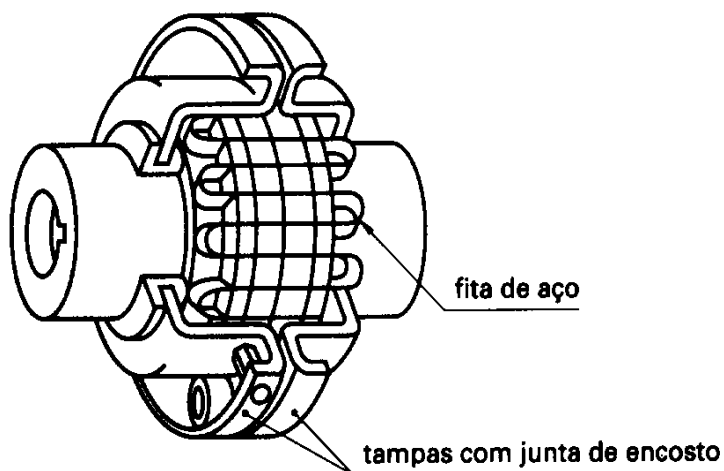
As garras, constituídas por tocos de borracha, encaixam-se nas aberturas do contradisco e transmitem o movimento de rotação.



1.3.9 Acoplamento elástico de fita de aço

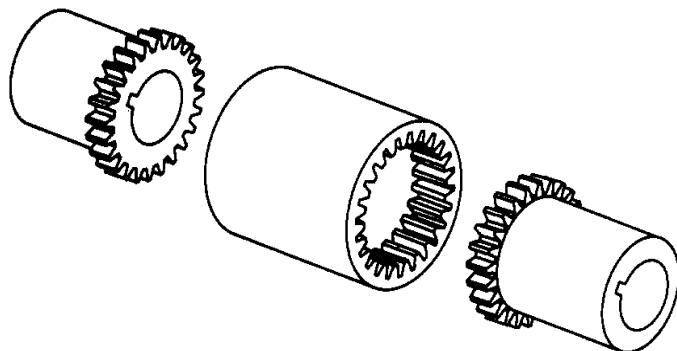
Consiste de dois cubos providos de flanges ranhuradas, nos quais está montada uma grade elástica que liga os cubos. O conjunto está alojado em duas tampas providas de junta de encosto e de retentor elástico junto ao cubo. Todo o espaço entre os cubos e as tampas é preenchido com graxa.

Apesar de esse acoplamento ser flexível, as árvores devem estar bem alinhadas no ato de sua instalação para que não provoquem vibrações excessivas em serviço.



1.3.10 Acoplamento de dentes arqueados

Os dentes possuem a forma ligeiramente curvada no sentido axial, o que permite até 3 graus de desalinhamento angular. O anel dentado (peça transmissora do movimento) possui duas carreiras de dentes que são separadas por uma saliência central.

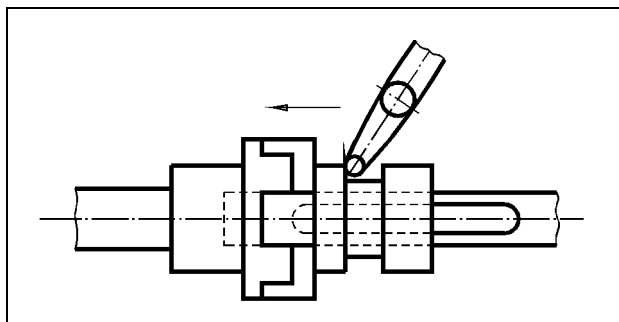


1.3.11 Acoplamentos móveis

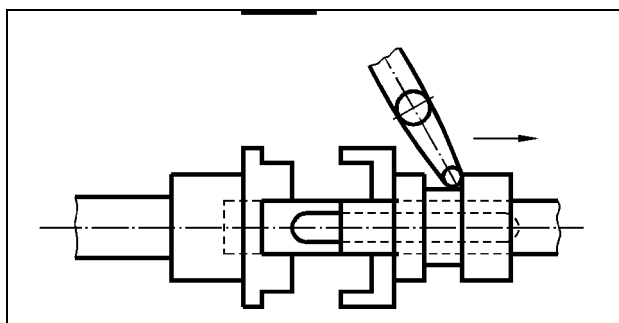
São empregados para permitir o jogo longitudinal das árvores. Esses acoplamentos transmitem força e movimento somente quando acionados, isto é, obedecem a um comando.

Os acoplamentos móveis podem ser: de garras ou dentes, e a rotação é transmitida por meio do encaixe das garras ou de dentes.

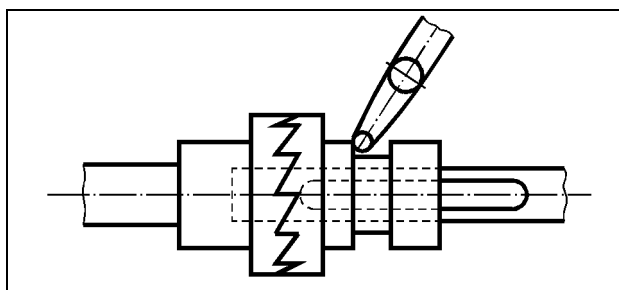
Geralmente, esses acoplamentos são usados em aventais e caixas de engrenagens de máquinas-ferramenta convencionais.



acoplamento de garras ativado



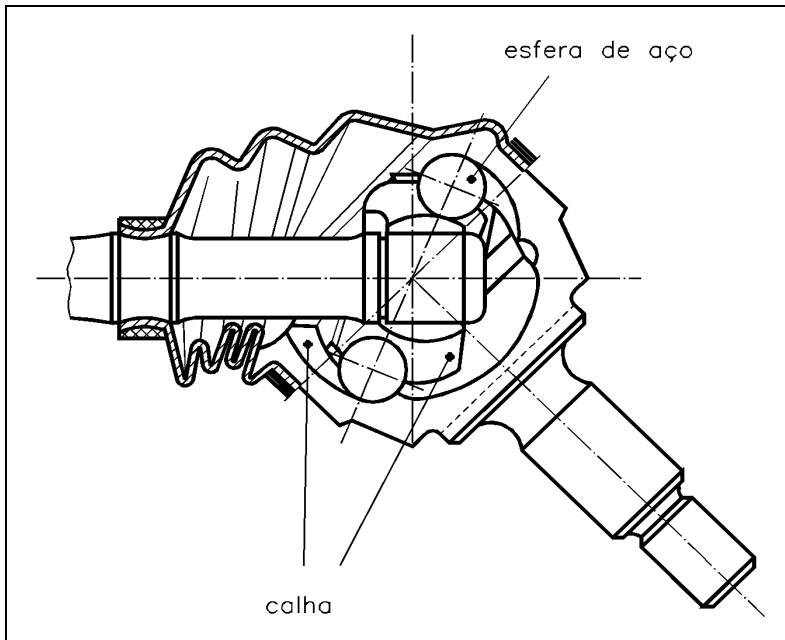
acoplamento de garras desativado



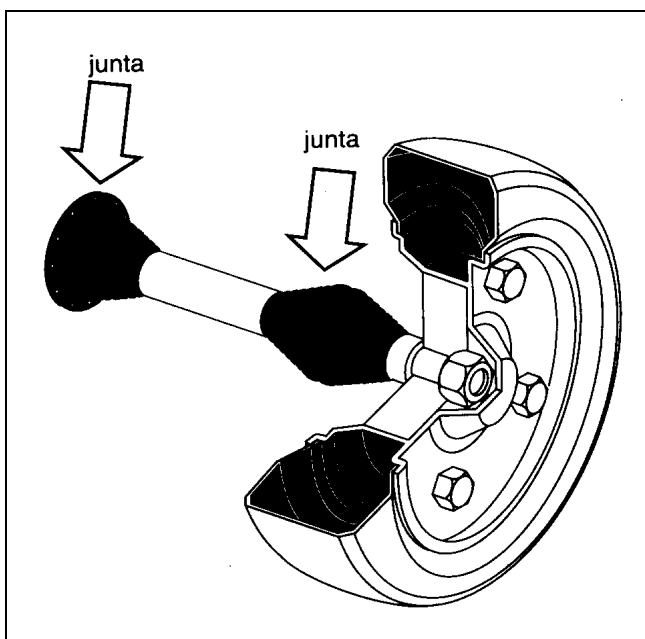
acoplamento de dentes ativado

1.4 Junta universal homocinética

Esse tipo de junta é usado para transmitir movimento entre árvores que precisam sofrer variação angular, durante sua atividade. Essa junta é constituída de esferas de aço que se alojam em calhas.



A ilustração anterior é a de junta homocinética usada em veículos. A maioria dos automóveis é equipada com esse tipo de junta.



1.5 Montagem de acoplamentos

Os principais cuidados a tomar durante a montagem dos acoplamentos são:

- Colocar os flanges a quente, sempre que possível.
- Evitar a colocação dos flanges por meio de golpes: usar prensas ou dispositivos adequados.
- O alinhamento das árvores deve ser o melhor possível mesmo que sejam usados acoplamentos elásticos, pois durante o serviço ocorrerão os desalinhamentos a serem compensados.
- Fazer a verificação da folga entre flanges e do alinhamento e concentricidade do flange com a árvore.
- Certificar-se de que todos os elementos de ligação estejam bem instalados antes de aplicar a carga.

1.5.1 Lubrificação de acoplamentos

Os acoplamentos que requerem lubrificação, geralmente não necessitam cuidados especiais. O melhor procedimento é o recomendado pelo fabricante do acoplamento ou pelo manual da máquina. No entanto, algumas características de lubrificantes para acoplamentos flexíveis são importantes para uso geral:

- ponto de gota - 150°C ou acima;
- consistência - NLGI nº2 com valor de penetração entre 250 e 300;
- baixo valor de separação do óleo e alta resistência à separação por centrifugação;
- deve possuir qualidades lubrificantes equivalentes às dos óleos minerais bem refinados de alta qualidade;
- não deve corroer aço ou deteriorar o neopreme (material das guarnições).

Teste sua aprendizagem. Faça os exercícios a seguir;

Exercícios:

Marque com um X a resposta correta;

1. Os acoplamentos se classificam em:

- a) () elásticos, móveis, rígidos;
- b) () fixos, elásticos, móveis;
- c) () permanentes, fixos, elásticos;
- d) () rígidos, elásticos, permanentes.

2. Os acoplamentos elásticos têm a função de:

- a) () acelerar a transmissão de movimentos;
- b) () suavizar a transmissão de movimentos;
- c) () reduzir a transmissão de movimentos;
- d) () eliminar a transmissão de movimentos.

3. Para transmitir jogo longitudinal de eixos, usa-se o seguinte acoplamento:

- a) () elástico;
- b) () móvel;
- c) () perflex;
- d) () rígido.

3. Para manter eixos rigidamente conectados por meio de uma luva rasgada longitudinalmente e chaveta comum a ambos os eixos, usa-se o seguinte acoplamento:

- a) () rígido por luvas parafusadas;
- b) () de discos ou pratos;
- c) () de dentes arqueados;
- d) () junta universal de velocidade constante.

5. Assinale **V** para as afirmações verdadeiras e **F** para as falsas.

Na montagem de um acoplamento devemos:

- a) () Colocar os flanges a quente, sempre que possível.
- b) () Fazer a verificação da folga entre flanges e do alinhamento e da concentricidade do flange com a árvore.
- c) () O alinhamento das árvores é desnecessário quando utilizados acoplamentos flexíveis.
- d) () Evitar a colocação dos flanges por meio de golpes: usar prensas ou dispositivos adequados.

2. . Dilatação Térmica

2.1 Introdução

Todos os corpos na natureza estão sujeitos a este fenômeno, uns mais outros menos. Geralmente quando **esquentamos** algum corpo, ou alguma substância, esta tende a **aumentar** seu volume (**expansão térmica**). E se **esfriarmos** algum corpo ou substância esta tende a **diminuir** seu volume (**contração térmica**).

Existem alguns materiais que em condições especiais fazem o contrário, ou seja, quando esquentam contraem e quando esfriam dilatam. É o caso da água quando está na pressão atmosférica e entre 0°C e 4°C. Mas estes casos são exceções e, embora tenham também sua importância, não serão estudados aqui neste capítulo.

2.2 Porque isso acontece?

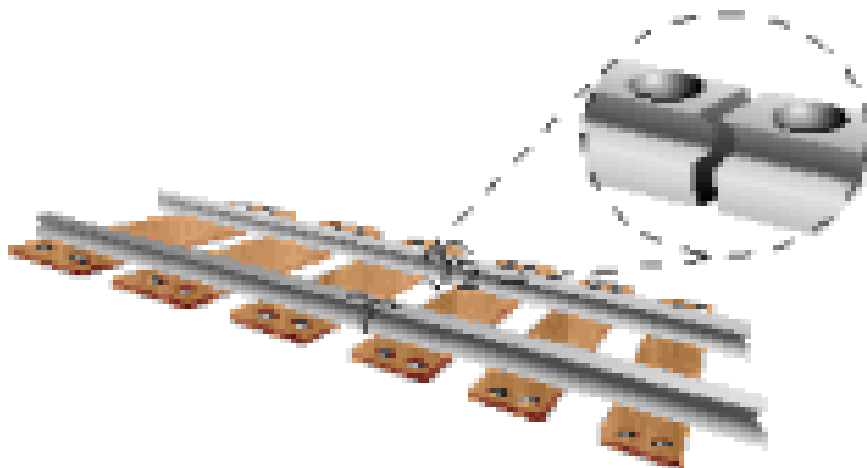
Bem, você deve estar lembrado que quando esquentamos alguma substância estamos aumentando a agitação de suas moléculas, e isso faz com que elas se afastem umas das outras, aumentando logicamente o espaço entre elas. Para uma molécula é mais fácil, quando esta está vibrando com mais intensidade, afastar-se das suas vizinhas do que aproximar-se delas. Isso acontece por causa da maneira como as forças moleculares agem no interior da matéria. Então:

"Se o espaço entre elas aumenta, o volume final do corpo acaba aumentando também".

Quando esfriamos uma substância ocorre exatamente o inverso. Diminuímos a agitação interna das mesmas as que fazem com que o espaço entre as moléculas diminua, ocasionando uma diminuição do volume do corpo.

"Se o espaço entre as moléculas diminui, o volume final do corpo acaba diminuindo também".

Você já observou os trilhos de uma estrada de ferro? Entre dois pedaços consecutivos de trilho, há um espaço.



As pontes de concreto, quando muito extensas, não são construídas em um único bloco.

São formadas por vários blocos de concreto, construídos um ao lado do outro. E, entre dois blocos vizinhos, também há um espaço. Esses espaços são calculados pelos construtores de linhas férreas ou de pontes porque, sob a ação do calor, o aço e o concreto aumenta de tamanho. A maioria dos materiais dilata-se quando aquecida e contrai-se, quando resfriada. Por estarem relacionados com o aumento ou a diminuição da temperatura dos corpos, esses fatos são conhecidos, como *dilatação e contração térmica*.

Se uma linha férrea fosse construída com os trilhos se tocando, a dilatação que ocorreria quando os trilhos se aquecessem provocaria o entortamento da linha. Com as pontes aconteceria coisa semelhante. Se uma ponte de concreto fosse construída em um único bloco, a dilatação do concreto, quando a temperatura aumentasse, causaria rachaduras na ponte. Por que os materiais se dilatam ou se contraem, termicamente? Já vimos que, quando um corpo absorve calor, a agitação térmica de suas moléculas torna-se mais intensa, provocando, um aumento na temperatura desse corpo. Com o aumento da agitação térmica, aumenta a amplitude da vibração de cada átomo.

Assim, o volume necessário para acomodar os átomos ou moléculas de um sólido em alta temperatura é maior do que o volume ocupado pelas mesmas partículas quando o material está em temperaturas mais baixas.

3. Alinhamento

3.1 Principais Métodos de Alinhamento

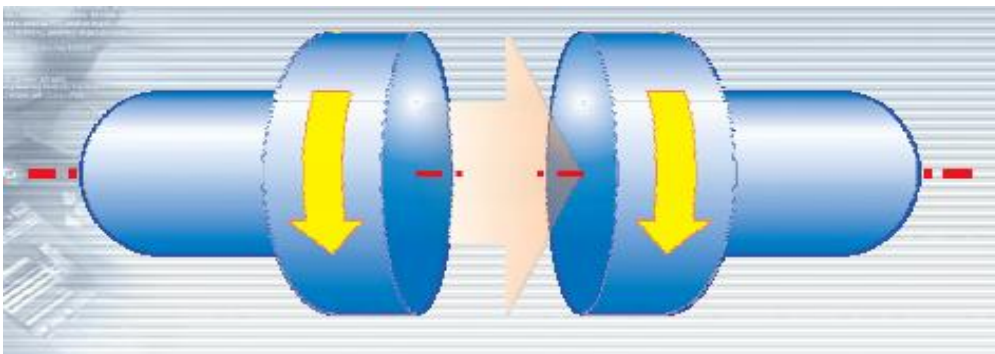
Cada acoplamento dentro de suas características, tolera um certo grau de desalinhamento, mas isso não basta, pois o aumento da confiabilidade operacional e o prolongamento da vida útil das máquinas depende fundamentalmente do grau de precisão do seu alinhamento.

Para elevar a produtividade de suas máquinas, os fabricantes tem recorrido, principalmente ao aumento da velocidade de rotação e a minimização das margens de segurança, aplicadas ao dimensionamento de eixos e mancais, esta prática que implica na correspondente redução das tolerâncias de desalinhamento, obriga a manutenção sob pena de graves prejuízos, a estabelecer valores normativos de alinhamento cuja precisão exige a intervenção de especialistas.

Mais de 60% de defeitos em máquinas rotativas são atribuídos ao desalinhamento, 30% a má lubrificação e 10% a outros.

Os problemas mais comuns causados por desalinhamento são:

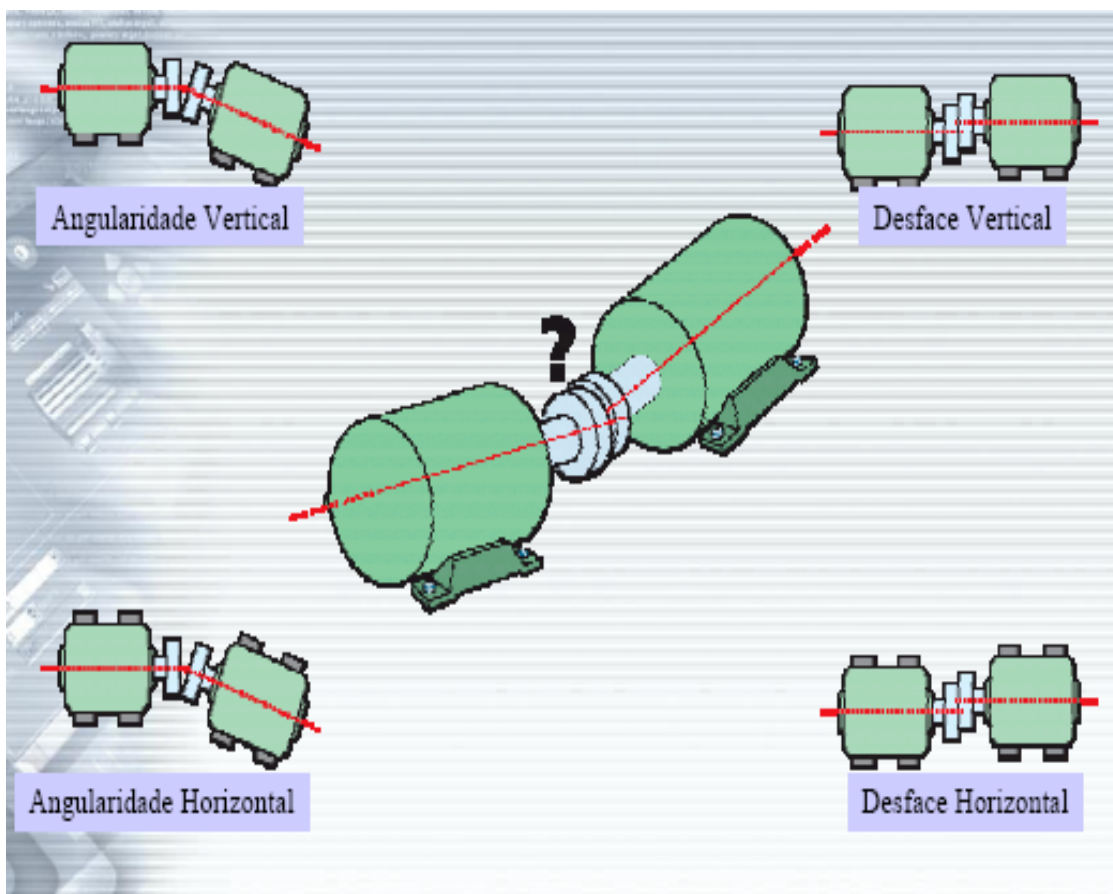
- Causa excessiva vibração;
- Desgaste prematuro ou até quebra do acoplamento;
- Danos às selagens, causando vazamentos;



3.2 Desalinhamentos

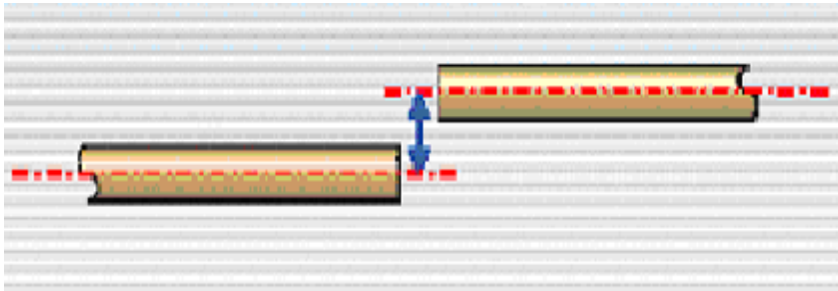
Existem dois tipos de desalinhamentos, os quais podem ser definidos tanto para o plano vertical, como para o plano horizontal, ou seja:

- Desalinhamento radial ou paralelo no plano horizontal (**PH**), e plano vertical (**PV**).
- Desalinhamento axial ou angular no plano horizontal (**PH**), e plano vertical (**PV**).



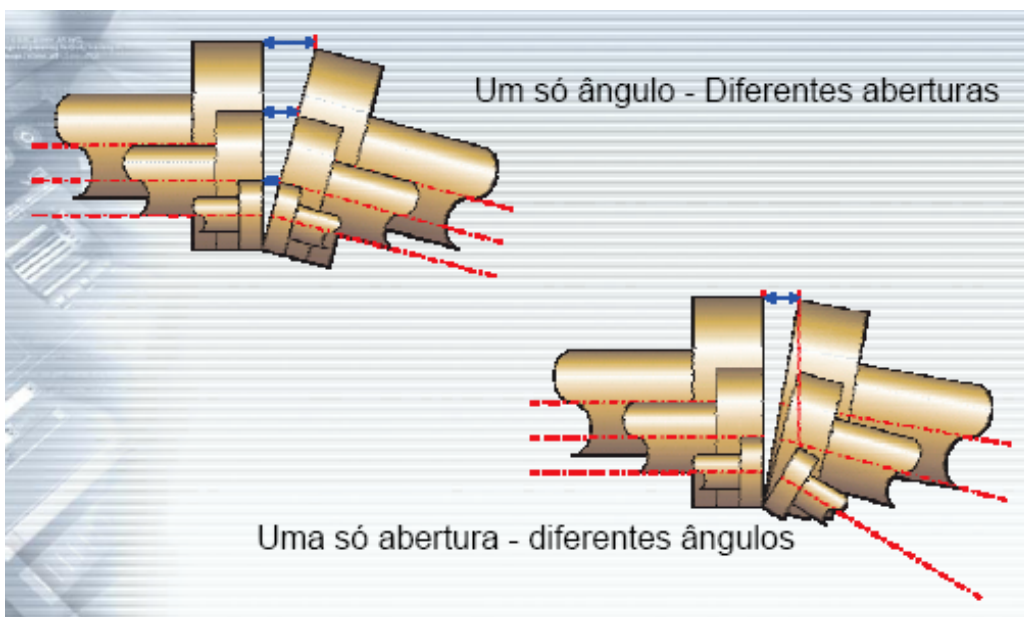
3.2.1 Desalinhamento Paralelo

Dois eixos estão desalinhados radialmente no PH ou PV quando suas linhas de centro são paralelas, porém não são pertencentes à mesma reta.



3.2.2 Desalinhamento Angular

Dois eixos estão desalinhados axialmente no PH ou PV, quando as suas faces perpendiculares as respectivas linhas de centro não são paralelas.



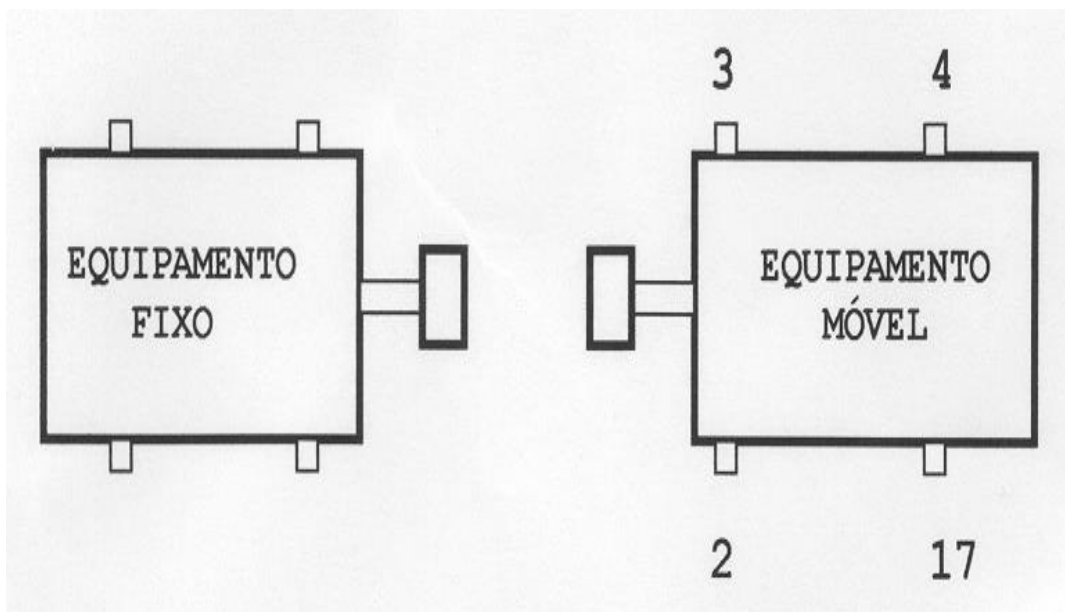
3.3 Pé Manco

A forma correta de eliminá-lo pode ser através das leituras efetuadas com relógio comparador fixado ao acoplamento do equipamento fixo, realizando a leitura no acoplamento móvel, encostando o apalpador sobre o mesmo.

Em seguida zeramos o relógio com a base do equipamento móvel completamente apertada, solta-se o parafuso de fixação e registra-se o valor encontrado. Posteriormente aperta-se o parafuso e executa-se o mesmo procedimento no pé diagonal oposto, e assim, sucessivamente até completar os quatro pés.

Deve-se considerar o pé manco, quando a leitura for maior que 0.05mm, acima dessa medida o ideal é inserir o calço de acordo com a leitura encontrada no respectivo pé, é imprescindível que este calço faça parte definitiva da base como se estivesse fundida a ela.

Exemplo:



4. Alinhamento - Princípios Básicos

4.1 Regras Básicas:

- verificar se todos os dispositivos, instrumentos, ferramentas e calços estão disponíveis em pleno estado de conservação;
- inspeção e limpeza da sub-base, observando se há deterioração; a posição do técnico deve ser de frente para o conjunto a ser alinhado, de forma que a máquina móvel fique a sua direita;
- interpretar o cenário de trabalho e definição do método a aplicar;
- caso o conjunto seja formado por três ou mais carcaças, nivelar e colocar a máquina central no esquadro, com o auxílio da topografia e alinhar as outras em relação a ela;
- observar se existe “ pé manco “ nos pedestais;
- é de extrema importância que exista calço $\geq 3\text{mm}$ sob cada pedestal, pois somente assim poderemos abaixar o equipamento se necessário;
- cuidados especiais devem ser tomados nas confecções dos calços, que devem estar sem rebarbas ou ondulações, aumentando a precisão do alinhamento. Usar a menor quantidade de calços possível, substituindo os sanduíches de calços finos por outros de maior espessura.

- verificar se a furação dos pedestais tem folga suficiente em relação aos parafusos de fixação, permitindo o deslocamento lateral, quando necessário;
- é muito importante o bom funcionamento dos deslocadores horizontais (macacos mecânicos);
- no caso de tubulações tencionando o equipamento, é recomendável desconectá-las e conectá-las após a conclusão do alinhamento, e efetuar novas leituras, se o alinhamento piorar $\pm 0,05\text{mm}$, deve-se corrigir a posição das tubulações;
- a folga (GAP) entre cubos dos acoplamentos, devem estar dentro das indicações feitas pelo fabricante ou projeto da máquina;
- a rotação dos dois eixos devem ser simultâneas e somente em uma direção (sentido horário), de maneira que os apalpadores dos relógios fiquem em contato com o mesmo ponto;
- as leituras são executadas em quatro pontos em um intervalo de 90° , sendo duas leituras no plano horizontal e duas no plano vertical;
- é imprescindível que a primeira operação seja o alinhamento dos eixos no plano horizontal, a fim de garantir leituras precisas no plano vertical;
- checar a rigidez de fixação do dispositivo, verificando se o mesmo está bem preso, não havendo movimento relativo, o que mascara a leitura;
- a correta leitura e sua interpretação é uma fase onde há necessidade de bastante atenção;
- é boa prática, repetir pelo menos duas vezes a tomada de leituras, para ter absoluta certeza do resultado.

4.2 Macaco Mecânico

São dispositivos de muita importância para o alinhamento, eles são instalados nas sub-bases dos equipamentos considerados móveis, com a finalidade de movimentá-los horizontalmente.

Todos os equipamentos devem possuir macacos para essa finalidade, pois eles permitem o deslocamento suave e preciso da máquina durante o processo, descaracterizando métodos obsoletos que utilizam alavancas, marretas, e outros.

O macaco deve ser composto de uma peça roscada e um parafuso, preferencialmente de rosca fina aumentando sua resistência e permitindo um deslocamento mais preciso. O ponto de contato do parafuso deve ser arredondado.

A fiel construção deste elemento dinamizará o processo de alinhamento, reduzindo esforços físicos, e conseqüentemente aumentando a qualidade.

4.3 Tolerância do Alinhamento

Nunca houve consenso entre fabricante de equipamentos e usuários, sobre o valor do desvio admissível do alinhamento para ser considerado perfeito.

Certa autoridade recomenda que o desalinhamento à quente deva permanecer dentro de no máximo 0,013mm por polegada de distância entre eixos.

Embora seja um valor razoável para uma máquina de altas rotações é demasiadamente justo para máquinas de baixa rotação. Isso, portanto nos leva a concluir que na tolerância deve ser considerada a rotação.

TABELA DE TOLERÂNCIA DE DESALINHAMENTO

RPM	DESALINHAMENTO	DESALINHAMENTO
	PARALELO	ANGULAR
0000 - 1000	0,13	0,10
1000 - 2000	0,10	0,08
2000 - 3000	0,07	0,05
3000 - 4000	0,05	0,03
4000 - 7000	0,03	0,02

Nos casos das margens de desalinhamento aplicada a redutores ou multiplicadores de velocidade que tenham mancais do tipo deslizantes, devemos considerar o deslocamento horizontal e vertical dos eixos da coroa e pinhão, que tendem a afastar-se quando é aplicado o torque ao conjunto e ainda que um dos eixos dependendo do sentido de rotação subirá em função da força centrífuga.

As informações respectivas a valores de tolerância devem ser extraídas do projeto que vem acompanhado de literaturas como manuais, catálogos, etc., afim de, se determinar as margens de tolerância conforme projeto.

Na falta de informações dos fabricantes, quanto a valores de deslocamento podemos considerar seu deslocamento horizontal e vertical de cerca de 2/3 da folga dos mancais para o pinhão e 1/2 para a coroa. Outra recomendação é baseada na limitação da velocidade de deslizamento entre dentes de engrenamento em acoplamento de engrenagem. O limite de velocidade é 3mm/min e poderá ser obtido através da fórmula:

$$V = \frac{D \times N \times L}{Da}$$

Onde :

V = velocidade

D = diâmetro das engrenagens do acoplamento

N = RPM do acoplamento

Lt = leitura total no relógio comparador

Da = distância entre centro dos dentes dos acoplamentos

Encontraremos uma variedade de recomendações para tolerância de desalinhamento e quase todas levam três variáveis em consideração, sendo elas rotação, distância entre cubos e diâmetro do cubo.

Temos que considerar também que para equipamentos especiais (máquinas de grande porte, altas rotações e altas potências), na maioria das vezes o fabricante do acoplamento e/ou o do equipamento fornece os valores de tolerâncias.

Devemos, portanto sempre procurar a existência dessas informações para cada caso específico.

Na ausência dessas informações usar o menor valor encontrado entre as recomendações aqui representadas.

4.4 Alinhamento Ideal

Como já foi observado, não basta termos o conhecimento sobre os tipos e características dos acoplamentos, o domínio de métodos variados de alinhamentos e os conceitos de tolerância de desalinhamento para determinarmos um alinhamento ideal, se não considerarmos que as máquinas sofrem dilatações e contrações térmicas.

Desta forma, passaremos algumas informações a respeito da dilatação linear, superficial e volumétrica dos sólidos (ocorrem simultaneamente), que é basicamente o que necessitamos para o nosso trabalho.

Experiências físicas demonstraram que a variação de dimensão dos corpos é diretamente proporcional a variação de temperatura, ao comprimento inicial e ao tipo de material.

Concluindo:

$$\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta t$$

ΔL = valor da dilatação / contração α = coeficiente de dilatação linear

L_0 = comprimento inicial do corpo Δt = variação da temperatura (= $T_f - T_i$)

TABELA DE COEFICIENTE DE DILATAÇÃO LINEAR

Aço / Ferro	0,000012
Alumínio	0,000024
Bronze / Latão	0,000018
Borracha (20° C)	0,000077
Cobre	0,000017
Concreto	0,000012
Ferro fundido	0,000011
Porcelana	0,000003
Vidro comum	0,000008

Muitas máquinas possuem diferentes condições de alinhamento quando estão em operação (quentes) e paradas (frias). Isso se deve a dilatação desiguais das máquinas ligadas coaxialmente à medida que se aquece.

Esse efeito conhecido como dilatação térmica é particularmente evidente em turbinas à vapor, bombas e compressores que trabalham com produtos super aquecidos.

Um excelente alinhamento para máquina fria pode se transformar em uma condição de alinhamento ruim, quando a máquina estiver quente, o modo de contornar este problema é realizar o alinhamento da máquina imediatamente após a parada. Entretanto, é preciso trabalhar rapidamente e o resultado nunca é muito preciso em máquinas que possuem grandes diferenças, entre as condições quente e fria.

A circulação de fluido ou vapor quente durante o alinhamento, pode não levar a resultados precisos, pois não reproduzem corretamente as condições reais. Por esta razão, os fabricantes muitas vezes fornecem valores de correção para compensar os efeitos da dilatação térmica em suas máquinas.

Embora cálculos baseados em coeficiente de dilatação térmica e na geometria da máquina, sejam freqüentemente utilizados para estimar a defasagem a frio do acoplamento os valores de dilatação podem também ser medidos diretamente na máquina através de métodos eletrônicos e ópticos e com sistemas de monitoramento on-line.

4.5 Principais métodos de alinhamento

Na execução de uma atividade de alinhamento deve-se interpretar as condições do cenário de trabalho, a fim de determinar o método de alinhamento mais viável, a seguir veremos algumas alternativas.

4.6 Método Reverso

O método reverso é aplicável em qualquer situação, mas é especialmente recomendado quando se tem um trem de máquinas à alinhar; e se emprega cálculos matemáticos, através de fórmulas que são subsidiadas por parâmetros encontrados nas dimensões do conjunto a ser alinhado.

$$C1 = - \frac{(Y + Z)}{L} \times \frac{(Smc - lfc)}{2} + \frac{Smc}{2}$$

$$C2 = - \frac{Y}{L} \times \frac{(Smc - lfc)}{2} + \frac{Smc}{2}$$

Onde:

C1 = correção do desalinhamento dos eixos através dos pés traseiros (P1)]

C2 = correção do desalinhamento dos eixos através dos pés dianteiros (P2)

Y = distância entre o relógio do equipamento móvel e a linha de centro dos pés dianteiros

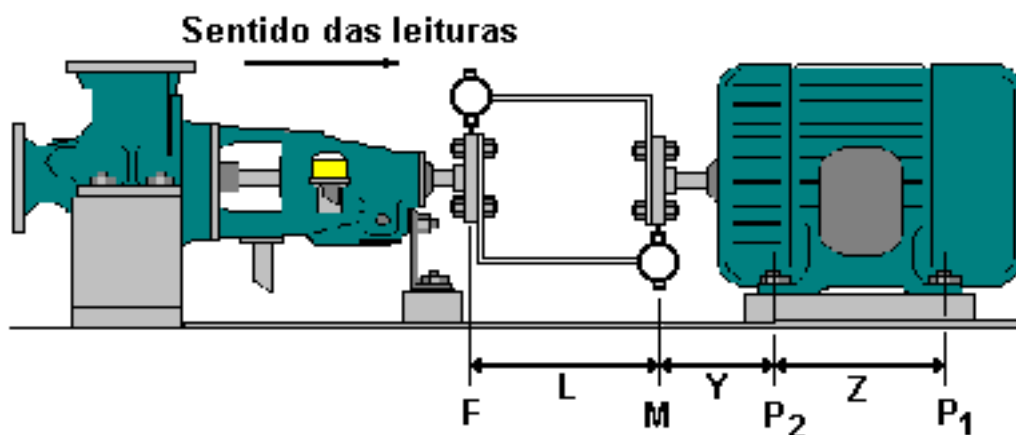
Z = distância entre a linha de centro dos pés dianteiros e a linha de centro dos pés traseiros do equipamento móvel

L = distância entre os relógios comparadores

S_{mc} = leitura do equipamento móvel

I_{fc} = leitura do equipamento fixo

O método reverso consiste na utilização de dois relógios comparadores fixados em suportes confeccionados de material rígido e área suficiente para garantir um bom apoio no eixo, sendo desta forma instalados a 180°, um em relação ao outro, e cada relógio comparador com seu apalpador em contato com acoplamentos distintos.



5. Método Radial e Axial

5.1 Introdução

Este método também é utilizado para correção dos desalinhamentos paralelos e angulares, dentro do vasto universo das máquinas rotativas não sendo muito diferente do método reverso, neste aspecto, pois emprega-se cálculos matemáticos através de fórmulas, que são subsidiadas por parâmetros encontrados nas dimensões do conjunto a ser alinhado.

$$C1 = - \frac{(Y + Z)}{2K} \times Sa + \frac{Src}{2}$$

$$C2 = - \frac{Y}{2K} \times Sa + \frac{Src}{2}$$

Onde:

C1 = correção do desalinhamento dos eixos através dos pés traseiros (P1);

C2 = correção do desalinhamento dos eixos através dos pés dianteiros (P2);

Y = distância entre o relógio da leitura radial e o centro dos pés dianteiros;

Z = distância entre a linha de centro dos pés dianteiros e a linha de centro dos pés ;
traseiros do equipamento móvel;

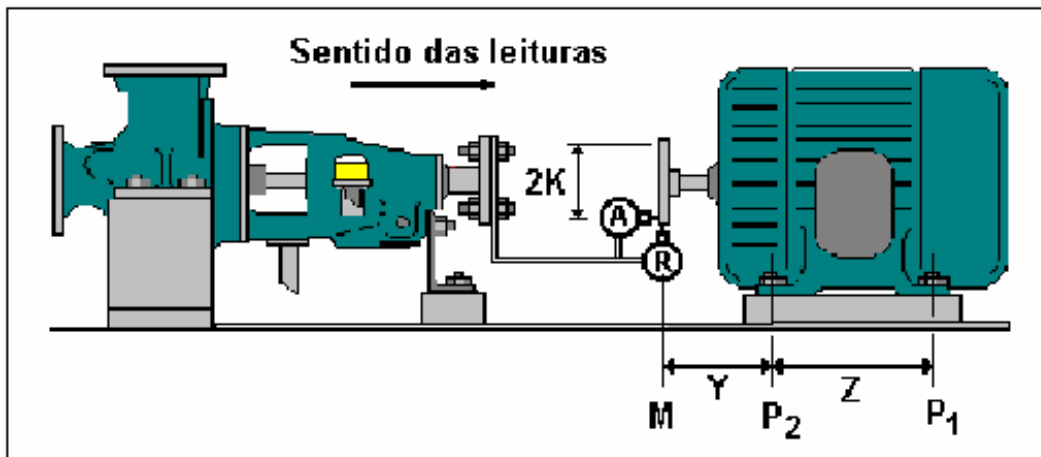
Sa = leitura do relógio angular;

Src = leitura do relógio radial;

2 K = diâmetro da leitura angular.

O método radial e axial consiste na utilização de dois relógios comparadores, um para efetuar as leituras radiais e outro as leituras axiais, fixados em suportes confeccionados de material rígido e área suficiente para garantir um bom apoio no eixo, sendo necessário um terceiro dispositivo em forma de haste, que simula a face do eixo da máquina móvel, possibilitando a leitura angular no relógio comparador, estendendo o diâmetro de leitura e conseqüentemente aumentando a precisão dos cálculos.

Veja figura a seguir:



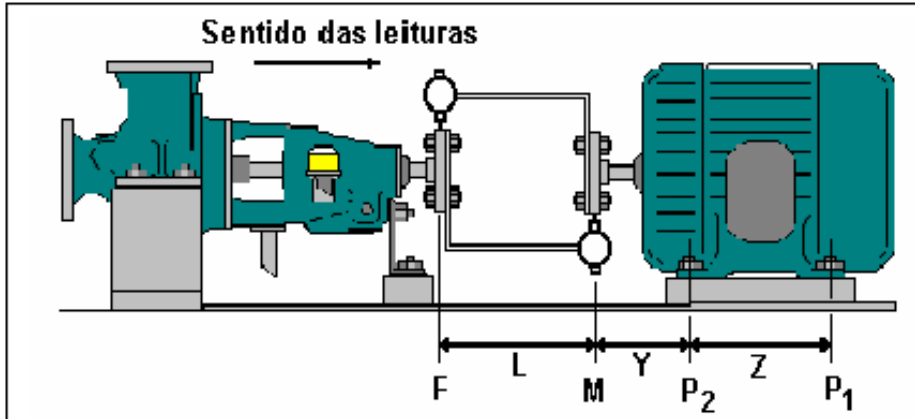
5.2 Método Gráfico

O método gráfico não sendo muito diferente dos demais métodos, também utiliza dois relógios comparadores, só que instalados radialmente e posicionados no topo.

Esse método na verdade, como já diz seu nome, possibilita a correção do alinhamento de máquinas através de informações inseridas em um gráfico, sendo este uma folha milimetrada composta por uma linha de centro, que serve como referência evidenciando a posição da máquina estacionária (fixa) e por três escalas de aproximação, dessas escalas, duas correspondem ao eixo das ordenadas, " y " (eixo vertical) e a outra corresponde ao das abscissas (eixo horizontal), " x ".

Em uma das escalas do eixo " y " cada divisão é equivalente a 0,02mm e na outra 0,04mm, já no eixo " x ", cada divisão equivale a 8mm, e é o ambiente onde são traçadas as dimensões das distâncias da máquina móvel e dos relógios comparadores.

Então, podemos dizer que na escala das ordenadas, podem ser inseridos os valores das leituras, efetuadas nos relógios comparadores, tanto do lado fixo como do lado móvel, desta forma visualizando o desalinhamento e efetuar a correção.



5.3 Método à Laser

O alinhamento perfeito dos eixos da máquina é fundamental para evitar a falha prematura dos rolamentos, fadiga do eixo, problemas de vedação e vibrações. Além disso, reduz o perigo de superaquecimento e de um consumo de energia excessivo. Os alinhadores à laser proporcionam uma forma fácil e precisa para ajustar duas unidades de uma máquina rotativa, de modo a que os eixos das unidades fiquem alinhados linearmente.

5.4 Princípio de Operação

O alinhador à laser utiliza duas unidades de medição que estão equipadas com um diodo laser e com um detector de posição. Durante a rotação dos eixos sobre 180° , qualquer desalinhamento paralelo ou angular provoca a deflexão dos dois raios em relação à sua posição inicial. As medições vindas dos dois detectores de posição, entram automaticamente no circuito lógico dentro da unidade do visor, que calcula o desalinhamento dos eixos e dá informações acerca dos valores de correção dos pés da máquina.

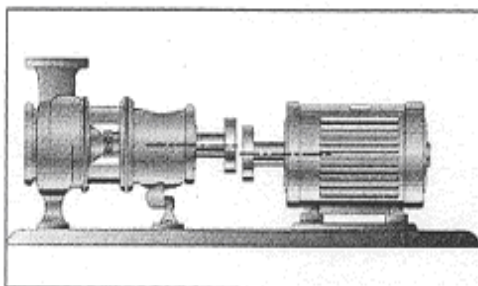


Fig. 1 Desalinhamento paralelo

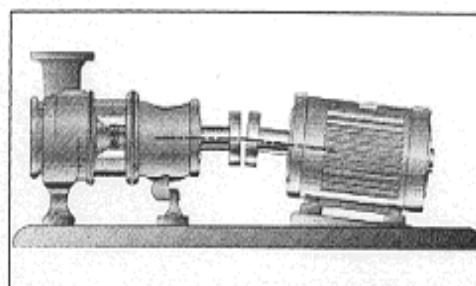


Fig. 2 Desalinhamento angular

Depois de um procedimento de medição, o equipamento mostra imediatamente o desalinhamento dos eixos e os ajustes corretivos necessários dos pés da máquina. Como os cálculos são feitos em tempo real, os ajustes também podem ser feitos em tempo real.

5.5 Configuração da Máquina

Durante o procedimento de alinhamento, iremos referir à parte da máquina que será regulada como a “Máquina móvel”. Em relação à outra parte da máquina ir-nos-emos referir como a “Máquina Estacionária”.

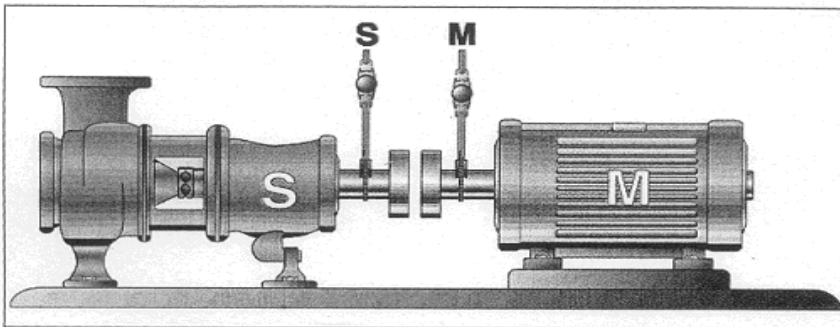


Fig.3 Máquina estacionária e máquina móvel.

5.7 Posições de Medição

Para definir as várias posições de medição durante o procedimento de alinhamento, utilizaremos a analogia de um relógio como se este fosse visto a partir da parte de trás da máquina móvel. A posição com as unidades de medição na posição para cima é referida como as 12 horas no relógio, enquanto à 90°, a esquerda ou a direita é definida como as 9 e as 3 horas.

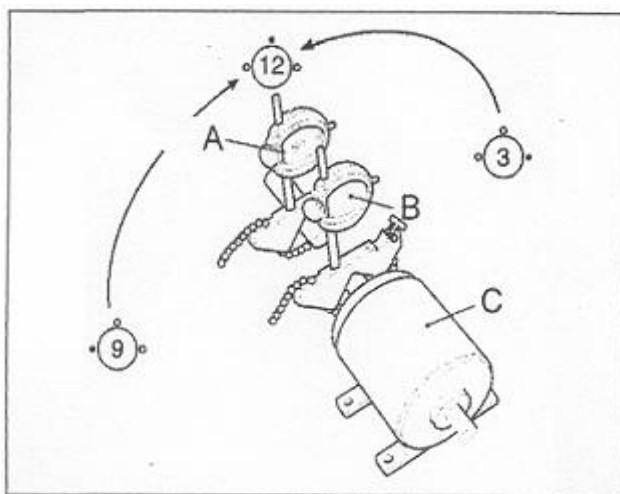


Fig. 4. A analogia de um relógio.

A. Estacionária M2 B. Móvel M1 C. Máquina móvel.

5.8 Alinhador de Eixos à Laser

Os seguintes componentes são fornecidos com o a linha d

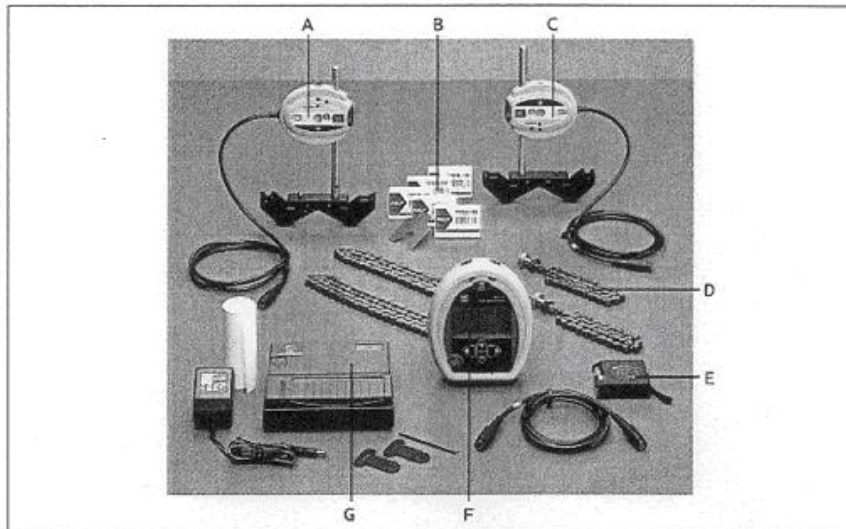
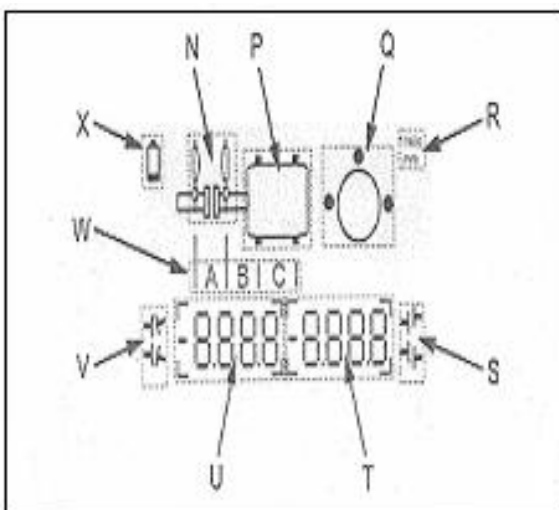


Fig. 5 Componentes do Equipamento

- | | |
|---|-----------------------------------|
| A. Unidade de medição (M) | B. Conjunto de calços |
| C. Unidade de medição (S) | D. Corrente de Bloqueio |
| E. Fita métrica | F. Unidade de visualização |
| G. Impressora | |

Podemos ver mais detalhes da unidade de visualização e do fixador mecânico na figuras na página seguinte.



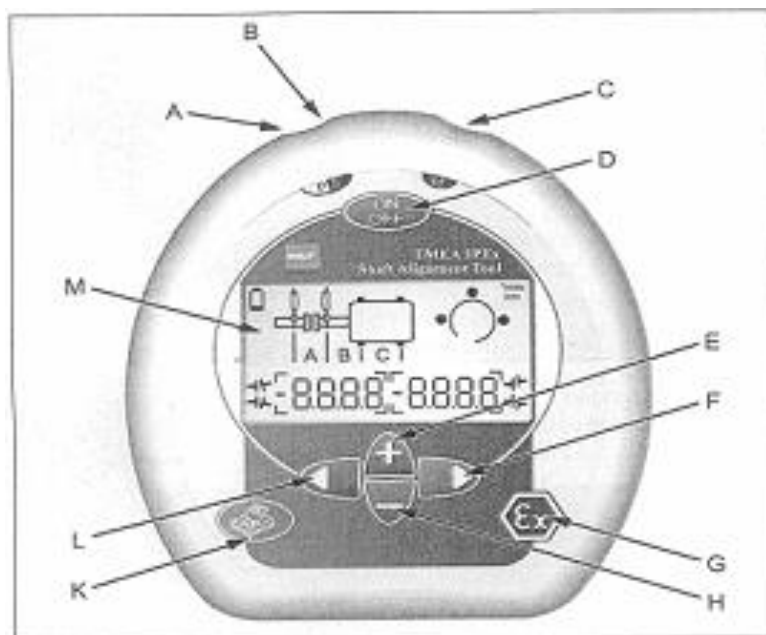


Fig. 6 Unidade de visualização

- | | |
|--|--|
| A. Conector para a impressora | P. Máquina Móvel |
| B. Conector para ligar a unidade de medição na máquina estacionária | Q. Posição (9 / 12 / 3 horas) das unidades de medição |
| C. Conector para ligar a unidade de medição na máquina móvel | R. Medidas métricas ou em polegadas |
| D. Botão LIGAR / DESLIGAR | S. Indicação de desalinhamento paralelo |
| E. Botão de aumento ou de seleção | T. Valores medidos / Data : mês dia Hora: horas e minutos |
| F. Botão “ próximo “ | U. Dimensões da máquina |
| G. Marcação Ex | V. Indicação de desalinhamento angular |
| H. Botão de diminuição ou de seleção | W. Dimensões |
| K. Botão “ imprimir “ | X. Símbolo de pilhas fracas |
| L. Botão “ anterior “ | |
| M. Visor LCD informativo | |
| N. Unidades de medição | |

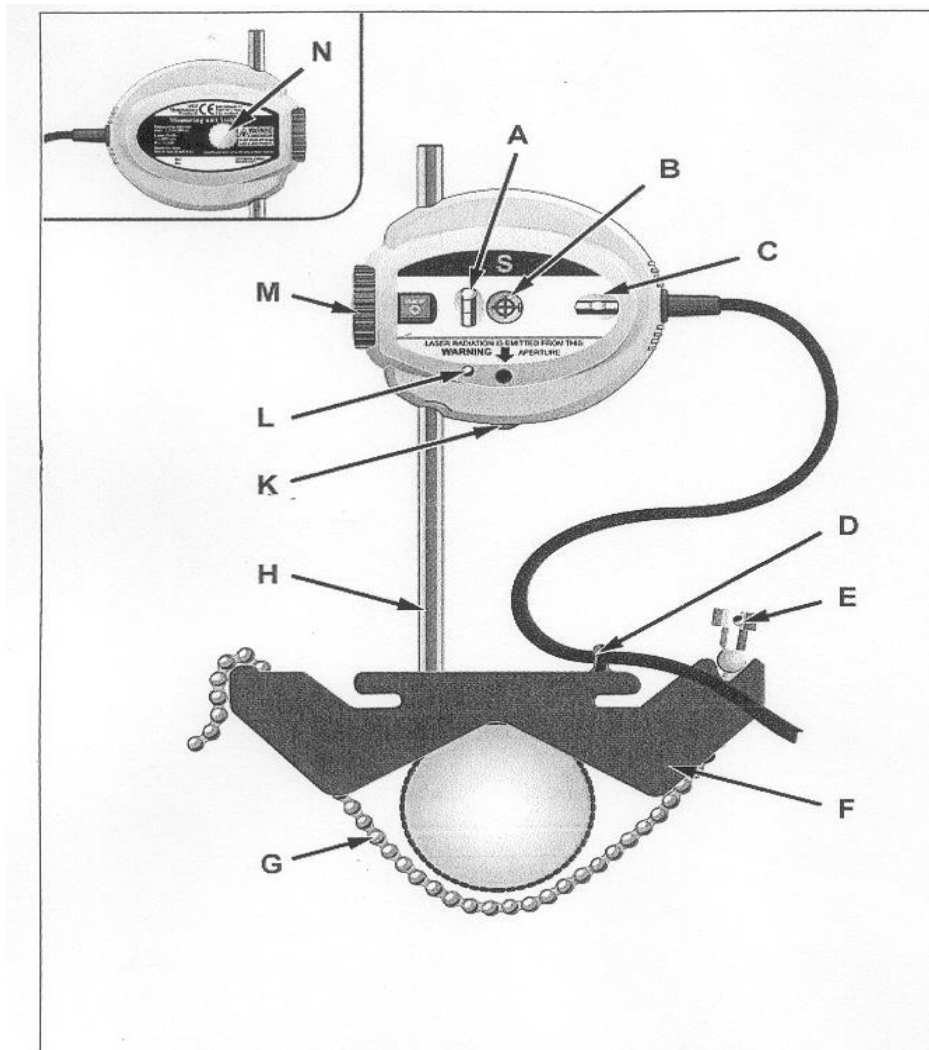


Fig. 7. Fixador mecânico com unidade de medição.

- | | |
|---|------------------------------------|
| A. Nível de bolha | H. Pino |
| B. Indicador de alvo por cima do | K. Roda para posicionamento |
| | vertical do raio laser |
| C. Nível de bolha | D. Precinta do cabo |
| L. LED de aviso | M. Rosca de fixação |
| E. Parafuso de fixação da corrente | N. Roda para posicionamento |
| F. Fixador da corrente | vertical do raio laser |
| G. Corrente de bloqueio | |

5.9 Instruções de Utilização

5.9.1 Ligação das Unidades de Medição

a) Utilize os fixadores da corrente para fixar as unidades de medição firmemente aos eixos. Certifique-se de que a unidade marcada com um “ M “ é fixa na máquina móvel e de que a unidade marcada com “ S “ é fixa à máquina estacionária. Para os diâmetros maiores que 150 mm é necessário uma corrente de prolongamento.

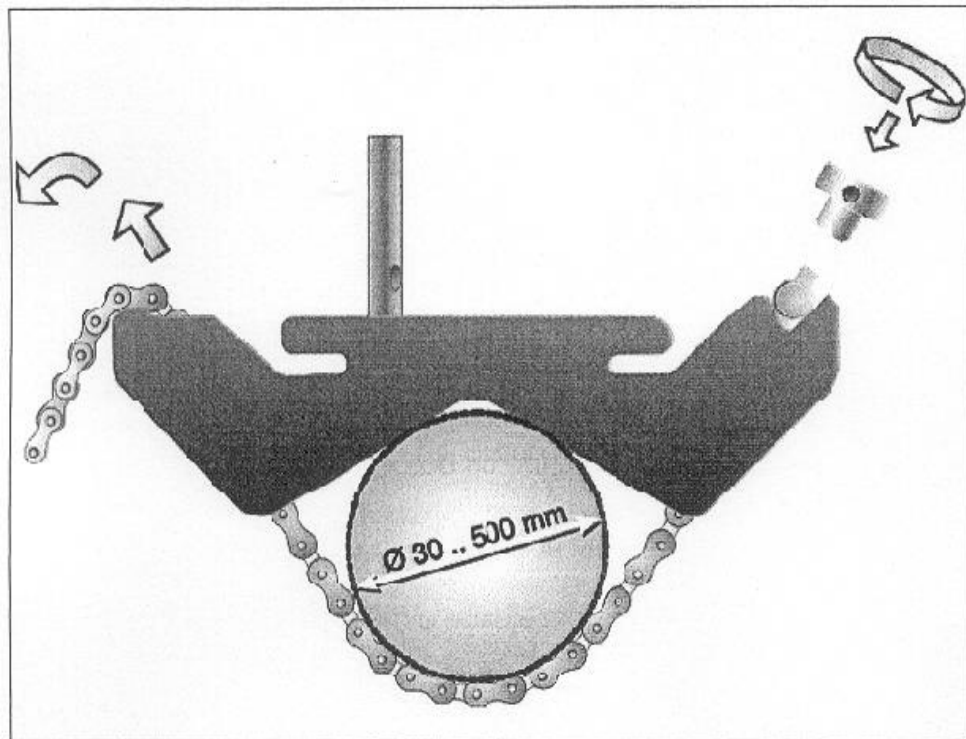


Fig. 8. Sistema de fixação mecânica.

Se não for possível montar os fixadores diretamente nos eixos, (por ex. no caso de problemas de espaço) os fixadores podem ser montados ao acoplamento.

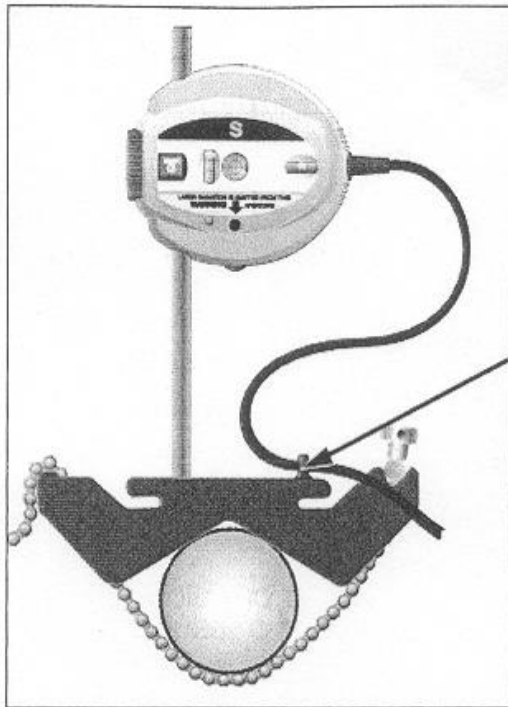


Fig. 9 Precinta do cabo

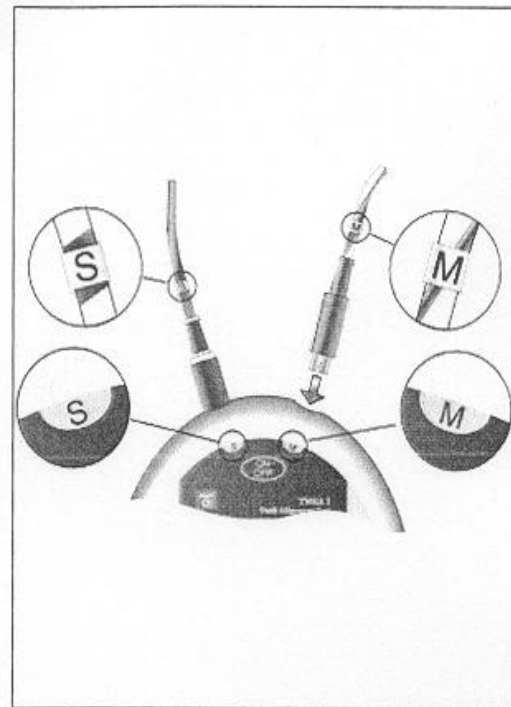


Fig. 10 Ligação das unidades

- a) Evite a existência de tensões na ligação do cabo utilizando a precinta do cabo (fig. 9).
- b) Ligue as unidades de medição à unidade do visor. Assegure-se de que a marcação nos cabos corresponde á marcação da porta na unidade do visor (fig. 10).

5.10 Ligação

Ligue a unidade de visualização carregando no botão Ligar / Desligar.

É pedido que introduza as dimensões da máquina de acordo com o cap. a seguir.

Caso não toque nenhum botão por 60 minutos, a unidade desliga-se automaticamente.

5.11 Dimensões da máquina

A confirmação da máquina está definida por três dimensões.

A: A distância entre as duas unidades de medição (medida entre as marcações do centro).

B: A distância entre as unidades de medição marcada com um “ M “ e o par dos pés dianteiros da máquina móvel.

C: A distância entre os dois pares de pés da máquina móvel.

- Introduzindo as medidas:

- a) Meça as distâncias **A**, **B** e **C**
- b) Introduza cada um dos valores através dos botões “ + “ e “ - “
- c) Confirme cada um dos valores apertando o botão “ próximo “

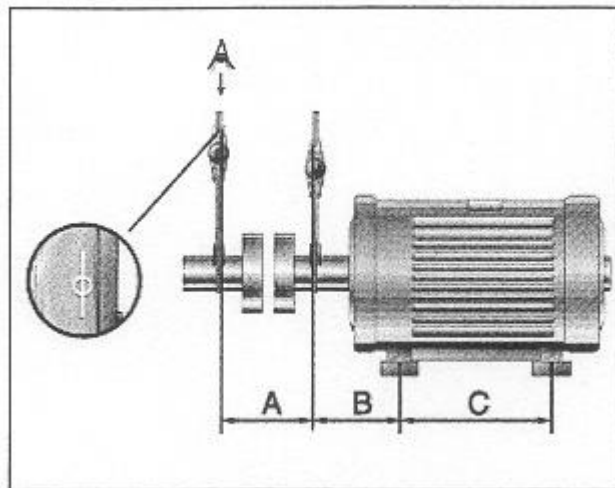


Fig. 11 Dimensões da máquina

Nota!



Se necessitar voltar para alterar os valores já introduzidos use o botão “anterior “.

5.12 Regular os raios laser

- a) Coloque as duas unidades de medição na posição 12 horas com a ajuda dos níveis de bolha (fig. 12).

b) Feche os alvos que se encontram à frente dos detectores de posicionamento (fig. 13)

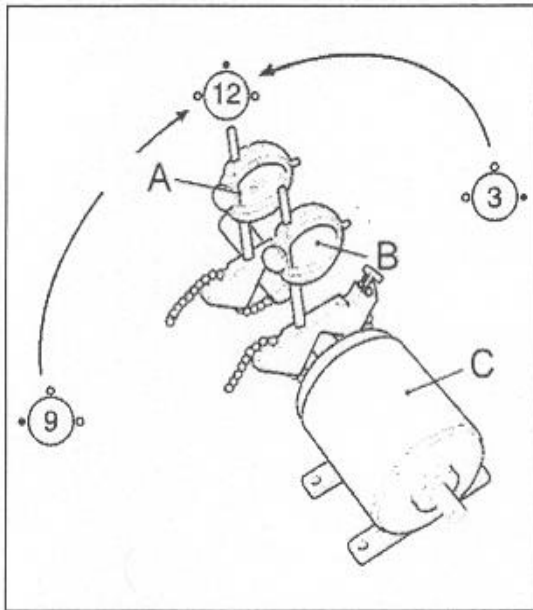


Fig. 12 A posição de 12 horas
A. Estacionária M2

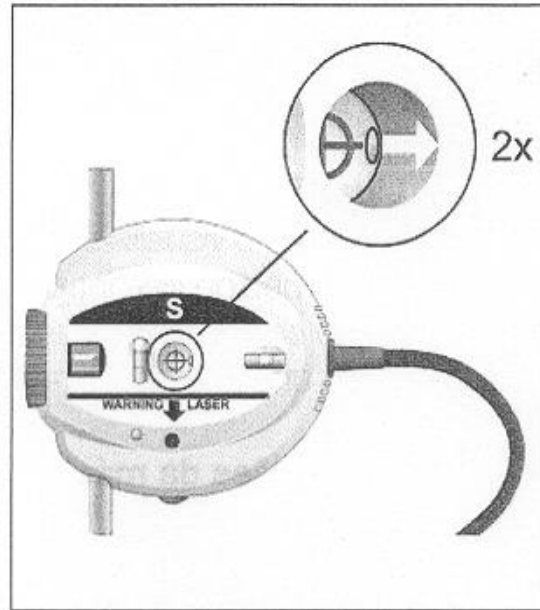


Fig. 13 Fechar os alvos
B. Móvel M1 **C.** Máquina móvel

c) Regule os raios laser de modo a que estes atinjam o centro do alvo na unidade de medição oposta (fig. 14).

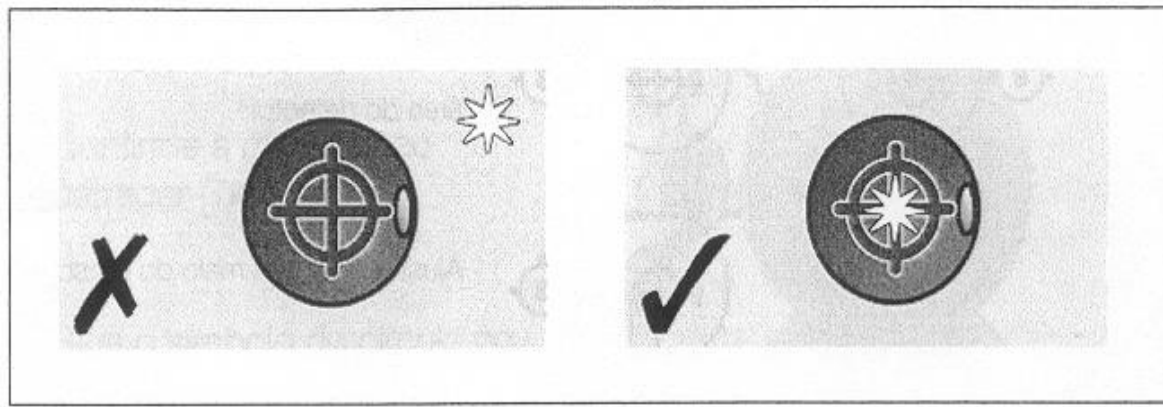


Fig. 14 Atingir o alvo

d) Para um ajuste menos preciso solte a unidade de medição ao desbloquear o botão que se encontra na parte lateral da unidade (fig. 15).

Isto permite que a unidade de medição deslize para cima e para baixo no pino e ao mesmo tempo girar livremente.

Para um ajuste preciso em altura utilize os botões de ajuste que se encontram nas unidades de medição.

e) Abra completamente os alvos.

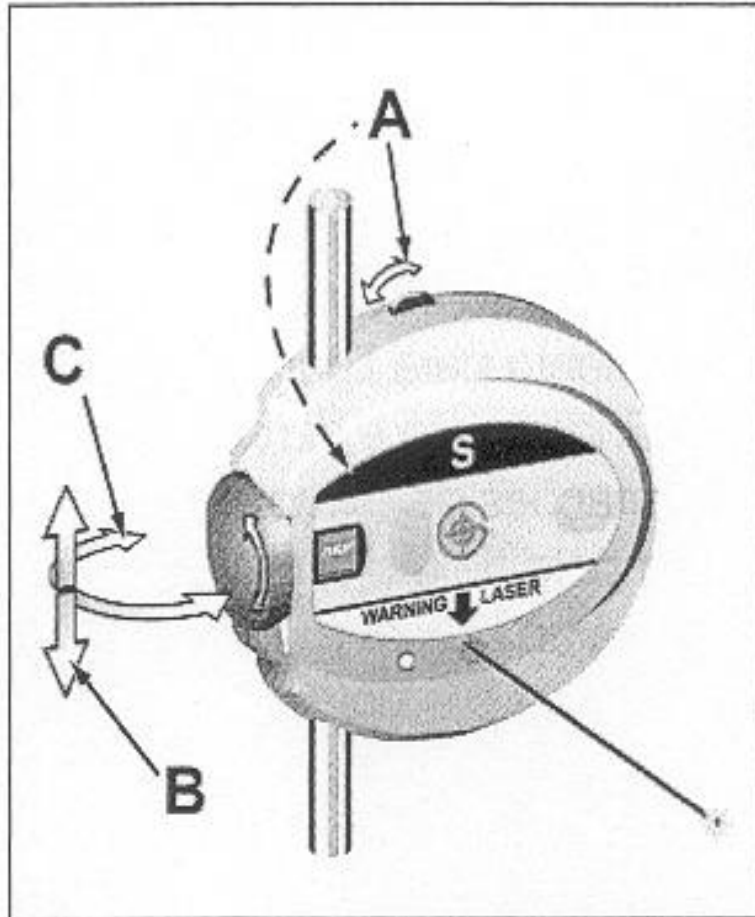


Fig. 15 Mecanismo de Ajuste

- A.** Posicionamento vertical da unidade de medição
- B.** Rotação horizontal da unidade de medição
- C.** Ajuste preciso vertical do laser

e) Se o alinhamento horizontal for muito pobre, os raios laser podem mover-se para fora das áreas dos detectores. Se isto acontecer, terá que ser feito um pré-alinhamento menos preciso.

Com os alvos fechados, posicione as unidades de medição em 9 horas.

Ajuste os raios laser no centro dos alvos. Rode as unidades de medição para a posição de 3 horas.

Ajuste os raios para a posição de meio caminho entre o alvo e a posição atual através do mecanismo de ajuste como na fig. 16.

Alinhe a máquina Móvel até que os raios atinjam o centro do alvo.

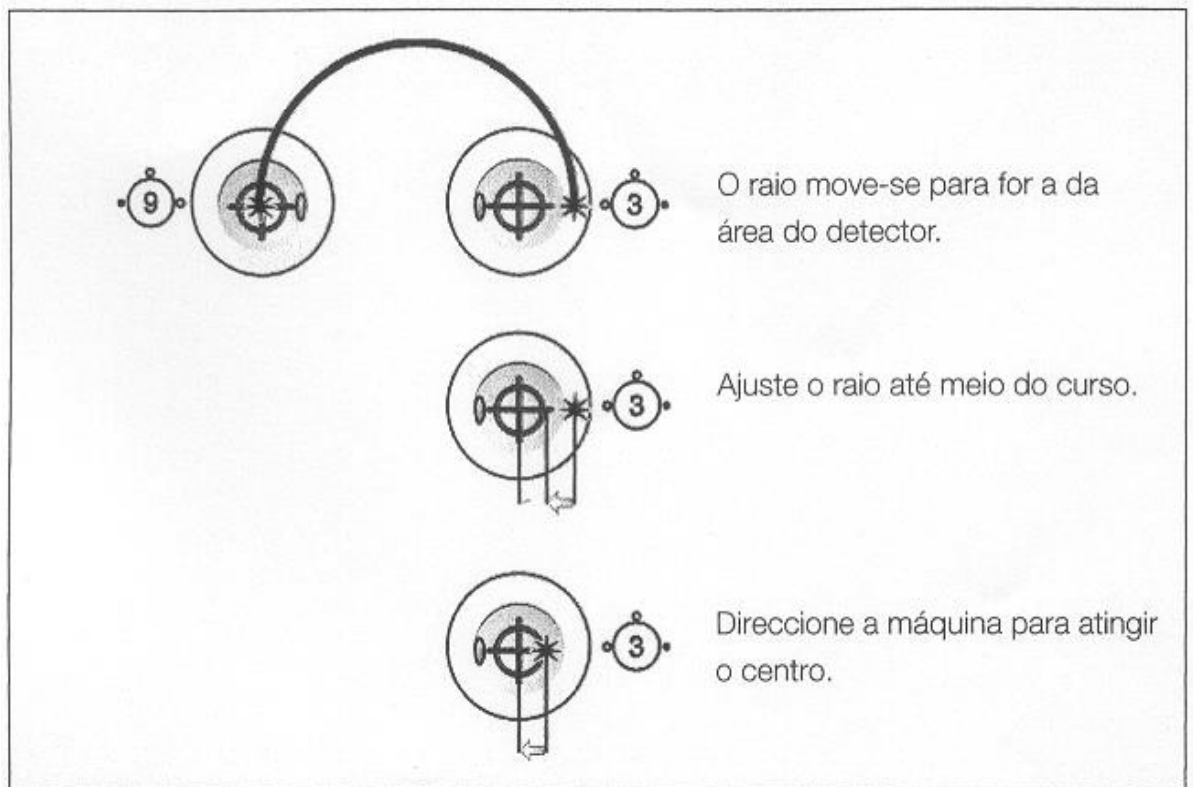


Fig. 16 Pré - Alinhamento

5.13 Seqüência de medição

Durante o ciclo de medição, os eixos são rodados 180 graus.

Qualquer movimento relativo dos raios laser durante esta rotação indica um tipo de desalinhamento.

O procedimento lógico do equipamento traduzirá este movimento para figuras de desalinhamento e dará informações de como corrigi-lo.

O símbolo de um círculo no visor ajudará ao indicar a posição necessária das unidades de medição durante cada passo (fig. 17).

Como descrito anteriormente usamos a analogia de um relógio para descrever as diferentes posições.

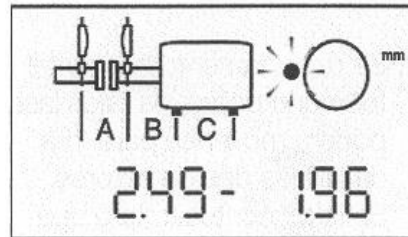


Fig. 17 O visor o guia para a posição de 9 horas

a) Ajuste as unidades de medição para a posição de 9 horas com a ajuda dos níveis de bolha (fig. 18)

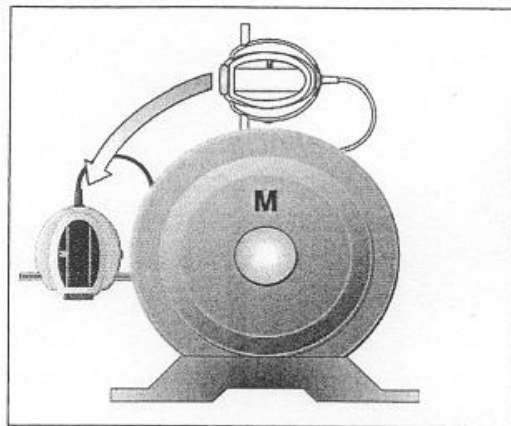


Fig. 18 Ajustar para a posição de 9 horas



b) Confirme a medição ao carregar

c) Siga o símbolo do círculo no visor e rode as unidades de medição para a posição de 3 horas (fig. 19).

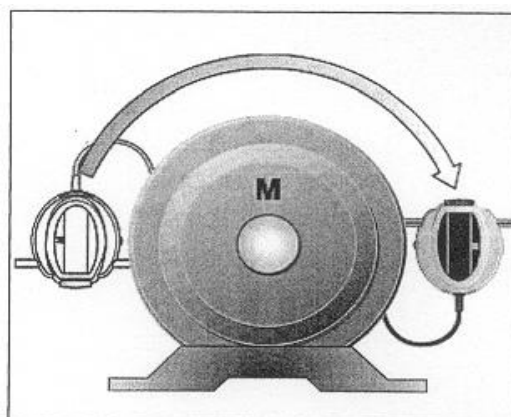


Fig. 19 Rodar para a posição de 3 horas



d) Confirme esta medição carregando.

e) Siga o símbolo do círculo para a posição de 12 horas (fig. 20)

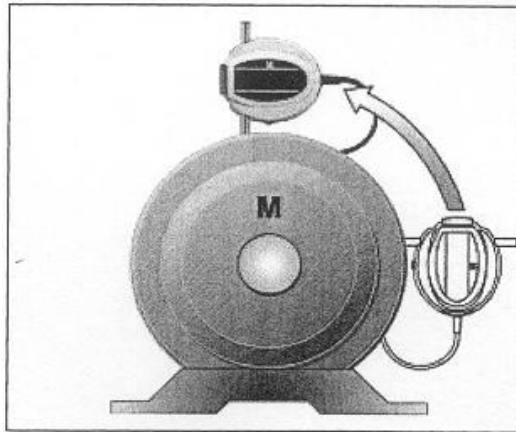


Fig. 20 Voltar para a posição de 12 horas



f) Confirme esta medição carregando.

Nota!



Ao carregar no botão “ **anterior** “, inverterá o processo para repetir qualquer um dos passos de medição ou para ajustar qualquer uma das medições da máquina.

5,14 Resultados do alinhamento

5.15 Desalinhamento Vertical

Depois de ter sido confirmada a ultima medição, é mostrado o desalinhamento das duas máquinas no plano vertical (fig. 21).

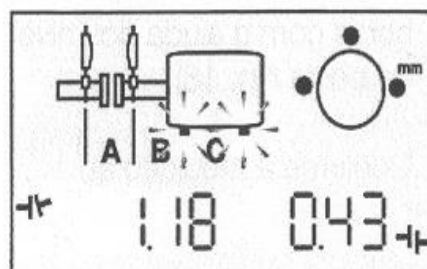


Fig. 21 Desalinhamento vertical – Valores de acoplamento

5.16 Valores de acoplamento

O valor que se encontra à esquerda no visor mostra o ângulo entre as linhas centrais dos dois eixos no plano vertical (medidos em mm / 100 mm ou 0,001” por polegada)

O valor que se encontra à direita no visor mostra o desalinhamento paralelo das duas linhas centrais no plano vertical.

Estes dois valores são os valores de acoplamento no plano vertical.

O desalinhamento da máquina deverá estar sempre dentro das tolerâncias especificadas pelo fabricante.

No caso da falta destas tolerâncias, a tabela 1 pode ser utilizada como uma linha de orientação aproximada.

Tabela 1. Máximo desalinhamento aceitável				
	\angle	\parallel	\angle	\parallel
rpm	mm/100 mm		mm	
0 - 1000	0,10		0,13	
1000 - 2000	0,08		0,10	
2000 - 3000	0,07		0,07	
3000 - 4000	0,06		0,05	
4000 - 6000	0,05		0,03	

- a) Se os valores medidos estiverem dentro das tolerâncias, a máquinas móveis não tem que ser ajustada. Continue com o desalinhamento horizontal.



Continue no capítulo **B** Desalinhamento horizontal.

- b) Se os valores medidos forem superiores às tolerâncias aceitáveis, precisamos saber quais são as correções recomendadas nos pés da máquina móvel.



Carregue no botão “ + “ para obter os valores dos pés da máquina móvel.

5.17 Alinhamento Vertical

Os valores que agora aparecem no visor indicam as posições relativas da máquina móvel quando vista de lado (fig. 22).

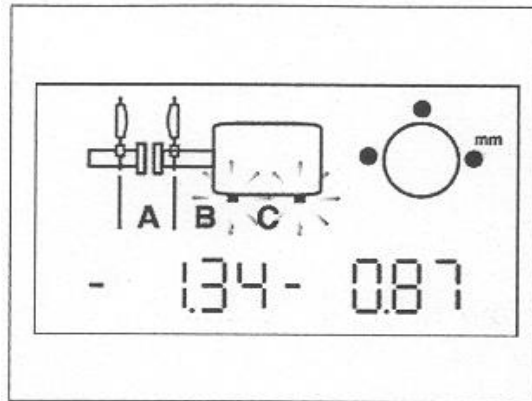


Fig. 22 – Alinhamento vertical. Valores do pé.

5.18 Valores do pé

O valor que se encontra à esquerda indica à posição relativa do par de pés dianteiros da máquina móvel e o que se encontra à direita mostra a posição relativa do par de pés traseiros.

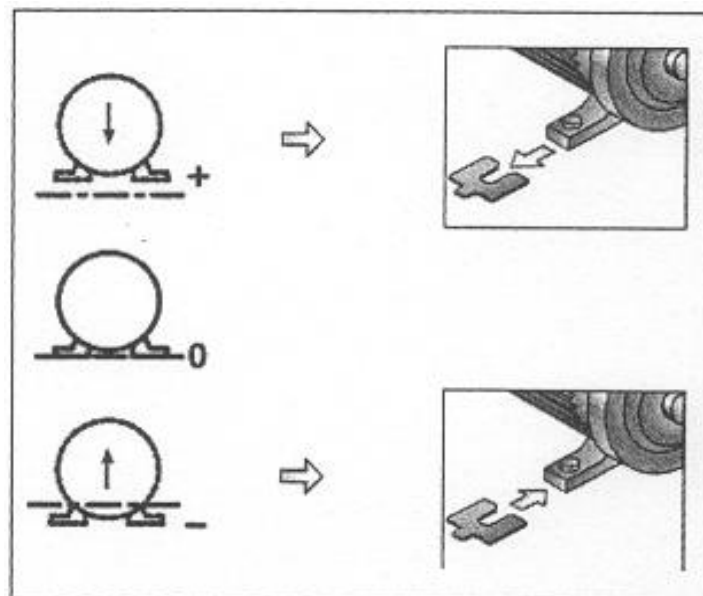


Fig. 23 – Alinhamento Vertical

Um valor positivo quer dizer que os pés estão altos demais e precisa ser baixados, enquanto que um valor negativo significa o oposto (fig. 23).

Nota!



Dará os valores do desalinhamento vertical.

Depois de ter efetuado o alinhamento vertical, aperte o botão “ próximo “ para obter o desalinhamento horizontal.

5.18 Desalinhamento horizontal

Antes de alcançar as figuras do desalinhamento horizontal, deve-se mover as unidades de medição para a posição de 3 horas (fig. 24).

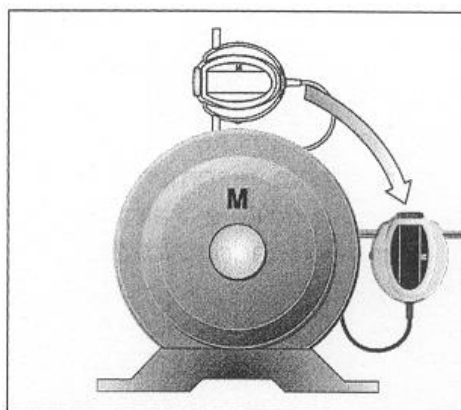


Fig. 24 – A posição de 3 horas

a) Confirme esta posição

A máquina móvel é agora vista de cima, por isso o aparecimento dos quatro pés no visor (figuras. 25 e 26).

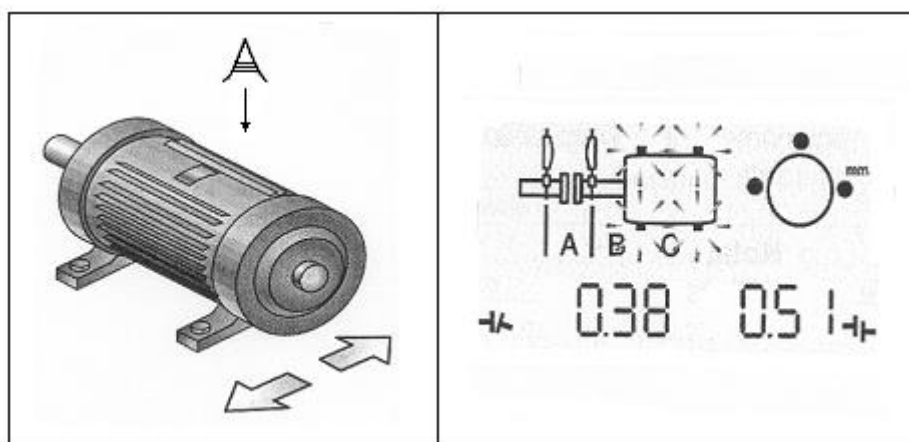


Fig. 25 – Alinhamento horizontal Fig. 26 – Desalinhamento horizontal

5.19 Valores de acoplamento

O valor que se encontra à esquerda no visor mostra o ângulo entre as linhas centrais dos eixos no plano horizontal e o que se encontra à direita mostra o desalinhamento paralelo. Estes dois valores são os valores de acoplamento no plano horizontal.

O desalinhamento da máquina deverá estar dentro das tolerâncias especificadas pelo fabricante ou tomando por base os valores da tabela 1.

Se os valores estiverem dentro das tolerâncias, não será necessário nenhum alinhamento lateral, no entanto o recomendado é fazer novamente a verificação. Caso os valores forem superiores aos aceitáveis precisamos dos valores do alinhamento.



Carregue no botão para obter os valores do pé.

5.20 Alinhamento horizontal

Os valores agora indicados no visor são as posições relativas da máquina móvel quando esta é vista de cima (fig. 27).

O valor que se encontram à esquerda é o valor para o par de pés dianteiros e os da direita são para o par de pés traseiros.

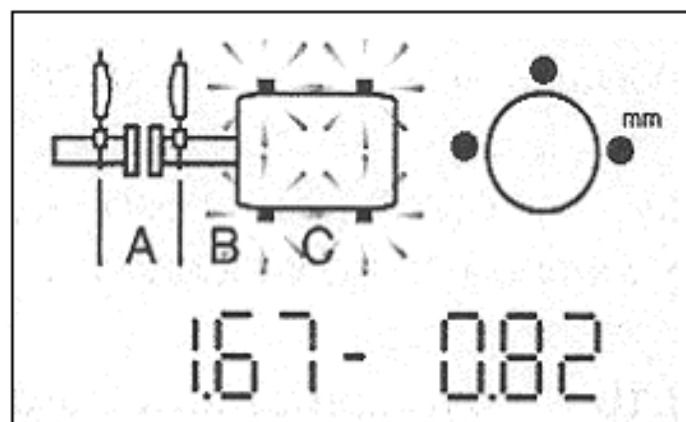


Fig. 27 – Alinhamento horizontal

5.21 Valores do pé

Os valores de alinhamento indicam o movimento de correção lateral necessário da máquina móvel (quando visto a partir da parte de trás da máquina móvel). Um valor negativo indica que os pés terão que ser movidos para a direita e um positivo que os pés terão que ser movidos para a esquerda (fig. 28).

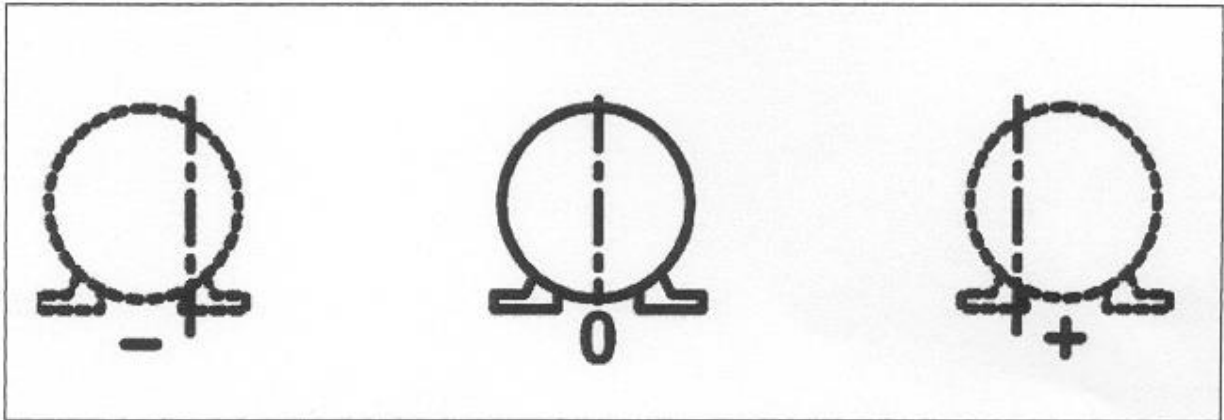


Fig. 28 – Alinhamento horizontal

Nota



Dará os valores do acoplamento horizontal



Dará os valores do acoplamento vertical

As unidades de medição terão então que serem posicionadas para a posição de 12 horas.

O procedimento é terminado se o acoplamento em ambos os planos vertical e horizontal estiver dentro das tolerâncias aceitáveis.

5.22 Verificar o alinhamento

É recomendado voltar a verificar mais uma vez o alinhamento da máquina através da execução do procedimento de medição. Para fazer isso, volte para trás através da utilização do botão “anterior” até que alcance o primeiro passo de medição (posição de 9 horas) e continue.

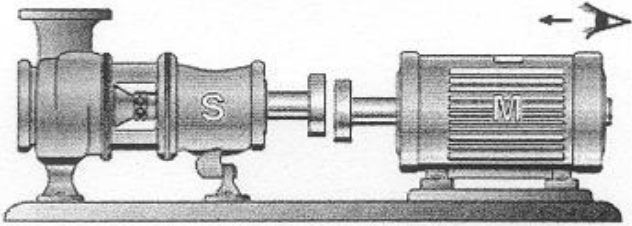
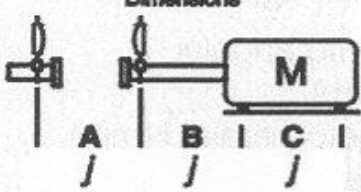
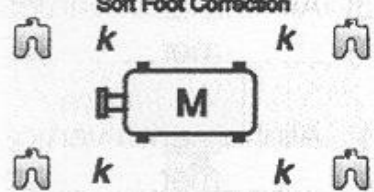
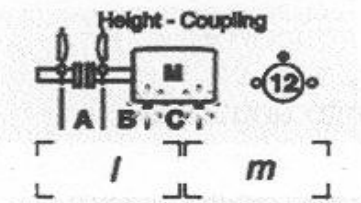
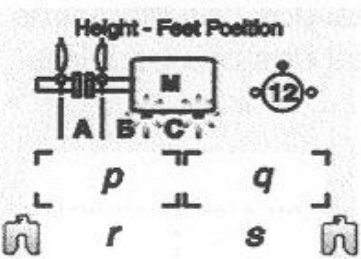
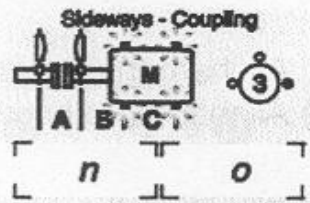
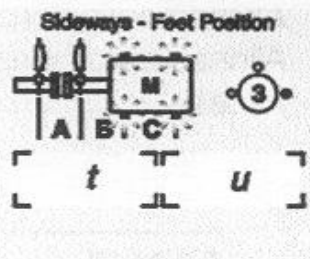
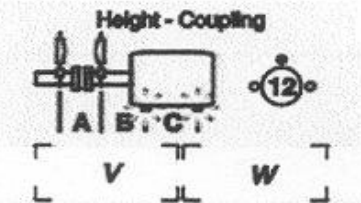
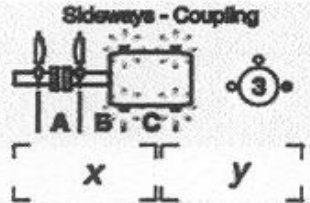
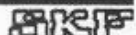
5.23 Relatório de Alinhamento

Formulário

Para facilitar o registro da operação de alinhamento, o aparelho está munido de um conjunto de relatórios de alinhamentos.

O relatório contém os seguintes campos de dados:

- a) Nome do equipamento;
- b) Nome do operador;
- c) Data;
- d) Nome e / ou referência da máquina estacionária;
- e) Nome e / ou referência da máquina móvel;
- f) Velocidade máxima de rotação;
- g) Ângulo máximo aceitável entre as linhas centrais dos eixos;
- h) Paralelo máximo aceitável das linhas centrais dos eixos;
- i) Seleção do sistema métrico ou polegada;
- j) Configuração da máquina; distâncias A, B e C;
- k) Correção do pé manco feita;
- l) Alinhamento vertical: desalinhamento angular;
- m) Alinhamento vertical: desalinhamento paralelo;
- n) Alinhamento horizontal: desalinhamento angular;
- o) Alinhamento horizontal: desalinhamento paralelo;
- p) Alinhamento vertical: posição em altura dos pés dianteiros;
- q) Alinhamento vertical: posição em altura dos pés traseiros;
- r) Espessura dos calços a serem adicionados ou retirados debaixo dos pés; dianteiros (excluindo a correção do pé-manco);
- s) Espessura dos calços a serem adicionados ou retirados debaixo dos pés; traseiros (excluindo a correção dos pé-manco);
- t) Alinhamento horizontal: posição lateral dos pés dianteiros;
- u) Alinhamento horizontal; posição lateral dos pés traseiros;
- v) Desalinhamento angular vertical restante;
- w) Desalinhamento paralelo vertical restante;
- x) Desalinhamento angular horizontal restante;
- y) Desalinhamento paralelo horizontal restante;
- z) Espaço para as próprias anotações.


<p>Machinery Equipment / Position a</p> <p>Stationary Machine Type d</p> <p>Rotational Speed f rpm</p> <p>Acceptable Coupling Values g h</p>	<p>Operator b</p> <p>Date c</p>	<p>Alignment report</p> 
		<p>Movable Machine Type e</p> <p>Measurement System mm / / inch (°/mils)</p>
<p>Dimensions</p> 	<p>Machine Configuration</p> <p style="font-size: 2em; font-weight: bold;">z</p>	<p>Soft Foot Correction</p> 
<p>Measuring Results Height</p> <p>Height - Coupling</p>  <p>Height - Feet Position</p> 	<p style="font-size: 2em; font-weight: bold;">z</p> <p style="font-size: 2em; font-weight: bold;">z</p>	<p>Measuring Results Sideways</p> <p>Sideways - Coupling</p>  <p>Sideways - Feet Position</p> 
<p>Height - Coupling</p> 	<p>Remaining Misalignment</p> <p style="font-size: 2em; font-weight: bold;">z</p>	<p>Sideways - Coupling</p> 
<p>TMEA 1 Alignment Report</p>		



5.24 Utilização Avançada

5.24.1 Pé-manco

Antes de começar com o alinhamento, é recomendado que se verifique se há pé-manco na máquina móvel. “Pé - manco” é a expressão utilizada quando a máquina não está apoiada por igual em todos os pés. Para corrigir o pé-manco atue da seguinte maneira:

1. Aperte todos os parafusos.
2. Execute todos os passos de preparação.
3. Posicione as unidades de medição na posição de 12 horas.

4. Aperte  para colocar os valores a zero no visor.

5. Aperte  e  para ignorar os passos de medição de 9 e 3 horas até alcançar a posição 12 horas no visor.

6. Aperte  e  para obter os valores do pés.

7. Desaperte um dos parafusos e controle a alteração dos valores no visor.

- Se o desvio for inferior a 0,05 mm, o pé tem um bom apoio. Aperte o parafuso e avance para o pé seguinte.
- Se o desvio for superior o pé ou o seu pé oposto na diagonal é um pé-manco. Aperte o parafuso e verifique o pé oposto na diagonal. Se o desvio for superior ao pé anteriormente apertado, então este é o pé-manco. Caso contrário, aperte o parafuso e regresse ao pé anterior oposto na diagonal. Isto é normalmente útil para tentar melhorar o apoio do pé-manco adicionando calços. Adicione a quantidade de calços correspondente ao desvio mais elevado medido.

8. Aperte e desaperte o parafuso uma vez mais para verificar se o desvio não ultrapassa os 0,05 mm.

9. Repita os passos 7 a 9 para os restantes pés.

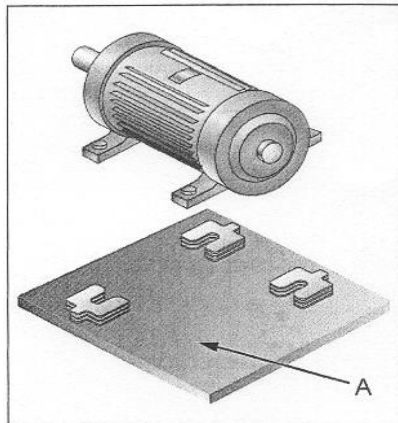


Fig. 31 Pé-manco

O pé-manco encontra-se agora verificado e corrigido. A operação de alinhamento pode agora continuar com a seqüência de medição.

5.25 Rotação Limitada

Em algumas aplicações, o espaço limitado à volta do acoplamento dos eixos impede a rotação das unidades de medição para a posição 9 ou 3 horas. Contudo ainda existe uma possibilidade de efetuar o alinhamento desde que as unidades de medição possam rodar 180°.

Execute todos os passos de preparação indicados nos capítulos 3.9.4.3.1 a 3.9.4.3.4.

Seqüência de medição:

1. A unidade de visualização indica que as unidades de medição devem ser colocadas na posição das 9 horas. Uma vez que não a pode atingir, coloque as unidades de medição na sua posição inicial (por exemplo p/ 11 horas) e



e confirme a medição precionando o botão “ **seguinte** “

2. A unidade de visualização indica que as unidades de medição devem ser colocadas na posição de 3 horas. Rode as unidades 180° (por exemplo para a posição de 5 horas)



e confirme a medição.

3. Siga o símbolo do círculo no visor e rode as unidades de medição para a posição de 12 horas. Confirme a medição. Pode agora concluir o alinhamento seguindo a seqüência de instruções indicado no capítulo “ Resultados do alinhamento “.

ALINHAMENTO - MÉTODO REVERSO		FORMULÁRIO 3A
SOLUÇÃO POR CÁLCULO		
	EQUIP _____ MEC _____ DATA ____/____/____	
$S_F = 0$ $E_F =$ $D_F =$ $I_F =$	$S_M =$ $E_M =$ $D_M =$ $I_M = 0$	RELÓGIOS GRADUADOS EM <input type="checkbox"/> 0,01 mm <input type="checkbox"/> 0,001 in L = cm Y = cm Z = cm
deflexão em F = $I_{FC} = I_F + \text{deflexão em F} =$ <input type="checkbox"/> $S_F + I_F =$ O.K. $E_F + D_F =$ $U_1 = E_F - D_F =$	deflexão em M = $S_{MC} = S_M - \text{deflexão em M} =$ <input type="checkbox"/> $S_M + I_M =$ O.K. $E_M + D_M =$ $U_2 = D_M - E_M =$	
CORREÇÕES VERTICAIS		
$\text{Calço em } P_1 = - \left[\frac{(Y+Z)}{L} \times \frac{(S_{MC} - I_{FC})}{2} + \frac{S_{MC}}{2} \right] =$ $\text{Calço em } P_2 = - \left[-\frac{Y}{L} \times \frac{(S_{MC} - I_{FC})}{2} + \frac{S_{MC}}{2} \right] =$		
(+) colocar calços (-) retirar calços		
CORREÇÕES HORIZONTAIS		
$\text{Desloc. em } P_1 = - \left[\frac{(Y+Z)}{L} \times \frac{(U_2 - U_1)}{2} + \frac{U_2}{2} \right] =$ $\text{Desloc. em } P_2 = - \left[-\frac{Y}{L} \times \frac{(U_2 - U_1)}{2} + \frac{U_2}{2} \right] =$		
(+) deslocar p/ direita (-) deslocar p/ esquerda		

ALINHAMENTO - MÉTODO RADIAL E AXIAL SOLUÇÃO POR CÁLCULO		FORMULÁRIO 1A
	EQUIP _____ MEC _____ DATA ____/____/____ RELÓGIOS GRADUADOS EM <input type="checkbox"/> 0,01 mm <input type="checkbox"/> 0,001 in 2K = cm Y = cm Z = cm <input type="checkbox"/> $\left\{ \begin{array}{l} S_R + I_R = \\ E_R + D_R = \end{array} \right.$ <input type="checkbox"/> $\left\{ \begin{array}{l} S_A + I_A = \\ E_A + D_A = \end{array} \right.$	
Deflexão da haste = + $S_{Rc} = S_R - \text{leitura da deflexão} =$	$X_1 = D_A - E_A =$ $X_2 = \frac{D_R - E_R}{2} =$	
CORREÇÕES VERTICAIS		
Calço em $P_1 = - \left[\frac{(Y+Z)}{2K} \times S_A + \frac{S_{Rc}}{2} \right] =$ Calço em $P_2 = - \left[\frac{Y}{2K} \times S_A + \frac{S_{Rc}}{2} \right] =$		
Sinal positivo (+) colocar calços	Sinal negativo (-) retirar calços	
CORREÇÕES HORIZONTAIS		
Desloc. em $P_1 = - \left[\frac{(Y+Z)}{2K} \times X_1 + X_2 \right] =$ Desloc. em $P_2 = - \left[\frac{Y}{2K} \times X_1 + X_2 \right] =$		
Sinal positivo (+) deslocar p/ direita	Sinal negativo (-) deslocar p/ esquerda	

6.0 Referências

Trabalho editado a partir de conteúdos extraídos da *Intranet* por meios Educacionais da Gerência de Educação da diretoria Técnica do SENAI – SP.