

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
CÉSAR FERNANDO CASCARDO DE NIEMEYER

**ALINHAMENTO DO SISTEMA DE PROPULSÃO  
TIPO CODOG DE UMA CORVETA**

FICHA CATALOGráfICA

MIEYER, César Fernando. Alinhamento do sistema de propulsão tipo CODOG de uma corveta. São Paulo, 2011.  
100p.  
Tratamento de águas e efluentes. 2. nível de ensino superior. 4. edição. São Paulo, 2011. Universidade de São Paulo. Faculdade de Engenharia. USP.

SÃO PAULO

2011

**CÉSAR FERNANDO CASCARDO DE NIEMEYER**

**ALINHAMENTO DO SISTEMA DE PROPULSÃO  
TIPO CODOG DE UMA CORVETA**

Monografia apresentada à Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo  
para obtenção do título de pós-graduado  
no Curso de Gestão e Tecnologia em  
Construção Naval.

**SÃO PAULO  
2011**

**CÉSAR FERNANDO CASCARDO DE NIEMEYER**

**ALINHAMENTO DO SISTEMA DE PROPULSÃO  
TIPO CODOG DE UMA CORVETA**

Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de pós-graduado no Curso de Gestão e Tecnologia em Construção Naval.

Área de Concentração: Gestão e Tecnologia em Construção Naval.

Orientador: Professor Dr. Célio Taniguchi.

**SÃO PAULO  
2011**

## **DEDICATÓRIA**

**Dedico este trabalho à minha mulher  
Cláudia, e aos meus filhos Pedro,  
Eduardo e Marianna.**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Engenheiro Darwin Monteiro da Silva Filho, e ao Mestre Arthur de Souza Lemos que contribuíram significativamente transmitindo suas experiências durante a elaboração deste trabalho. Agradeço ao meu orientador professor Doutor Célio Taniguchi pela atenção e tranquilidade dispensadas no desenvolvimento da minha monografia.

## **RESUMO**

Esta monografia tem como objetivo abordar os cuidados e procedimentos a serem seguidos no processo de alinhamento do sistema de propulsão tipo CODOG, durante a construção de uma CORVETA equipada com este tipo de sistema de propulsão, composto por uma turbina à gás e dois motores diesel. Ela foi realizada com a finalidade de cumprir o requisito de desenvolvimento de monografia como parte do programa do curso de Pós Graduação Lato Sensu de Gestão e Tecnologia em Construção Naval, oferecido pelo convênio entre o Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da EP USP e a Marinha do Brasil, para obtenção do título de pós-graduado. Inicialmente, serão apresentadas as características da CORVETA e do sistema de propulsão CODOG, e, a seguir, o trabalho, que vai se desenvolver a partir do término da edificação dos blocos que compõem a estrutura do navio na carreira, que é a fase a partir da qual ocorre a concentração dos serviços de máquinas e redes, uma vez que não foi adotado o conceito de edificação dos blocos já com pré-equipagem avançada, e sim o método de construção sequencial, devido à indisponibilidade de planos e materiais no momento da fabricação dos blocos. Será apresentada a configuração do navio com informações dos sistemas, testes que deverão estar concluídos, e cuidados, a serem tomados para liberação da popa para mecânicos. Será também apresentado o procedimento de alinhamento do sistema de propulsão tipo CODOG que vai equipar a referida embarcação.

## **ABSTRACT**

The objective of this work is to approach the care and procedures which should be followed during the shaft alignment of a CODOG propulsion system. It is based on the construction of a Corvette with a Codog propulsion system, which has one turbine and two diesel engines. Initially, the characteristics of both the Corvette and the Codog propulsion system will be presented. The procedure's description will start from the end of the bloom building and the beginning of the gear and network assembly in the slipway, since the sequential assembly method was adopted. This method was chosen because the necessary planning and material were not available when the blooms were produced. The ship's set up and its information systems, tests and checkups - which must be done before the mechanics are allowed to work in the stern - will be presented. The shaft alignment procedures will also be presented. This work was developed as part of the *latu sensu* post-graduation program in Technology and Management in Naval Construction, offered by an agreement between the Oceanic and Naval Engineering Department of EP USP and the Brazilian Navy.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Desenho do sistema de propulsão Codog .....	18
Figura 2 - Fluxograma de liberação da popa para mecânicos .....	20
Figura 3 - Bujão calibrado com furo de 0,5 mm para montagem nas cadeiras de alinhamento.....	23
Figura 4 - Bujão calibrado com furo de 0,5 mm para montagem nas cadeiras de alinhamento (vista lateral) .....	24
Figura 5 – Luneta. No detalhe o botão de medida do desvio .....	24
Figura 6 - Luneta (detalhe do botão de ajuste do foco).....	25
Figura 7 - Acessórios para montagem e alinhamento da luneta .....	25
Figura 8 - Acessórios para montagem e alinhamento da luneta .....	26
Figura 9 - Acessórios para montagem e alinhamento da luneta .....	26
Figura 10 - Detalhe da estrutura de balizamento de ré, onde é possível ver a aranha de alinhamento da luneta .....	27
Figura 11 - Cadeira de alinhamento .....	30
Figura 12 - Desenho da régua de ângulo.....	31
Figura 13 - Detalhe da correção da catenária .....	35
Figura 14 - Detalhe do posicionamento das cadeiras de referência para alinhamento dos mancais internos das linhas de eixos.....	46
Figura 15 - Desenho dos mancais internos.....	51
Figura 16 - Detalhe dos calços dos mancais internos .....	52
Figura 17 - Acoplamento eixo-redutora (detalhe da posição relativa final).....	55
Figura 18 – Esquema de aproximação e do posicionamento dos relógios comparadores para alinhamento (fonte: SKF, 2011, modificado) .....	55
Figura 19 - Acoplamento módulo secundário/primário .....	56
Figura 20 - Cotas de alinhamento da redutora.....	56
Figura 21 - Tabela de coef. de influência e cargas dos mancais com o sistema completo e navio flutuando .....	58
Figura 22 - Bucha montada excêntrica para correção do alinhamento .....	61

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Relação entre desalinhamento e aumento do consumo de energia (fonte: SKF, 2011).....	13
Gráfico 2 - Relação entre desalinhamento e vida do mancal (fonte: SKF, 2011).....	13

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

**BB – Bombordo**

**BE - Boreste**

**Codog – *Combined Diesel or Gas***

**CV – Caverna**

**HPC – Hélice de Passo Controlável**

**MCP – Motor de Combustão Principal**

**PMAR – Praça de Máquinas Auxiliar de Ré**

**PMAV – Praça de Máquinas Auxiliar de Vante**

**PMR – Praça de Máquinas de Ré**

**PMV – Praça de Máquinas de Vante**

**TG – Turbina a Gás**

## ÍNDICE GERAL

INTRODUÇÃO .....	12
1 METODOLOGIA.....	14
2 ESTUDO DE CASO: ALINHAMENTO DO SISTEMA DE PROPULSÃO CODOG DE UMA CORVETA .....	15
2.1 Características da Corveta .....	15
2.2 Características do sistema Codog.....	16
2.3 Instalação dos sistemas de máquinas.....	16
2.4 Procedimentos para o alinhamento do sistema de propulsão: fase 1 .....	18
2.4.1 Fluxograma de liberação da popa para mecânica .....	19
2.4.2 Preparação para batimentos de linha – considerações gerais .....	22
2.4.3 Primeiro batimento de linha com corda de piano.....	32
2.4.4 Segundo batimento de linha com corda de piano .....	33
2.4.5 Terceiro batimento de linha.....	37
2.5 Procedimentos para o alinhamento do sistema de propulsão: fase 2 .....	41
2.5.1 Quarto batimento de linha.....	42
2.5.2 Embarque dos eixos propulsores e preparação para o lançamento do navio. ....	46
2.5.3 Primeira e segunda verificação de cargas dos mancais internos dos eixos..	47
2.5.4 Alinhamento e calçamento da redutora .....	53
2.5.5 Verificação do contato de dentes após instalação do conjunto redutor.....	57
2.5.6 Terceira verificação das cargas dos mancais.....	57
2.5.7 Alinhamento dos motores de combustão principais .....	58
2.5.8 Alinhamento da turbina a gás .....	60
2.6 Referências a problemas ocorridos .....	60
PALAVRAS FINAIS.....	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
ANEXO 1: Estruturas de Balizamento de Vante e de Ré.....	64
ANEXO 2: Croqui da régua e posicionamento .....	65
ANEXO 3: Posição das cadeiras auxiliares de referência e estruturas de balisamento para alinhamento .....	66
ANEXO 4: Arranjo das linhas de eixos.....	67

## INTRODUÇÃO

Esta monografia trata de uma especificação detalhada do alinhamento do sistema de propulsão tipo Codog (combined diesel or gas) de uma corveta, com ênfase nos cuidados e procedimentos a serem observados durante o alinhamento do sistema de propulsão.

Ela está focada no objetivo de transmitir ao responsável pelo alinhamento do sistema de propulsão, informações valiosas obtidas ao longo de vários anos de experiência em construção naval, visando um funcionamento ótimo, duradouro e livre de problemas durante o período operativo do navio. Encontram-se aqui especificadas as fases, as recomendações, e as condições necessárias ao correto alinhamento de bases; equipamentos e acessórios internos e externos ao casco que integram o sistema de propulsão, de modo que o caminho a ser seguido seja de fácil execução e o resultado final positivo. Estão incluídos também os cuidados durante a execução do procedimento, para que se tenha, ao final do processo, um sistema perfeitamente alinhado de acordo com as especificações e tolerâncias definidas no projeto.

Segundo a SKF (2011). As possíveis conseqüências de um desalinhamento de eixo podem ser prejudiciais ao projeto como um todo, incluindo, dentre outras:

- Aumento do atrito, acarretando maior consumo de energia;
- Falência prematura do mancal e dos selos de óleo;
- Falência prematura do eixo e de seu acoplamento;
- Vazamento excessivo de óleo lubrificante pelos selos;
- Falência do acoplamento e dos parafusos; e
- Aumento da vibração e do ruído.

Os gráficos 1 e 2 apresentam, esquematicamente, alguns efeitos qualitativos devidos ao “grau de desalinhamento” do sistema propulsor de embarcações.

### Redução de desalinhamento (economia de energia)



Gráfico 1 - Relação entre desalinhamento e aumento do consumo de energia (fonte: SKF, 2011)

### Redução de desalinhamento (aumento da vida útil dos mancais)



Gráfico 2 - Relação entre desalinhamento e vida do mancal (fonte: SKF, 2011)

O correto cumprimento deste procedimento implicará, certamente, em um funcionamento ótimo do sistema, garantindo maior durabilidade, redução da frequência de manutenção corretiva, inexistência de ruídos e vibrações, proporcionando funcionamento suave, redução do desgaste das engrenagens da redutora, evitando a perda de potência na transmissão, e outros problemas, que normalmente ocorrem devido ao mau alinhamento.

## 1 METODOLOGIA

Como mencionado anteriormente, este trabalho visa proporcionar ao responsável pelo alinhamento do sistema de propulsão, uma visão clara e objetiva do procedimento a ser seguido naquela operação.

Para tanto, e devido à dificuldade de se encontrar material disponível sobre um assunto tão específico, esta monografia se baseia no estudo de caso do alinhamento do sistema de propulsão tipo Codog de uma corveta, na experiência profissional do autor deste trabalho, de outros engenheiros, e dos mestres de máquinas que durante mais de 30 anos trabalharam em alinhamento de sistemas de propulsão de diversos tipos de navios, obtendo, de forma empírica, ao longo desses anos de experiência, um padrão excelente neste tipo de procedimento.

Dada a dificuldade de se encontrar material bibliográfico sobre este processo, esses mestres e engenheiros foram obrigados a desenvolver esta técnica de modo empírico, por meio de erros e acertos. Infelizmente não existe registro deste procedimento específico, bem como não foi encontrado nenhuma documentação oficial de procedimento similar no Brasil.

As informações recolhidas e relatadas foram em grande parte obtidas por meio de entrevistas e de uma apostila sobre alinhamento, ainda não publicada, que foi elaborada pelo professor e engenheiro mecânico Darwin Monteiro da Silva Filho, provavelmente o maior conhecedor de alinhamento de sistemas de propulsão no Brasil. Parte do assunto referente a este trabalho, que foi possível encontrar na bibliografia, está em acordo com as informações aqui contidas.

## 2 ESTUDO DE CASO: ALINHAMENTO DO SISTEMA DE PROPULSÃO CODOG DE UMA CORVETA

### 2.1 Características da Corveta

A corveta em estudo tem características, em suas linhas gerais, semelhantes às Corvetas de classe anterior, inseridas apenas alterações decorrentes da modernização do projeto, fundamentadas na avaliação daqueles navios. Ela foi projetada para realizar operações de escolta, de esclarecimento, de bloqueio, ações anti-superfície, ações anti-submarino, entre outras.

Características principais da corveta:

Comprimento total .....	103,40 metros
Comprimento entre perpendiculares.....	94,20 metros
Boca moldada.....	11,40 metros
Calado carregado .....	3,95 metros
Pontal .....	6,70 metros
Deslocamento carregado.....	2350 toneladas
Deslocamento leve .....	1944 toneladas
Raio de ação a 15 nós.....	4000 milhas náuticas
Autonomia sem reabastecimento de provisões .....	30 dias
Espessura das chapas de fundo (exceto quilha).....	6,3 e 9,0 mm
Sistema de propulsão .....	CODOG
Velocidade máxima com turbina.....	27 nós
Velocidade máxima com um motor.....	14 nós
Velocidade máxima com dois motores .....	21 nós
Potência de cada motor diesel da propulsão.....	5.250 KW
	(= 7.000 BHP a 1.300 rpm)
Potência da turbina a gás da propulsão .....	22.000 KW
	(= 29.500 BHP a 3.600 rpm)

Redutora (relação de redução):.....	módulo primário = 2,1915 / 1; e módulo secundário = 6,0606 / 1
Escorregamento no acoplamento fluido .....	1,9 %
Comprimento das linhas de eixos.....	36 metros
Diâmetro médio dos eixos .....	400 mm
Diâmetro dos hélices .....	3.300 mm
Rotação máxima dos eixos com motores diesel.....	210,4 rpm
Rotação máxima dos eixos com turbina .....	271 rpm
Potência de cada diesel gerador (quatro unidades):	650 KVA (440 volts, 60 Hz)

## 2.2 Características do sistema Codog

O sistema de propulsão Diesel ou gás combinado (CODOG) é um tipo de sistema de propulsão para navios que requerem velocidades máximas elevadas para interceptação ou evasão, quando é usado o modo turbina, e economia, modo diesel, para velocidades de cruzeiro. Navios de guerra como fragatas e corvetas, principalmente os modernos, utilizam este tipo de sistema.

## 2.3 Instalação dos sistemas de máquinas

A construção de uma corveta, que em geral possui linhas de eixos longas e cujo sistema de propulsão está localizado à meia nau, é iniciada tendo em mente a prontificação das atividades que interferem no alinhamento dos eixos, principalmente soldagens significativas e desempenos na região compreendida entre a base da turbina e popa. Todos os trabalhos devem, desde o início, visar a prontificação do sistema de propulsão. Para isto, é necessário que a estrutura esteja totalmente edificada e as soldas de bases de equipamentos e nas áreas que possam provocar contrações nas regiões dos mancais internos e pés de galinha estejam concluídas.

A duração estimada, a partir da edificação dos blocos na carreira, dos trabalhos a quente, testes de tanques na região da popa, alinhamento e soldagem dos pés de galinha é de um ano.

Após a liberação da popa para mecânica, iniciam-se os serviços de alinhamento e instalação definitiva dos mancais refrigerados a água, juntamente com o alinhamento dos mancais lubrificados a óleo dentro das praças de máquinas. Concluído o alinhamento desses mancais internos e externos, removem-se as cadeiras auxiliares de alinhamento e realiza-se o embarque e a instalação dos eixos propulsores. Até esta fase, os trabalhos são realizados com o navio na carreira. Depois do lançamento do navio na água, as cargas dos mancais internos e dos flanges de acoplamento são verificadas e corrigidas, passando-se para o alinhamento dos módulos secundários, e primários, o alinhamento dos motores principais e o alinhamento da turbina a gás. Todo esse processo dura aproximadamente dois anos.

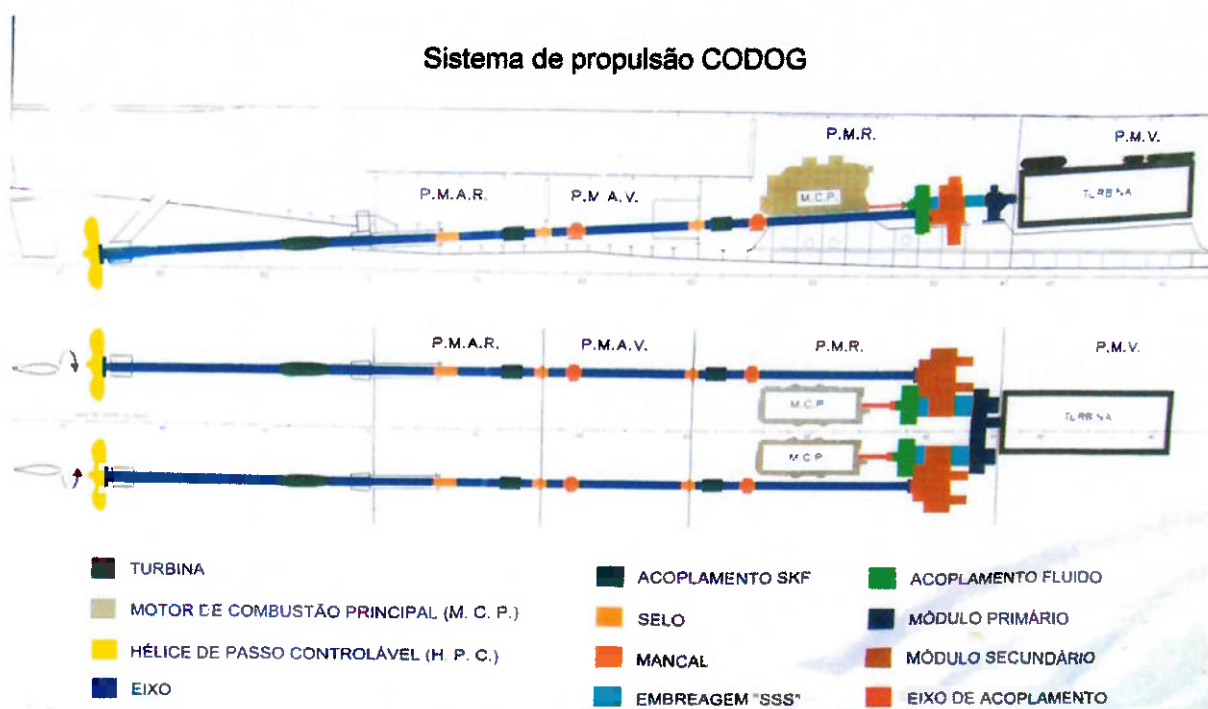
Todos os outros trabalhos devem ser planejados e executados em paralelo, visando à conclusão junto com o sistema de propulsão. Todas as ações devem ser direcionadas para restar exclusivamente as provas de cais e mar para serem executadas após a conclusão do sistema de propulsão. Embora o tempo de construção da corveta tenha sido de aproximadamente quinze anos, devido à falta de recursos, estima-se que o tempo total para construção de uma corveta desta classe seja de quatro anos.

A maior dificuldade na construção de um navio com este tipo de sistema de propulsão, formado por uma turbina a gás e dois motores diesel, denominado sistema Codog (Figura 1), que significa que a potência pode ser transmitida aos eixos, por uma turbina, ou por dois motores diesel, consiste no alinhamento e instalação correta do sistema de propulsão.

Os dois eixos recebem potência, quando funcionando em modo turbina, de apenas uma só turbina, que transfere a potência ao módulo primário, e este, a dois módulos secundários independentes que estão acoplados aos eixos propulsores. Os eixos devem ser alinhados atendendo tolerâncias rígidas de precisão de distâncias entre eixos, perfeito paralelismo, e coplanaridade, definidas nos planos.

Estes requisitos são fundamentais para que seja possível aos flanges de entrada dos dois módulos secundários, depois de alinhados aos eixos propulsores,

permitir que os dois flanges de saída do módulo primário sejam acoplados aos flanges de entrada dos secundários com seus alinhamentos dentro das tolerâncias. Note que são dois flanges independentes, que dependem do alinhamento dos eixos para se apresentarem em condições que permita o alinhamento do módulo primário, que deve ser considerado como um bloco rígido, pois seus flanges de saída fazem parte de um único bloco, o qual possui distância fixa entre centros dos flanges de saída de potência.



**Figura 1 - Desenho do sistema de propulsão Codog**

## 2.4 Procedimentos para o alinhamento do sistema de propulsão: fase 1

Com um escopo meramente didático e visando facilitar o entendimento do procedimento de alinhamento do sistema de propulsão, o processo foi dividido em duas fases, tendo como linha divisora o momento de liberação da popa para mecânica, onde se pode dar início ao quarto batimento de linha. O batimento de linha é o processo no qual se utiliza o posicionamento de uma linha esticada entre pontos de referências definidos no projeto, de modo a servir de orientação para o

alinhamento e instalação de cadeiras de alinhamento e bases dos equipamentos da propulsão. Em seqüência faz-se o batimento de linha de visada por meio ótico que consiste na montagem da luneta em uma das referências tendo como alvo a outra, gerando-se nas cadeiras referências para alinhamento dos componentes que requerem maior precisão de alinhamento.

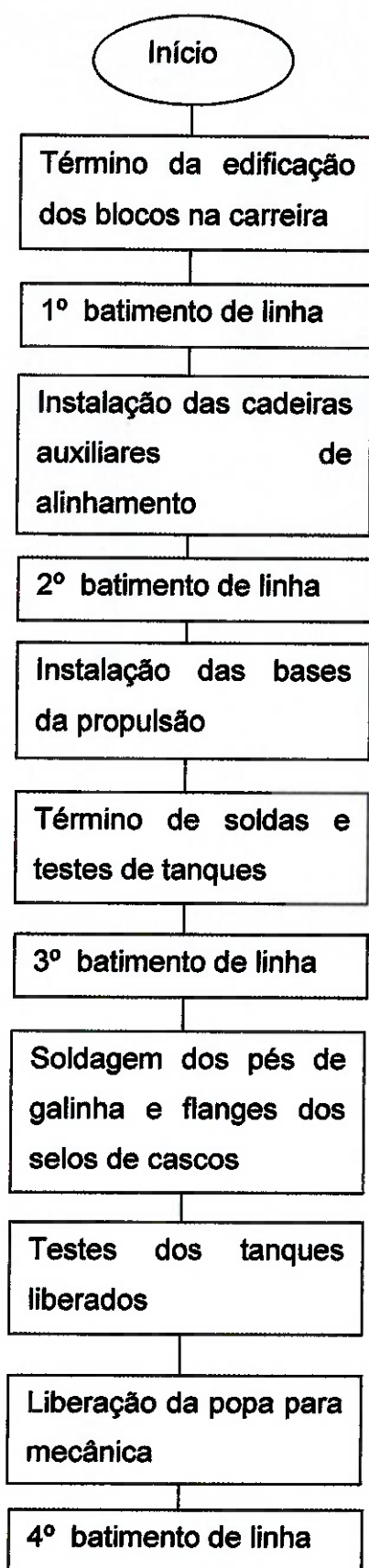
Esta seção, por sua vez, trata da primeira fase deste processo, apresentando inicialmente um fluxograma das principais atividades, e relação de outras, necessárias para a liberação da popa para mecânica (subseção 2.4.1), uma série de linhas gerais da preparação para os batimentos de linha (subseção 2.4.2) e, nas subseções seguintes, uma descrição de suas etapas mais importantes que são apresentadas a seguir:

- a) Primeiro batimento de linha: onde ocorre o posicionamento das cadeiras de alinhamento e estrutura de ré;
- b) Segundo batimento de linha: onde se faz a medição das distâncias entre as cadeiras e cálculo da catenária, para instalação das bases; e
- c) Terceiro batimento de linha: onde se instalam os pés de galinha principais, intermediários e flanges dos selos de casco.

### **2.4.1 Fluxograma de liberação da popa para mecânica**

O fluxograma de liberação da popa para mecânica produzido para esta monografia descreve os eventos principais que antecedem o evento de liberação da popa para mecânica. Ao final deste fluxograma, todos os serviços que podem influenciar o alinhamento estarão concluídos e as atividades de mecânica liberadas para serem trabalhadas a partir da referida liberação.

Para evitar surpresas desagradáveis, é necessário que o responsável pelo alinhamento do sistema de propulsão dê suporte aos serviços de estrutura e somente inicie a faina de instalação de máquinas, após conclusão das atividades de liberação da popa para mecânicos. Isto visa evitar a influência de soldas, desempenos de conveses, desempenos de anteparas e casco, e testes de pressão em tanques, na região compreendida entre a anteparas de vante da praças de máquinas de vante (PMV), e o espelho de popa, no alinhamento:



**Figura 2 - Fluxograma de liberação da popa para mecânicos**

Atividades que fazem parte da liberação da popa para mecânica:

- 1) Término da edificação dos blocos na carreira;
- 2) Verificação dos picadeiros;
- 3) Instalação de pesos correspondentes aos equipamentos ainda não instalados na região da popa;
- 4) Término da instalação de bases e jazentes na PMA;
- 5) Embarque e instalação do quadro elétrico e equipamentos na PMA;
- 6) Fechamento da rota de embarque de equipamentos da PMA;
- 7) Instalação e soldagem das top plates dos estabilizadores;
- 8) Materialização das referências na caverna 33 e espelho de popa;
- 9) Primeiro batimento de linha;
- 10) Instalação das cadeiras e estruturas de balizamento;
- 11) Segundo batimento de linha;
- 12) Alinhamento e soldagem dos tubulões dos lemes;
- 13) Verificação do posicionamento e soldagem da base da turbina;
- 14) Término da instalação de bases e jazentes na PMV;
- 15) Embarque e instalação de equipamentos na PMV exceto turbina;
- 16) Embarque da turbina na PMV;
- 17) Fechamento da rota de embarque da turbina;
- 18) Instalação da superestrutura;
- 19) Verificação do posicionamento e soldagem da base da redutora;
- 20) Verificação do posicionamento e soldagem das bases dos motores diesel da propulsão;
- 21) Embarque dos motores diesel da propulsão;
- 22) Conferir referências para alinhamento das linhas de eixos;
- 23) Embarque da redutora;
- 24) Término da instalação de bases e jazentes na PMR;
- 25) Embarque de equipamentos na PMR exceto redutora e os dois motores da propulsão;
- 26) Término da instalação de bases e jazentes entre PMA e espelho de popa;
- 27) Terceiro batimento de linha;
- 28) Alinhamento e soldagem dos pés de galinha;

- 29) Alinhamento e soldagem dos flanges dos selos de casco;
- 30) Alinhamento e soldagem das bases dos mancais internos das linhas de eixos
- 31) Término da instalação de redes internas de tanques e espaços vazios entre antepara de vante da PMV e espelho de popa;
- 32) Término dos testes de pressão pneumáticos e hidrostáticos de tanques e espaços vazios entre antepara de vante da PMV(caverna 33) e espelho de popa;
- 33) Término da montagem da superestrutura;
- 34) Instalação dos complementos hidrodinâmicos dos lemes;
- 35) Desempeno de conveses e anteparas a ré da caverna 33.

## **2.4.2 Preparação para batimentos de linha – considerações gerais**

São apresentadas aqui as ferramentas, as estruturas e etapas necessárias à preparação para batimentos de linha.

### **2.4.2.1 Fabricação de perfis “I” de alumínio**

Deverão ser fabricadas duas estruturas rígidas em perfis “I” de alumínio. Nestas estruturas deverão ser usinados dois furos nas almas dos perfis de modo que os furos estejam centralizados na alma e com distâncias entre centros exatamente iguais à distância entre linhas de eixos, marca-se nas mesas dos perfis que formam a estrutura, a linha divisória entre os centros das linhas de eixos. Esta referência marcada na estrutura servirá para posicioná-la alinhada no plano vertical onde está contida a linha de base. A estrutura de vante, que ficará próxima à antepara de vante da PMR (caverna 47), deverá ter furo para alojar bujão calibrado (Figura 3 e figuraFigura 4). A estrutura de ré, que ficará alinhada com a referência do centro do hélice, deverá ter furo para alojar o rolamento auto-compensador da luneta (Figuras 5 à 9). Estas estruturas serão denominadas “Estruturas de Balizamento de Vante e de Ré” (Anexo 1) e serão montadas em suportes com parafusos que

possibilitem os seus alinhamentos nos três eixos, de acordo com as cotas das linhas de eixo em relação à linha de base.

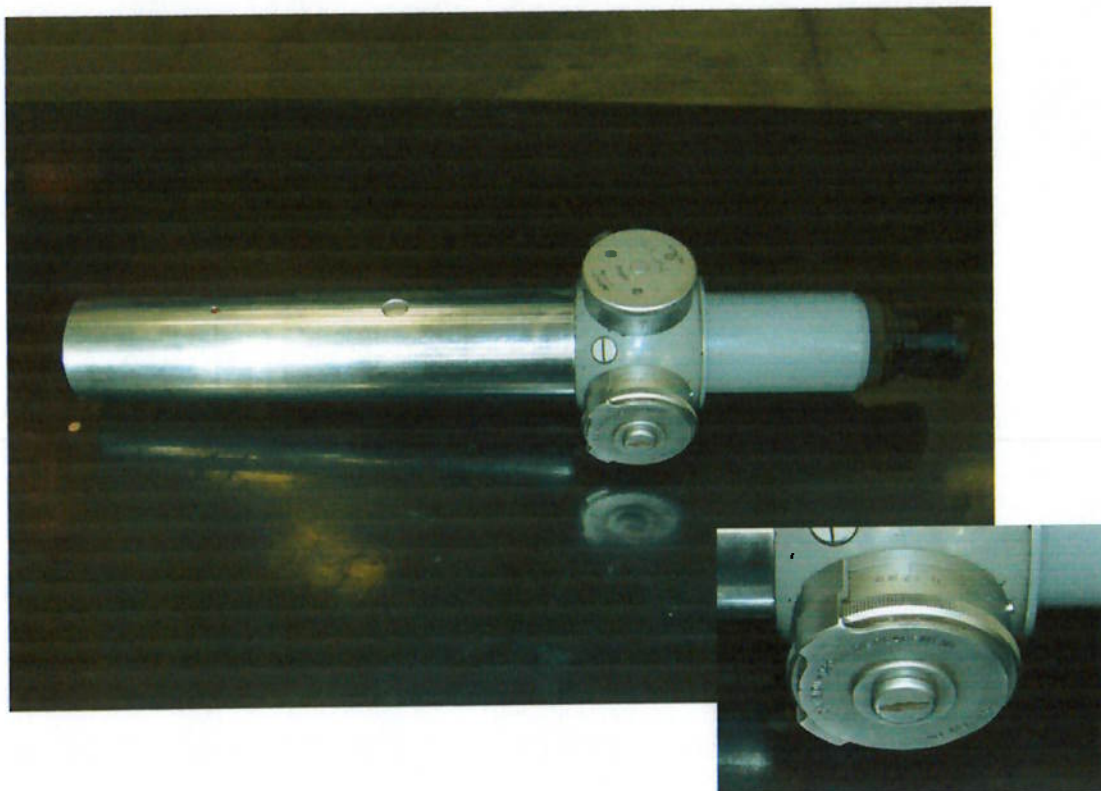
Estas estruturas devem ser fabricadas, e a de ré, deve estar pronta para ser montada na ocasião do primeiro batimento de linha.



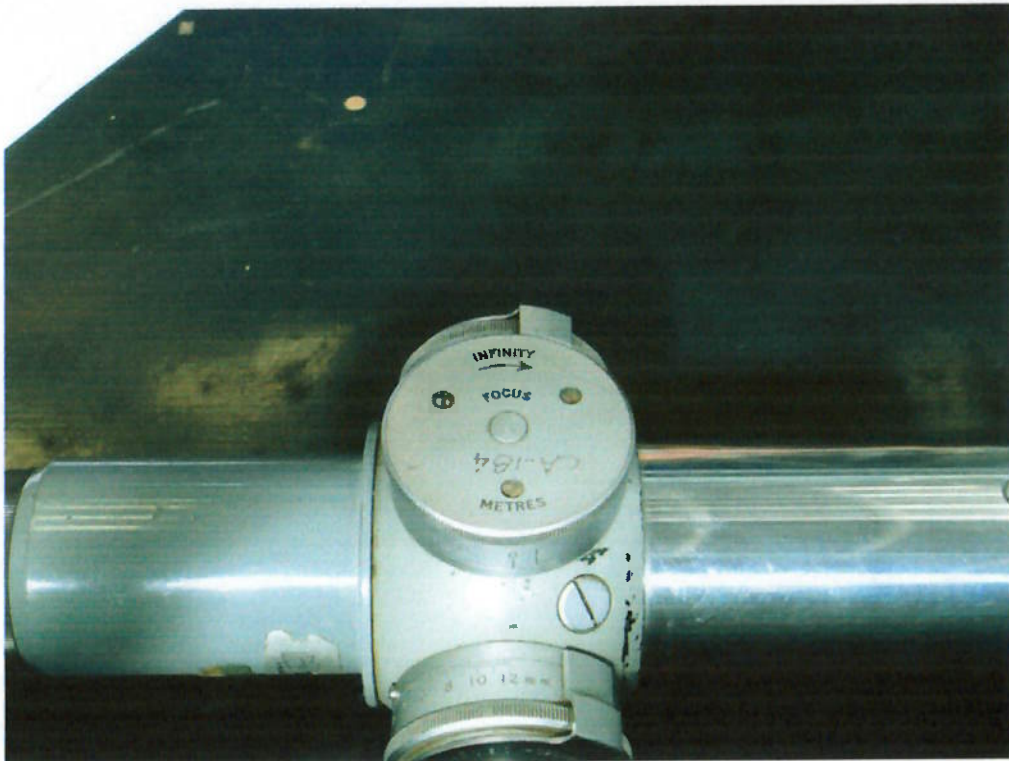
**Figura 3 - Bujão calibrado com furo de 0,50 mm para montagem nas cadeiras de alinhamento**



**Figura 4 - Bujão calibrado com furo de 0,5 mm para montagem nas cadeiras de alinhamento (vista lateral)**



**Figura 5 – Luneta. No detalhe o botão de medida do desvio**



**Figura 6 - Luneta (detalhe do botão de ajuste do foco)**



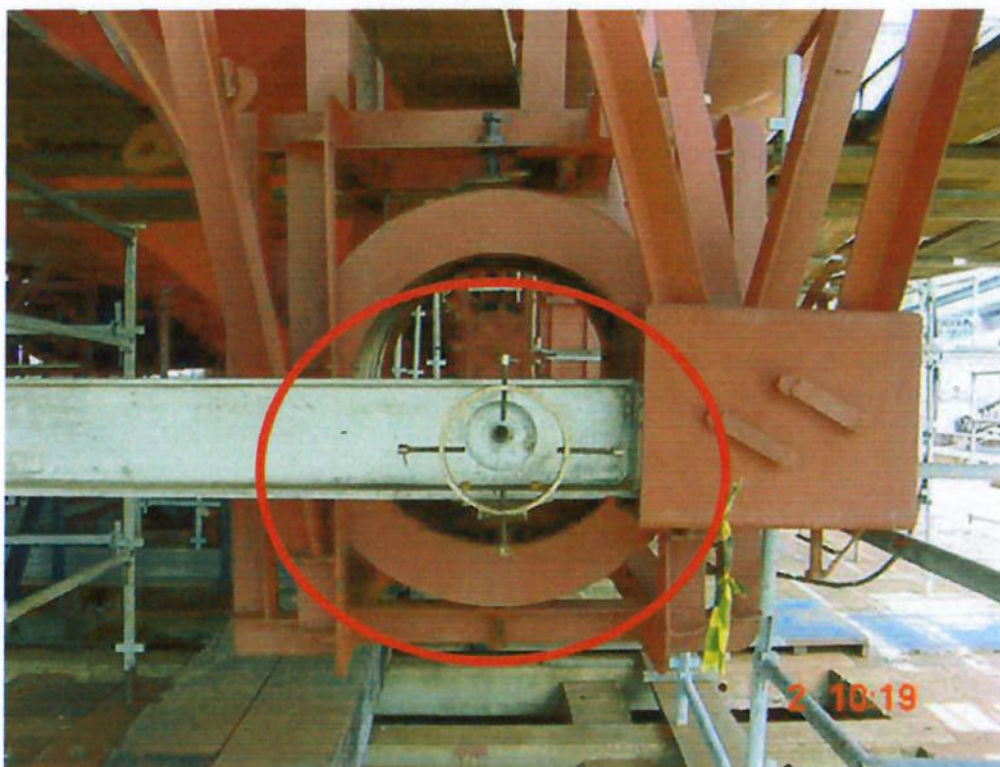
**Figura 7 - Acessórios para montagem e alinhamento da luneta**



**Figura 8 - Acessórios para montagem e alinhamento da luneta**



**Figura 9 - Acessórios para montagem e alinhamento da luneta**



**Figura 10 - Detalhe da estrutura de ballzamento de ré, onde é possível ver a aranha de alinhamento da luneta**

#### **2.4.2.2 Posicionamento de pesos**

Deverão ser posicionados no convés principal na mesma vertical, pesos correspondentes aos equipamentos não instalados, tais como hélices, lemes, máquina do leme, etc. De modo que a viga navio possa trabalhar (fletir) se aproximando do comportamento do sistema completo. É aconselhável que este posicionamento de pesos seja feito já para do primeiro batimento de linha.

#### **2.4.2.3 Verificação de sustentação**

Deverão ser verificados se os picadeiros estão sustentando uniformemente a estrutura do navio. A popa deverá estar em balanço, não pode estar escorada. O departamento técnico define o trecho em balanço. No caso da embarcação analisada, a popa deve ficar em balanço a partir da caverna 73 (vide anexo 4). Esta

verificação deve ocorrer antes de cada batimento de linha e a sustentação uniforme do navio pelos picadeiros mantida até o final de todo o processo.

#### **2.4.2.4 Definição e materialização dos pontos extremos**

Para o início do alinhamento deve-se, primeiramente, depois de instalados os pesos correspondentes aos equipamentos ainda não instalados, transferir a linha de base à noite, na região da popa para o casco, de maneira que ela fique esticada por suportes instalados (cantoneiras soldadas ao casco) entre o espelho de popa e a caverna 73. Os pontos extremos definidos são os externos na caverna 93, junto ao espelho de popa, e internos na caverna 33, junto à antepara de vante da praça de máquinas de vante. Deve-se realizar a definição e materialização dos pontos extremos para o primeiro batimento de linha.

##### **Materialização dos pontos de referências extremos externos:**

Utilizando-se da linha de base materializada na região da popa como referência, montar uma estrutura rígida de cantoneiras de aço em formato de quadro, na altura da caverna 93, próximo ao espelho de popa, de modo que a face superior da cantoneira inferior esteja contida no plano de base do navio. Esta estrutura deverá ser montada em esquadro com a linha de base. Marcar na cantoneira inferior a linha de base do navio. Definido o ponto central na cantoneira inferior do quadro, com a cota de altura das linhas de eixo, em relação ao plano de base, nesta caverna e distâncias entre centros das linhas de eixos, são materializados os pontos extremos externos para instalação das cordas de piano. Atrás destes pontos serão montadas caixinhas de ajuste fino de posição da linha com mancais para instalação dos pesos. Este quadro deverá ser alinhado e travado rigidamente ao casco.

##### **Materialização dos pontos de referência extremos internos:**

Utilizando-se de um prumo sobre a linha de base do navio marcada na quilha pela sala de risco, com aprovação do controle de qualidade do estaleiro, risca-se uma linha vertical na antepara, mede-se, a partir da quilha, não se esquecendo de considerar a espessura da chapa da quilha, a altura do prolongamento da linha de

eixo, em relação à linha de base, nesta antepara. A partir deste ponto, marcam-se com auxílio da mangueira d'água, as cotas de afastamento das linhas de eixos, obtendo-se os pontos internos onde serão amarradas as cordas de piano. A marcação destes pontos internos pode ser feita durante o dia. Para início do batimento de linha deve-se verificar com acompanhamento do controle de qualidade, se as linhas de BB e BE estão passando pelas referências dos centros dos Bossos dos hélices na região da popa. Se houver diferenças deve-se corrigir.

#### **2.4.2.5 Definição das posições das cadeiras e estruturas de balizamento de vante e de ré**

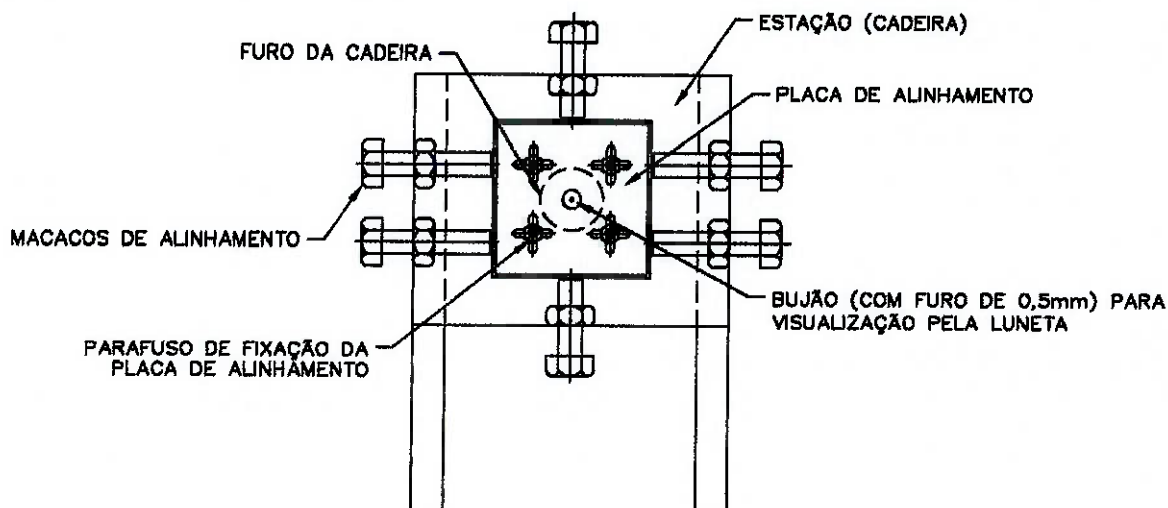
Após definidos os pontos extremos deve-se definir as posições onde serão montadas as cadeiras auxiliares e as estruturas de balizamento. A estrutura de balizamento externa será posicionada e alinhada por intermédio de parafusos macacos com sua face de vante em esquadro com a linha de eixo e alinhada com o ponto principal da referência de alinhamento, que é o centro do Bosso do hélice (ponto 0 ou origem) que está a 400 mm avante da caverna 89, a 500 mm acima da linha de base, e a 2501 da linha de centro do navio. A face de vante da estrutura de balizamento será, após seu alinhamento, a referência (ponto 0 ou origem) para posicionamento dos pés de galinha, mancais, selos de casco, acessórios e medidas das posições das cadeiras auxiliares de alinhamento.

Verificar, depois de montada e alinhada a estrutura de balizamento de ré que tem a face de vante como origem (centro do hélice), se o comprimento medido entre esta origem e a antepara 47 corresponde ao comprimento definido em projeto, havendo diferença significativa deve-se levar o problema ao dep. Técnico para que seja estudado uma solução. Verificar também, se a distância no sentido longitudinal, entre a origem e flange do acoplamento da turbina, vai permitir a instalação do container da turbina sem que esse encoste na antepara 47, pois a antepara é vertical e o container da turbina tem a inclinação da linha de eixo. Pode ser necessário deslocar a redutora para vante fim evitar interferência do container da turbina com a antepara 47.

A estrutura de balizamento de vante será montada na PMR junto à antepara 47 (posição 12), a estrutura de balizamento de ré será montada à ré do pé de

galinha principal (posição 0), as cadeiras auxiliares de referência para alinhamento indicada na figura abaixo serão montadas nas seguintes posições (Anexo 3):

- a) A vante do pé de galinha principal, posição 1;
- b) À ré e a vante do pé de galinha intermediário, posições 2 e 3;
- c) A vante do selo de casco, posição 4;
- d) À ré do selo de antepara da caverna 67, posição 5;
- e) À ré e a vante do mancal da PMAV, posições 6 e 7;
- f) À ré do selo de antepara da caverna 60, posição 8;
- g) À ré e a vante do mancal da PMR, posições 9 e 10;
- h) Na posição do flange de acoplamento com a redutora, posição 11.

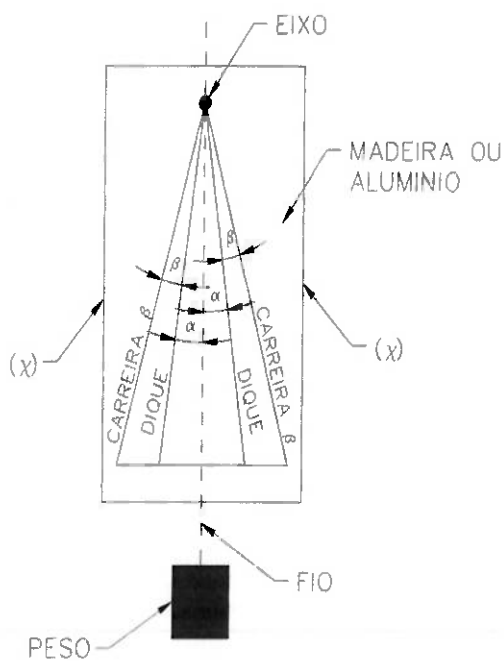


**Figura 11 - Cadeira de alinhamento**

#### **2.4.2.6 Ferramentas necessárias para a preparação e para os batimentos de linhas**

- a) Prumo;
- b) Régua de ângulo (conforme Figura 12);
- c) Nível de bolha;
- d) Mangueira d'água;
- e) Trena;

- f) Corda de piano de 0,50 mm de diâmetro;
- g) Luneta com acessórios;
- h) Compasso;
- i) Régua de madeira;
- j) Régua de aço;
- k) Esquadros de alumínio;
- l) Relógio comparador;
- m) Graminho de arame;
- n) Micrômetros internos;
- o) Micrômetros externos;
- p) Bujões calibrados com furo de 0,5 mm;
- q) Estruturas de balizamento fabricadas em perfis de alumínio.



1- CADA FERRAMENTA SÓ SERVE PARA UM DETERMINADO TIPO DE L.E. ( $\alpha$ ) E UMA DETERMINADA INCLINAÇÃO DE CARREIRA. ( $\beta$ )

2- ( $\alpha$ ) ÂNGULO DE INCLINAÇÃO DA LINHA DE EIXO DEVERA ESTAR SEMPRE MARCADA NA REGIÃO CENTRAL.

3- (x) FACES APARELHADAS PARA SEREM ENCOSTADAS NAS CADEIRAS.

**Figura 12 - Desenho da régua de ângulo**

### **2.4.3 Primeiro batimento de linha com corda de piano (posicionamento das cadeiras de alinhamento).**

Embora nesta fase não sejam usadas todas as cadeiras de alinhamento, elas podem ser montadas. Nos pontos definidos para instalação de cadeiras deve-se instalá-las o mais próximo possível dos elementos que elas servirão de referência para alinhamento. No caso dos mancais internos e pés de galinha, elas devem ser montadas próximas sem interferir, nem ser afetada, pela montagem dos jazentes e buchas dos pés de galinha. Esta proximidade é para possibilitar que, uma vez batida a linha geral, seja possível trabalhar em cada mancal individualmente, sem preocupações com o horário, pois qualquer deformação do casco desloca o conjunto (cadeira + mancal) como se fosse um único bloco. As cadeiras usadas para alinhamento e soldagem dos jazentes dos mancais internos e soldagem dos pés de galinha, também serão usadas para alinhamento dos respectivos mancais. Deve-se observar que uma boa instalação de cadeira requer que a mesma esteja com o furo existente na cadeira, onde será montada a placa de regulagem de centro, centrado o melhor possível na linha, e sua face, perpendicular à linha de eixo. Esta perpendicularidade fornecerá os pontos de referências para marcações longitudinais dos elementos da propulsão. A instalação de cadeiras em navios posicionados em carreira (plano inclinado), que é o caso presente, requer, para se conseguir o perpendicularismo da cadeira em relação à linha de eixo, que se considere, além da inclinação da linha ( $\alpha$ ), a inclinação da carreira ( $\beta$ ). Para se posicionar com certa facilidade as cadeiras a bordo, deve-se usar a régua de ângulo (Figura 12), que tem precisão suficiente para atender nossa necessidade, além de ser uma ferramenta leve e de fácil utilização. Não é necessário posicionar a estrutura de balizamento de vante agora, apenas a de ré deve ser posicionada, pois será a origem para posicionamento de todas as cadeiras, a estrutura de vante será montada para o terceiro batimento de linha (com luneta).

## **2.4.4 Segundo batimento de linha com corda de piano (medição das distâncias entre cadeiras e cálculo da catenária para soldagem das bases da propulsão)**

### **2.4.4.1 Finalidade**

Este batimento de linha destina-se ao alinhamento e soldagem da base da turbina na PMV, das bases, da redutora, dos acoplamentos flúidos, dos motores diesel, dos mancais das linhas de eixos na PMR, e dos mancais das linhas de eixos na PMAR. É nesse batimento de linha que se verifica se os planos das bases estão paralelos ao plano formado pelas linhas de eixos, se suas alturas estão corretas em relação às linhas, se as cotas longitudinais das bases em relação às faces dos flanges de acoplamento dos eixos e as cotas transversais das bases em relação às linhas de eixos estão de acordo com os planos de instalação. Toda essa verificação é necessária, para evitar que durante o alinhamento dos equipamentos os seus parafusos de fixação caiam fora da base e deve ser acompanhada e aprovada pelo controle de qualidade do estaleiro.

### **2.4.4.2 Cálculo da catenária (procedimento)**

Com todas as cadeiras instaladas, medem-se as distâncias entre pontos extremos de fixação das linhas, e entre a face de cada cadeira e a origem, que será o ponto de fixação da linha existente na estrutura de balizamento de ré que está com um bujão com furo de 0,5 mm no local da luneta. A partir dessas medidas, efetuam-se os cálculos das catenárias para cada cadeira, levando-se em conta, o diâmetro, o material da linha que estamos usando e a tração que a mesma está submetida. No cálculo efetuado não se considera a inclinação da linha por ter influência desprezível.

Cálculo da catenária (f):

$$f = K \cdot x \cdot (L - x)$$

$$K = (\pi \cdot \gamma \cdot \phi^2) / (8T)$$

Onde:

x = distância à origem

L = comprimento total

$\gamma$  aço =  $7,85 \cdot 10^{-6}$  Kgf/mm<sup>2</sup>

$\phi$  = 0,50 mm (diâmetro da corda de piano)

T = tração na corda de piano (peso usado: 20,4 Kgf)

Para os valores acima:

$$K = 37,78 \cdot 10^{-9} \text{ mm}$$

$$f = 37,78 \cdot 10^{-9} \cdot x \cdot (L - x)$$

Conhecendo-se o valor da catenária, e com a corda de piano fixa na extremidade de vante, e tracionada pelo peso de 20,40 Kgf na extremidade de ré, será possível, com auxílio de par de esquadros e régua, marcar a posição da linha nas superfícies planas das cadeiras. Para marcar a posição da linha deve-se prestar atenção e proceder da seguinte forma:

- a) Com o esquadro ou régua na posição vertical, aproximar cuidadosamente, sempre no sentido de dentro para fora, até tangenciar a linha, sem deslocá-la, fazendo um risco vertical na superfície plana da cadeira. Esse é o posicionamento horizontal da linha.
- b) Com o esquadro ou régua na posição horizontal, aproximar cuidadosamente, sempre no sentido de baixo para cima, até tangenciar a linha, e, sem deslocá-la, fazer um risco horizontal na superfície plana da cadeira.
- c) Com auxílio de esquadro e régua milimetrada, marcar o valor da catenária acima da linha horizontal inicial, e traçar uma linha paralela a esta. A nova linha horizontal, obtida com o valor da catenária descontado, será a referência vertical da linha em cada cadeira.

- d) Deve-se ter atenção para marcar a posição da linha e catenária em todas as cadeiras do mesmo modo, ou seja, as linhas horizontais, de baixo para cima, e as linhas verticais, do centro para os bordos. Este cuidado se deve ao seguinte: Quando se monta as placas de alinhamento com bujão de furo calibrado de 0,50 mm, com a linha passada, são utilizadas as linhas riscadas para alinhar o bujão nas cadeiras, pois se o bujão for alinhado utilizando a régua tangenciando a linha por lados diferentes introduzem-se erros no alinhamento.
- e) A figura abaixo mostra uma cadeira genérica com as linhas marcadas.

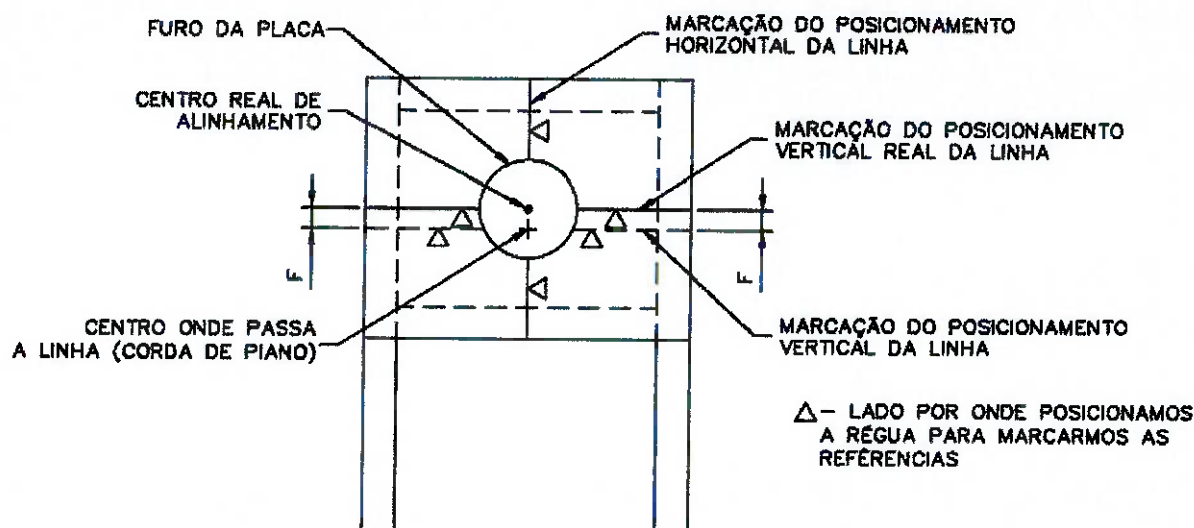


Figura 13 - Detalhe da correção da catenária

### 2.4.4.3 Execução

Após traçadas as linhas verticais e horizontais nas cadeiras, montam-se as placas de alinhamento com bujões, passa-se a linha pelos furos de 0,50 mm existentes nos bujões, e, com auxílio da régua ou par de esquadros, alinham-se os bujões, corrigindo a catenária de todas as cadeiras. A medida que são feitas as correções das catenárias, travam-se as placas ajustáveis. A partir daí é possível trabalhar com cadeiras adjacentes ao elemento a ser alinhado.

Este batimento de linha se destina ao alinhamento de parte da propulsão que não requer grande precisão. É o caso do alinhamento e soldagem das bases da

turbina, da redutora, dos motores diesel da propulsão, e dos mancais internos das linhas de eixos. Usam-se então as cadeiras ou anteparas adjacentes como suportes das linhas para alinhar as bases independentemente. Nas montagens, alinhamentos e soldagens das bases podemos usar também, como auxílio, o clinômetro para conferir os ângulos das bases.

- a) Alinhamento e soldagem da base da Turbina: Com as duas cordas de piano (BB e BE) estendidas na PMV, com a catenária corrigida na antepara 47, monta-se a base da turbina usando, como referência, as linhas, e a cadeira do flange da linha de eixo posicionada na PMR de acordo com a cota de plano medida da origem (centro do bosso do hélice), para checar a cota longitudinal da base.
- b) Alinhamento e soldagem da base da redutora: Com as duas cordas de piano (BB e BE) estendidas na PMR entre antepara 47 e cadeira do flange do eixo, com catenária corrigida, monta-se a base da redutora usando como referência as linhas e a posição da cadeira do flange da linha de eixo. Após a instalação e soldagem da base da redutora, deve-se soldar os sobre-calços, e usiná-los, de forma que fiquem aparelhados e com pequeno ângulo visando à ajustagem dos calços da redutora.
- c) Alinhamento e soldagem das bases dos motores diesel da propulsão: Nesse caso, como as linhas passam ao lado dos motores, usam-se as cadeiras dos flanges dos eixos e as cadeiras de vante dos mancais da PMR, com catenária corrigida, como referências.
- d) Alinhamento e soldagem das bases dos mancais internos da PMR e PMAV: Estas bases são alinhadas e soldadas tendo as linhas montadas entre cadeiras adjacentes, com catenárias corrigidas, como referências. Centraliza-se a base pela linha, ajusta-se a altura da base em relação à linha, posiciona-se na cota longitudinal e inicia-se a soldagem. Concluídas a instalação e a soldagem das bases, deve-se providenciar a usinagem das mesas, de forma que fiquem aparelhadas e com pequeno ângulo a fim de facilitar o serviço de ajustagem dos calços dos mancais. Sem esse cuidado, não é possível ajustar os calços, pois eles serão engolidos durante a ajustagem.

- e) Usando as cordas de piano de BB e BE como referências, é efetuado o alinhamento e a soldagem das bases para posicionamento dos macacos, que serão usados para batimento de cargas dos mancais internos e dos flanges de acoplamento dos eixos à redutora. Estas bases deverão ser montadas nas bases dos mancais no lado de vante, e deverão estar com as mesas para posicionamento do macaco paralelas às mesas das bases dos mancais. Elas devem ser montadas o mais próximo possível da posição dos mancais. Para base do macaco de medição das cargas dos flanges de acoplamento dos eixos, devemos ter os mesmos cuidados no seu alinhamento, e posicioná-la à ré do flange e o mais próximo possível dele. Estas bases permanecerão instaladas no navio para serem usadas quando necessário.

## **2.4.5 Terceiro batimento de linha (com luneta).**

### **2.4.5.1 Finalidade**

Transferir as referências de alinhamento da estrutura de balizamento da caverna 47 para cadeiras dos flanges dos eixos, com o fim de liberar a área para embarcar a redutora. Marcar as referências para alinhamento e soldagem dos flanges dos selos de casco, pés de galinha intermediários, e pés de galinha principais.

### **2.4.5.2 Pré-requisitos**

Para este batimento de linha é necessário, inicialmente, marcar e abrir as passagens das hastes dos pés de galinha no casco, instalar os olhais de içamento dos pés de galinha, içá-los com auxílio de talhas, aproximá-los da posição, instalar as estruturas de sustentação e alinhamento dos pés de galinha. É necessário também que todas as soldas, exceto as soldas dos pés de galinha e flanges dos

selos de casco, já estejam todas concluídas. Todas as soldas significativas, desempenos de conveses, e testes de tanques, das praças até a popa já deverão estar concluídas. Os tubulões dos lemes também já devem estar soldados.

Depois de cumpridos os pré-requisitos visando eliminar os riscos de influências no alinhamento, deve-se instalar, nivelar e alinhar a estrutura de balizamento de vante na antepara 47, e conferir e ajustar, se necessário, a estrutura de balizamento de ré na posição dos centros dos Bossos dos hélices de acordo com as cotas definidas no desenho do Anexo 4. Deve-se conferir e retocar o alinhamento destas estruturas de balizamento à noite. Para isto é necessário esticar a corda de piano, conferir o nivelamento e o esquadro, utilizando a propriedade do triângulo retângulo, entre as estruturas de balizamento de vante e de ré e as linhas. Com o alinhamento das estruturas conferido e aprovado deve-se montar a luneta na estrutura de balizamento de ré, apontar a luneta até que o reticulado fique centralizado no furo do bujão da estrutura de balizamento de vante e fixar a luneta nesta posição. Em seguida, instalar o bujão na placa de alinhamento deste bujão existente na cadeira do flange de acoplamento do eixo à redutora, alinhar o bujão através dos parafusos de alinhamento da placa suporte do bujão até que o bujão fique centralizado no reticulado da luneta, traçar as referências verticais e horizontais, e, com auxílio de compasso centrado no furo do bujão, fazer um círculo com raio 25mm maior que o raio do flange do eixo. É importante fazer uma referência entre a placa de alinhamento do bujão e a cadeira para que seja verificado se a placa de alinhamento saiu da posição. Com isto obtém-se a referência de alinhamento interna que será usada neste e no próximo batimento de linha, após embarque da redutora e do MCP.

#### **2.4.5.3 Procedimento do terceiro batimento de linha (válido para os dois bordos)**

- a) Conferir mais uma vez as referências internas (centralização dos bujões internos nas cadeiras dos flanges dos eixos) e externas (alinhamento da estrutura de balizamento externa) para garantir que não saíram da posição;

- b) Retirar todos os bujões das cadeiras, deixando apenas os das cadeiras dos flanges dos eixos (referências internas do alinhamento);
- c) Seguir as etapas abaixo iniciando por um bordo e depois o outro bordo;
- d) Montar a luneta em um dos bordos na estrutura de balizamento de ré.  
Com os botões de medida de desvio da luneta na posição zero, centrar a luneta, através dos parafusos de alinhamento, apontando o reticulado da luneta para o centro do furo do bujão da cadeira do flange do eixo;
- e) Montar o bujão da cadeira de vante do selo de casco, alinhar o bujão até posicioná-lo no reticulado da luneta, travar a placa de alinhamento;
- f) Montar o bujão na cadeira adjacente de ré do selo de casco, alinhá-lo e travá-lo, obtendo assim as referências para montagem do flange do selo de casco. A cadeira de ré do selo de casco também será usada como suporte da linha para o alinhamento do pé de galinha intermediário;
- g) Montar o bujão na cadeira de ré do pé de galinha intermediário, alinhá-lo e travá-lo, obtendo, assim, as referências para alinhamento e soldagem do pé de galinha intermediário. A cadeira de ré do selo de antepara é a de vante do pé de galinha intermediário;
- h) Montar o bujão na cadeira de vante do pé de galinha principal, alinhá-lo e travá-lo, com isto tem-se a referência de vante do pé de galinha principal para fixação da linha;
- i) Ao final do processo deve-se retirar todos os bujões deixando apenas o da cadeira do flange do eixo. Utilizando apenas os botões de medida de desvio da luneta, centralizar o reticulado da luneta no centro do furo do bujão da cadeira do flange do eixo. Anotar o valor dos desvios horizontal e vertical. Se o desvio for superior a 0,50 mm refazer o alinhamento;
- j) A referência de ré do pé de galinha principal é o próprio alojamento da luneta que é retirada e em seu local no centro do rolamento auto-ajustável é montado um bujão com furo calibrado de 0,5 mm, obtendo-se assim, a referência de ré para fixação da linha, alinhamento e soldagem do pé de galinha principal;

- k) Remontar os bujões nas cadeiras de vante e de ré do flange do selo de casco, esticar a linha (corda de piano) e utilizando-a como referência, marcar na chapa suporte do flange do eixo um círculo com centro na linha, marcar com punção o círculo riscado na chapa suporte para orientar o corte da chapa, retirar a linha, cortar com maçarico a chapa, instalar parafusos macacos e posicionar o flange do selo na cota longitudinal (posicionar o flange aproximadamente 5 mm deslocado para vante para usinagem), esticar novamente a linha, utilizando-a e os parafusos macacos, alinhar o flange o melhor possível centrado e em esquadro com a linha, pontear e soldar controlando o alinhamento;
- l) Montar o bujão de ré do pé de galinha intermediário, esticar a corda de piano entre cadeira de ré e cadeira de vante deste pé de galinha. Com auxílio da corda de piano, alinhar o pé de galinha intermediário, utilizando talhas e parafusos macacos da estrutura de alinhamento, de modo que este fique com o centro do alojamento da bucha a aproximadamente 3,00 mm abaixo da corda de piano para compensar a contração da solda. Imobiliza-se o pé de galinha intermediário e monta-se a estrutura de amarração da haste ao casco, de modo que os perfis fiquem muito bem ajustados de modo a reduzir tendências das soldas à contrações. Soldar primeiramente todos os perfis à estrutura do navio, deixando por último, a soldagem dos perfis à haste do pé de galinha intermediário. Para soldar os perfis à haste, deve-se afrouxar levemente os parafusos macacos mantendo-se o pé de galinha sustentado pelas talhas, pré-aquecer com auxílio de resistências elétricas a haste e iniciar a soldagem controlando e compensando a tendência de contração da solda. É errado travar o pé de galinha e soldá-lo sem controle, pois ao final da soldagem, quando se desmontar a sua cadeira de alinhamento, ele poderá ficar fora da tolerância especificada para o alinhamento, sendo necessário reiniciar todo o processo. A excentricidade máxima admissível, após a solda, tanto à vante quanto à ré do pé de galinha, não deverá ser superior a 8,00mm, e o deslocamento longitudinal não deverá ser superior a 5mm;

- m) Concluídas as soldagens do flange do selo de casco e do pé de galinha intermediário, e, estando dentro das tolerâncias, pode-se retirar a cadeira de vante do pé de galinha intermediário, e, utilizando a cadeira avante do selo de casco, e a de ré do pé de galinha intermediário, marcar e cortar as cavernas usando a corda de piano como referência, com o fim de ajustar e soldar o tubo telescópico e a carenagem do casco;
- n) A soldagem do tubo telescópico e da carenagem do casco vai dificultar o acesso à parte de vante do pé de galinha intermediário, que é necessário à vedação das frestas para evitar vazamentos durante aplicação de resina shock fast Orange após o alinhamento do mancal. Esta vedação será feita por um operário que deverá entrar no tubo telescópico.
- o) O procedimento de soldagem do pé de galinha principal é similar ao do pé de galinha intermediário, diferindo apenas no ajuste da excentricidade para compensar a contração da solda que, neste caso, deve ser deslocado em aproximadamente 5,00 mm para baixo em relação à posição da linha.

## **2.5 Procedimentos para o alinhamento do sistema de propulsão: fase 2**

Esta fase se inicia a partir da ocorrência do evento liberação da popa para mecânicos, e significa que todos os serviços a quente, passíveis de influir no alinhamento, estão prontos. Após a liberação, são observadas as seguintes etapas:

- a) Quarto batimento de linha;
- b) Instalação dos eixos propulsores;
- c) Primeira verificação de carga dos mancais internos e flanges das linhas de eixos;
- d) Alinhamento e calçamento da redutora;
- e) Verificação do contato de dentes;

- f) Segunda verificação das cargas dos mancais internos e flanges das linhas de eixos;
- g) Alinhamento dos motores de combustão principais; e
- h) Alinhamento da turbina a gás.

## **2.5.1 Quarto batimento de linha**

Este batimento se destina à execução das marcações das referências para usinagem dos flanges dos selos de casco, para alinhamento dos bujões das cadeiras que serão usadas no alinhamento dos mancais dos pés de galinha principais e intermediários, dos mancais internos das praças de máquinas, e das marcações das referências para instalação dos selos das anteparas.

Após o alinhamento geral dos bujões no horário noturno, após 23:00 horas, em que todos os pontos das cadeiras estão alinhados em uma única reta, pode-se trabalhar durante o dia com as cadeiras duas a duas, utilizando-se a linha tracionada entre elas para o alinhamento, sem preocupações com as contrações do casco.

### **2.5.1.1 Pré-requisitos**

Os pré-requisitos do batimento anterior valem para este batimento de linha. É importante que todos os equipamentos de peso significativo ou os seus pesos correspondentes estejam embarcados, das praças de máquinas até a popa, e que as soldas dos pés de galinha estejam concluídas e aprovadas. Os testes pneumáticos e hidrostáticos dos tanques liberados após soldagem dos pés de galinha intermediários devem estar concluídos. O teste de estanqueidade do espaço vazio após soldagem dos pés de galinha principais também deve estar concluído. É necessário que seja conferida à noite, no período de 23:00 às 04:00 horas, com acompanhamento do controle de qualidade, o alinhamento da estrutura de balizamento de ré. Também deve ser verificado se as cadeiras dos flanges dos eixos estão sem danos aparentes que possam ter provocado deslocamentos indesejados,

pois este centro é a referência de alinhamento de vante. Verificar através das referências riscadas entre placa de alinhamento e cadeira se houve desalinhamento. Estando tudo correto, deve-se medir e registrar, com o acompanhamento do controle de qualidade, todas as cotas longitudinais (Anexo 2) entre a face da estrutura de balizamento de ré (centro do hélice) e elementos do sistema de propulsão, para que se tenham disponíveis as medidas reais. Estas medidas serão usadas no alinhamento dos mancais internos e na instalação dos eixos propulsores.

### **2.5.1.2 Procedimento**

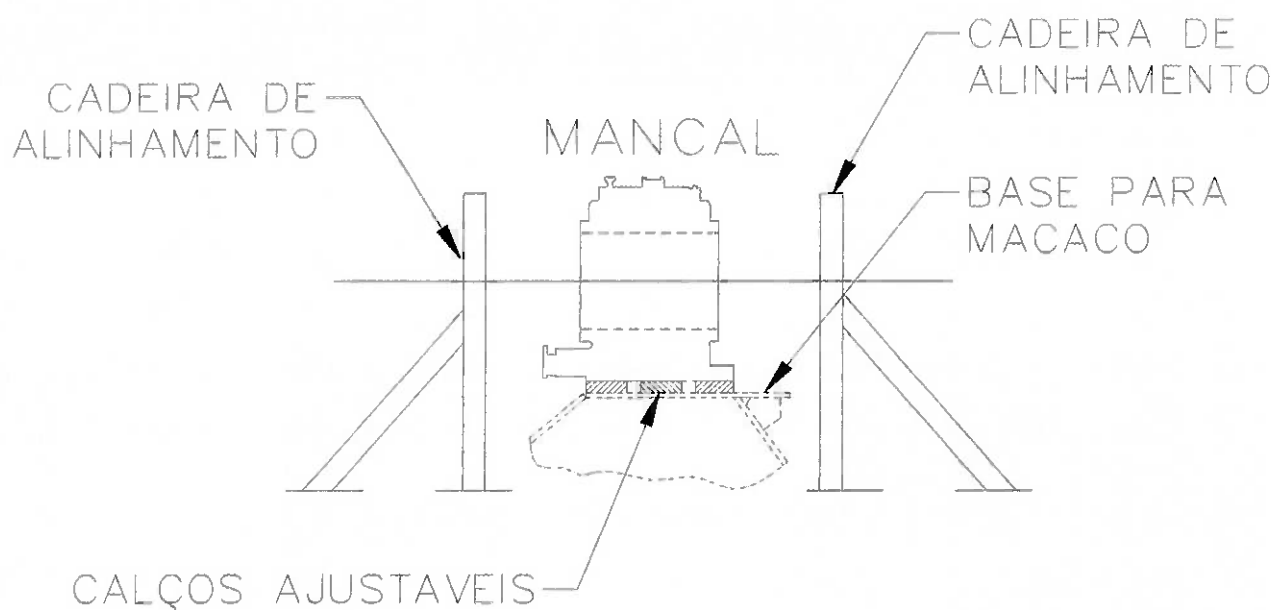
Seguir as etapas abaixo iniciando por um bordo e depois passar para o outro bordo:

- a) Embarcar e posicionar os mancais internos das linhas de eixos, pré-alinhar usando as referências do batimento de linha anterior, instalar parafusos macacos para o alinhamento e travamento do mancal;
- b) Instalar os mancais dos pés de galinha e pré-alinhar utilizando as referências do batimento anterior e parafusos de alinhamento das buchas dos pés de galinha;
- c) Com todos os mancais internos e externos posicionados e pré-alinhados, retirar todos os bujões das cadeiras, deixando apenas os das cadeiras dos flanges dos eixos (referências internas do alinhamento);
- d) Montar a luneta em um dos bordos da estrutura de balizamento de ré. Com os botões de medida de desvio da luneta na posição zero, centrar a luneta através dos parafusos de alinhamento, apontando o reticulado da luneta para o centro do furo do bujão da cadeira do flange do eixo, travar a luneta nesta posição;
- e) Montar o bujão na cadeira de vante do mancal da PMR, alinhar o bujão até que fique centrado no reticulado da luneta, travar a placa de alinhamento, marcar referências entre placa e cadeira;
- f) Montar o bujão na placa da cadeira de ré do mancal da PMR, alinhar o bujão por intermédio dos parafusos de alinhamento da placa até que

- fique centrado no reticulado da luneta, travar a placa de alinhamento, marcar referências entre placa e cadeira;
- g) Montar o bujão na cadeira de vante do mancal da PMAV, alinhar o bujão até que fique centrado no reticulado da luneta, travar a placa de alinhamento, marcar referências entre placa e cadeira;
  - h) Montar o bujão na placa da cadeira de ré do mancal da PMAV, alinhar o bujão por intermédio dos parafusos de alinhamento da placa até que fique centrado no reticulado da luneta, travar a placa de alinhamento, marcar referências entre placa e cadeira;
  - i) Montar o bujão na placa da cadeira de ré do pé de galinha intermediário, alinhar o bujão por intermédio dos parafusos de alinhamento da placa até que fique centrado no reticulado da luneta, travar a placa de alinhamento, marcar referências entre placa e cadeira;
  - j) Montar o bujão na placa da cadeira de vante do pé de galinha principal, alinhar o bujão por intermédio dos parafusos de alinhamento da placa até que fique centrado no reticulado da luneta, travar a placa de alinhamento, marcar referências entre placa e cadeira;
  - k) Retirar todos os bujões das cadeias, deixando apenas o da cadeira do flange do eixo, e, utilizando os botões de medida de desvio da luneta medir o desvio vertical e horizontal e registrar. A tolerância para o desvio é de 0,50mm;
  - l) Com o desvio dentro da tolerância, prosegue-se para o alinhamento final dos mancais internos, mancais externos, usinagem do flange do selo de casco, e marcação das referências para corte das anteparas dos selos de antepara;
  - m) Tendo a linha como referência, e utilizando micrômetros internos e compasso de expansão, é possível, agora, alinhar e travar os mancais internos, utilizando os parafusos de alinhamento e travamento instalados no pré-alinhamento;
  - n) Utilizando a linha entre cadeira de vante do flange do selo de casco e de ré do pé de galinha intermediário, marca-se na face do flange do selo de casco as referências concêntricas para usinagem do furo e face do flange do selo de casco. Esta referência será utilizada para

alinhamento da extremidade de ré do mandril de usinagem do flange de alojamento do selo de casco, a outra referência, para alinhamento da extremidade de vante do mandril será a marcada na face da cadeira de vante do flange do selo. Na usinagem, o mandril é fixado de modo que a cadeira de vante do selo de casco fique entre os dois mancais, o alinhamento do mandril é feito com graminho de arame utilizando as referências marcadas na face do flange e na cadeira. A usinagem é iniciada pelo furo, para não se perder a referência da face do flange, e em seguida é usinada a face do flange. Concluída a usinagem, alinha-se, fura-se e monta-se no flange do casco a parte fixa do selo de casco, a outra parte que gira junto com o eixo, será montada após instalação do eixo;

- o) As mesmas cadeiras usadas nas marcações das referências de usinagem do flange de alojamento do selo de casco, são usadas para alinhamento do mancal do pé de galinha intermediário, que após a conclusão do alinhamento, deve-se montar os aros de vedação do espaço entre mancal e alojamento, para enchimento com resina shock fast Orange. Deve-se ter o cuidado de providenciar a vedação dos aros com resina epóxi, pois é comum vazamento durante a aplicação de resina quando não são tomados cuidados na vedação das frestas;
- p) Para alinhamento do mancal do pé de galinha principal, retira-se a luneta, e em seu lugar monta-se um bujão com furo de diâmetro 0,50mm, e estica-se então a corda de piano entre a cadeira de vante do pé de galinha principal e a estrutura de balizamento de ré e faz-se o alinhamento do mancal e aplicação de resina shock fast Orange conforme feito para o pé de galinha intermediário;
- q) As marcações para corte das anteparas seguem o mesmo princípio já descrito. Elas devem ser cortadas e os suportes dos selos de antepara serão instalados usando o selo montado no próprio eixo como guia.



**Figura 14 - Detalhe do posicionamento das cadeiras de referência para alinhamento dos mancais internos das linhas de eixos.**

### **2.5.2 Embarque dos eixos propulsores e preparação para o lançamento do navio.**

Após instalação dos mancais de sustentação externos (mancais dos pés de galinha principais e intermediários) e pré-posicionamento dos mancais internos, pode-se iniciar o embarque e instalação dos eixos. No embarque dos eixos, deve-se ter o cuidado para que ele seja sustentado de maneira adequada, conforme recomendação do fabricante, para que não ocorra um empeno durante a manobra de embarque. O eixo, por ser o duto de circulação de óleo do sistema de hélice de passo controlável (HPC) deve estar completamente limpo internamente e isento de substâncias abrasivas. Este cuidado é fundamental para reduzir o tempo de limpeza (flushing) do sistema hidráulico. A identificação do fabricante para o posicionamento dos eixos deve estar clara para ser seguida, de modo que não haja confusão no posicionamento das secções dos eixos. No caso em estudo, o navio será lançado sem as pás dos hélices que serão montadas após o alinhamento da redutora e

acoplamento dos eixos. As seções dos eixos deverão ser embarcadas e acopladas, e o conjunto completo posicionado de tal maneira que fiquem um pouco deslocados para ré em relação a sua posição longitudinal final, para facilitar o alinhamento e fixação da redutora. Este valor deve ser registrado, pois no alinhamento da redutora ele deverá ser compensado, ou seja, se o flange do eixo está deslocado para ré um valor "x" o flange da redutora deve ser alinhado ao do eixo considerando este afastamento. Depois de concluída a instalação da redutora, o eixo é aproximado e acoplado ao flange da redutora.

Durante o lançamento, todos os equipamentos embarcados devem estar instalados ou travados para evitar avarias. Os equipamentos do sistema de propulsão, que são alinhados com o navio flutuando, devem ser travados. Deve-se dar atenção especial ao travamento das linhas de eixos que deverão ser travadas, não só para evitar vazamentos pelos selos de casco, como deslocamentos axiais e também rotação causada pelo contato brusco do hélice com a água. No presente caso a possibilidade de rotação é minimizada pelo fato das pás dos hélices não estarem montados na ocasião do lançamento.

Outra providência importante é a marcação de referências internas da posição das linhas de eixos, para que, após o lançamento, seja possível verificar se houve deslocamento axial, ou não, e, caso afirmativo, de quanto foi esse deslocamento, para que se possa corrigir ou compensar e iniciar o alinhamento da redutora.

### **2.5.3 Primeira e segunda verificação de cargas dos mancais internos dos eixos**

Como parte importante do projeto de um sistema de propulsão naval, são definidos os tipos, quantidades, e posições dos mancais que sustentarão os eixos propulsores. Para isto, existem rotinas de computador em que se inserem as características das linhas de eixos, e calculam-se os valores das cargas em quaisquer condições do navio:

- a) navio na carreira, linha de eixo fria com haste somente na seção do propulsor, sem óleo, desacoplada do módulo secundário e hélice sem as pás;
- b) navio na carreira, linha de eixo fria com haste somente na seção do propulsor, com óleo, desacoplada do módulo secundário e hélice sem as pás;
- c) navio flutuando, linha de eixo fria com haste somente na seção do propulsor, sem óleo, desacoplada do módulo secundário e hélice sem as pás;
- d) navio flutuando, linha de eixo fria com haste somente na seção do propulsor, com óleo, acoplada ao módulo secundário e hélice sem as pás;
- e) navio flutuando, linha de eixo fria com haste interna completa, com óleo, acoplada ao módulo secundário e hélice com as pás, montagem completa do sistema HPC.

Para cada uma dessas configurações o programa calcula, além da carga do mancal, a matriz com os coeficientes de influência, ou seja, ao ser deslocado o mancal na direção vertical, para cima ou para baixo de um determinado valor, sabe-se qual foi a variação de carga no próprio e nos outros mancais. Estas informações serão usadas para corrigir as cargas junto aos flanges de BB e BE (posições dos macacos) e dos mancais internos, liberando o início dos trabalhos de ajustagem dos calços e fixação dos respectivos mancais.

Existem dois procedimentos práticos para verificação das cargas, que são denominados de procedimento tradicional e procedimento simplificado. O procedimento tradicional é usado para qualquer tipo de mancal, porém, devido à dificuldade de medida da carga, só é usado quando não é possível a utilização do procedimento simplificado, que, por sua vez, deve ser usado sempre que for possível retirar a telha inferior do mancal (casquilho inferior). Em ambos os procedimentos deve-se desmontar o mancal de modo que fique livre de interferência da parte superior. Como a corveta em estudo possui mancais de fácil desmontagem do casquilho inferior, será aqui descrito o procedimento simplificado para medida da carga dos mancais.

### 2.5.3.1 Roteiro para procedimento simplificado

- a) Verifica-se, inicialmente, se o eixo propulsor está livre em toda sua extensão de modo evitar influências que introduzam erros na verificação das cargas.
- b) Posiciona-se um macaco hidráulico centralizado na parte inferior do eixo o mais próximo possível do mancal que se quer medir a carga. Este macaco pode ser posicionado a vante ou a ré do mancal. Na Corveta em estudo os macacos foram posicionados a vante dos mancais e à ré dos flanges dos eixos;
- c) Coloca-se um relógio comparador por cima do eixo, com sua haste alinhada com o êmbolo do macaco;
- d) Zera-se o relógio, levanta-se o eixo com o macaco e retira-se a pressão. Para se certificar de que o relógio está retornando a zero, deve-se repetir a operação, zerando-se o ponteiro do relógio sempre que o macaco for despressurizado. A partir do momento que o ponteiro do relógio estiver sempre retornando a zero, quando o macaco estiver despressurizado, pode-se prosseguir;
- e) Deve-se, então, construir uma tabela da seguinte forma: Levantar o eixo com o macaco até ser possível retirar a telha inferior. Este valor se situa entre 0,8 mm e 1,2 mm. Com a telha inferior retirada, começa-se a baixar o eixo, efetuando a primeira leitura na descida em 0,6 mm, continua-se baixando de 0,1mm em 0,1mm, anotando-se em todos os pontos o valor da pressão indicada no manômetro do macaco, deve-se descer o eixo no máximo até o relógio comparador indicar (- 0,8)mm; A partir deste ponto passa-se a levantar o eixo, fazendo a primeira leitura em (- 0,6)mm e continua-se subindo de 0,1mm em 0,1 mm, anotando a pressão em cada ponto até um máximo de 0,6 mm; Sobe-se o eixo até um valor entre 0,8 e 1,2 e recoloca-se a telha inferior; abaixa-se o eixo até apoiá-lo na telha inferior; e verifica-se se o relógio retornou a zero.
- f) Com os valores de pressão na subida e na descida do eixo ao passar pelo zero do relógio, calcula-se a média e obtém-se a pressão média

que multiplicada pela área do êmbolo do macaco obtém-se a carga do mancal.

Exemplo com valores fictícios:

Pressão do manômetro do macaco no ponto zero = 16 Kgf/cm<sup>2</sup>  
(descida)

Pressão do manômetro do macaco no ponto zero = 30 Kgf/cm<sup>2</sup> (subida)

Pressão média =  $(16 + 30)/2 = 23\text{Kgf/cm}^2$

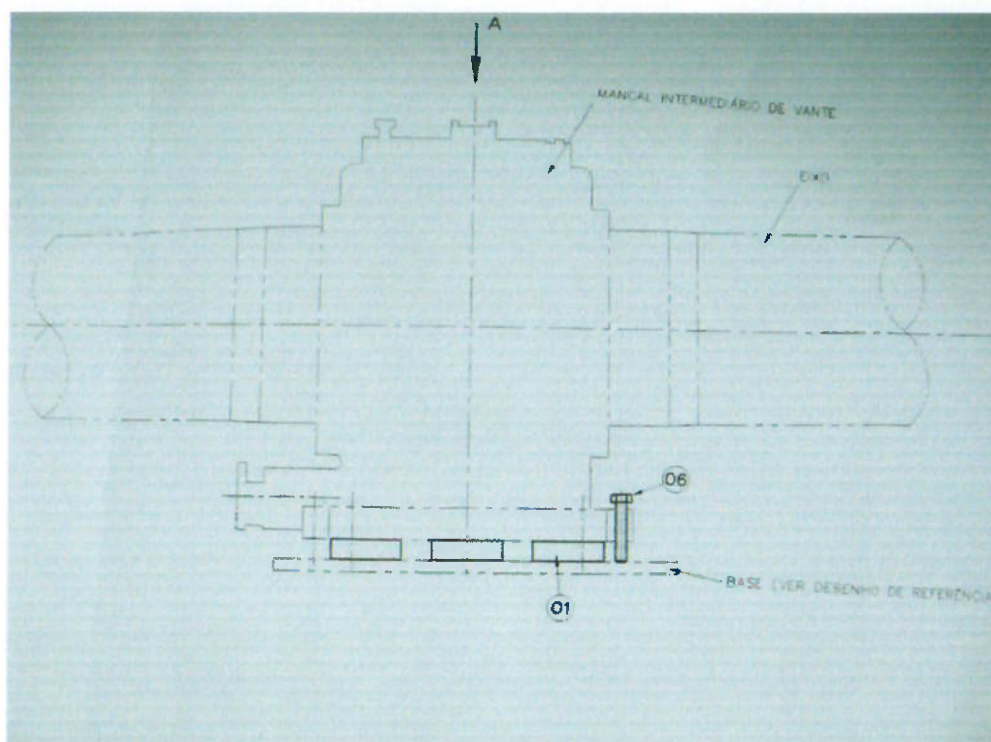
Área do êmbolo = 11,355 cm<sup>2</sup>

Carga = pressão média x área do êmbolo =  $23 \times 11,335 = 260,71\text{ Kgf}$

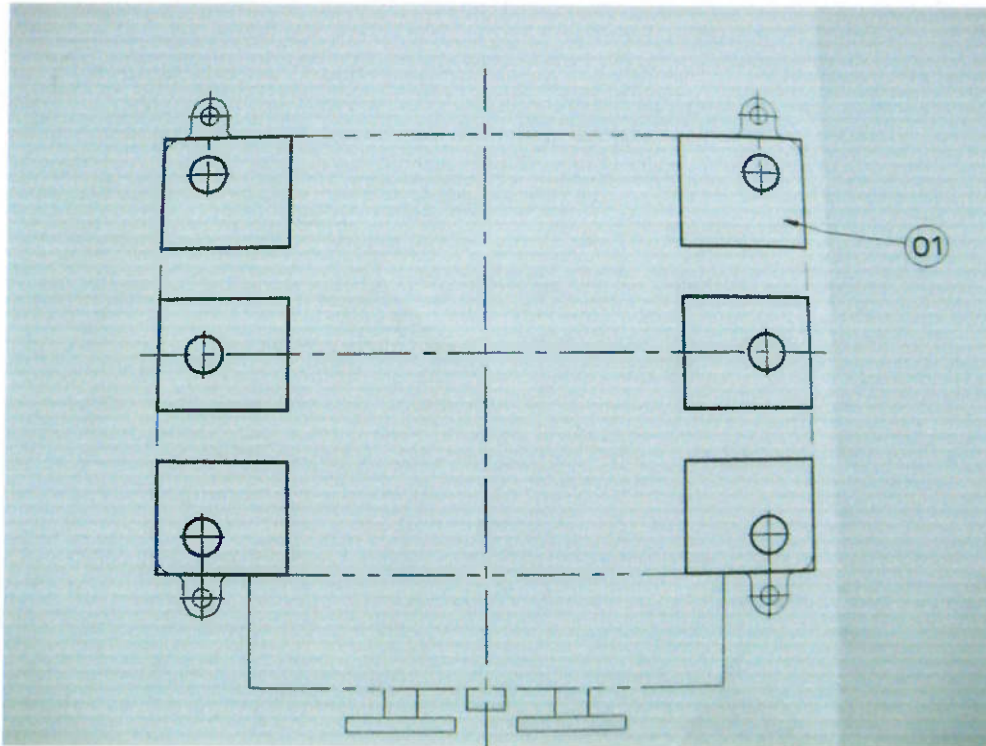
- g) Com a possibilidade de se obter com leitura direta os valores da pressão na subida e na descida no ponto zero, sem a necessidade confecção de tabela e gráfico, é possível ajustar rapidamente a carga do mancal. Só então se elabora a tabela e o gráfico, com o mancal na posição final, para registro.
- h) A ajustagem da carga do mancal é feita subindo ou descendo os parafusos usados na fase de alinhamento.
- i) Quando o serviço de alinhamento e posicionamento dos mancais na carreira é concluído, montam-se completamente as linhas de eixos e verificam-se os valores das cargas dos mancais (primeira verificação) para compará-los com os valores calculados pelo programa para as condições do navio. Se houver alguma divergência, deve-se descobrir e solucionar o problema antes do lançamento do navio.
- j) Com o navio flutuando, depois do lançamento, devem-se lastrar os tanques de forma que a estrutura da viga navio se comporte o mais próximo possível da condição de operação com o fim de medir e corrigir as cargas dos mancais das linhas de eixos nessa condição (segunda verificação de carga).
- k) Centraliza-se o flange do eixo na referência marcada anteriormente na sua cadeira de referência, usando um macaco sustentando o eixo (figura 17) deixando o flange livre para movimentações verticais, para isto, os parafusos de centralização do flange existentes na cadeira do macaco devem ficar levemente encostados no eixo para impedir

deslocamentos horizontais e livres para deslocamentos verticais. É possível, então, medir e corrigir as cargas dos mancais internos e dos flanges dos eixos. A correção das cargas é feita com ajustes das alturas dos mancais internos mantendo-se o flange do eixo, se possível, centrado na sua cadeira de referência. Se for necessário deslocar para corrigir a carga, deve-se fazer igual em BB e BE.

- I) Com as cargas dos mancais e dos flanges de acoplamento de acordo com o calculado (uma diferença de 10% é admissível), pode-se partir para ajustagem dos calços dos mancais (Figura 15 e Figura 16) e fixação definitiva.



**Figura 15 - Desenho dos mancais internos**



**Figura 16 - Detalhe dos calços dos mancais internos**

- m) A ajustagem dos calços é realizada manualmente. Primeiro usinam-se os calços, aproximando-os das dimensões dos alojamentos. Em seguida faz-se um furo roscado no calço, onde se instala uma haste, para facilitar o manuseio. Passa-se azul da Prússia no jazente do mancal e na face inferior do mancal. Segurando o calço pela haste introduz-se com velocidade em seu alojamento. Puxa-se o calço e esmerilha-se as áreas marcadas com azul. Repete-se esta operação até o calço atingir a posição de montagem e apresentar contato de no mínimo 90%. O controle de qualidade deverá ser chamado para aprovar a ajustagem dos calços.
- n) Estes mancais, por serem auto compensados, não necessitam de ajustagem de contato entre eixo e casquilho.

## 2.5.4 Alinhamento e calçamento da redutora

O objetivo do alinhamento da redutora é fazer com que seu flange de acoplamento com o flange da linha de eixo (Figura 17) fique com os valores de *gap* (paralelismo entre flanges) e *off set* (alinhamento axial entre flanges) dentro das tolerâncias da RENK ZANINI, fabricante da redutora, e atenda às condições de projeto da linha de eixo. Esses valores foram definidos considerando, além das dilatações das carcaças, a carga que o acoplamento deve transmitir ao mancal de vante e de ré de sustentação do mancal de escora da redutora (módulos secundários de BB e BE).

Antes de se iniciar o alinhamento da redutora, é necessário conferir a centralização do flange do eixo nas referências da cadeira, de maneira a garantir que o nivelamento e a distância entre centros das linhas de eixo estão conforme projeto (5002 mm).

Outro cuidado é aproximar o flange de acoplamento da redutora ao do eixo considerando que o eixo foi posicionado intencionalmente afastado para facilitar o alinhamento. Embora os eixos tenham sido posicionados deslocados para ré aproximadamente 20mm, este cuidado se deveu a necessidade de se ter afastamento para instalação do espaçador, pois antes de ser montado, o espaço que será ocupado por ele permite que se faça o alinhamento. O espaçador previsto entre flange do eixo e flange da redutora tem a função de corrigir diferenças de posicionamentos longitudinais entre os dois módulos secundários. Estas diferenças são decorrentes da posição de acomodação do trem de engrenagens do módulo primário, que durante os testes de funcionamento em fábrica, no qual se transmite potência ao eixo de entrada, os dois eixos de saída se acomodam com pequena diferença, ou seja, o flange de saída de BB se acomoda deslocado mais avante ou a ré que o de BE. O espaçador tem a função de compensar esta diferença.

Na corveta em estudo, foi efetuado o alinhamento seguindo as instruções dos planos, que indicava afastamentos iguais nos dois flanges de saída do módulo primário, e descobriu-se, por acaso, que houve erro quando foi experimentado instalar a tampa do acoplamento e viu-se que ela não entrava. Foi contatado o fabricante, que forneceu a informação que as cotas de alinhamento, obtidas nos

testes de fábrica, estavam gravadas na carcaça do módulo primário, acima dos flanges de acoplamento aos módulos secundários. O alinhamento foi então refeito.

Outro problema enfrentado neste alinhamento ocorreu após o alinhamento dos módulos secundários aos eixos. Neste tipo de conjunto redutor em que um módulo primário recebe potência de uma turbina e esta potência é transmitida a dois módulos secundários, deve-se efetuar o alinhamento dos três módulos ao mesmo tempo. Primeiro nivelam-se e alinham-se, com o auxílio de parafusos macacos, os dois módulos secundários aos eixos; em seguida aproxima-se o módulo primário de modo que os alojamentos de seus dois flanges de saída fiquem alinhados aos flanges de entrada dos módulos secundários (Figura 19). Ao término dessas ações, verificou-se que havia uma diferença superior a 20 mm, indicando a necessidade de afastamento dos módulos secundários na direção dos bordos em 10 mm cada módulo. Sendo a tolerância de *off set* deste alinhamento de 0,7mm. O problema era como poderia ser conseguido o alinhamento, visto que os módulos secundários já estavam perfeitamente alinhados aos eixos. Nesta hora houve um período de indecisão, pois a situação indicava a necessidade de se refazer todo o alinhamento, um trabalho que atrasaria o projeto em no mínimo dois anos. Felizmente descobriu-se, após duas semanas de verificações, que a solução era simplesmente girar os módulos secundários em torno dos eixos propulsores e fixá-los desnivelados, com isto, os flanges de entrada dos módulos secundários se afastaram e se posicionaram de modo a permitir o exato alinhamento com os flanges de saída do módulo primário.

A Figura 20 fornece as tolerâncias de alinhamento do conjunto redutor.

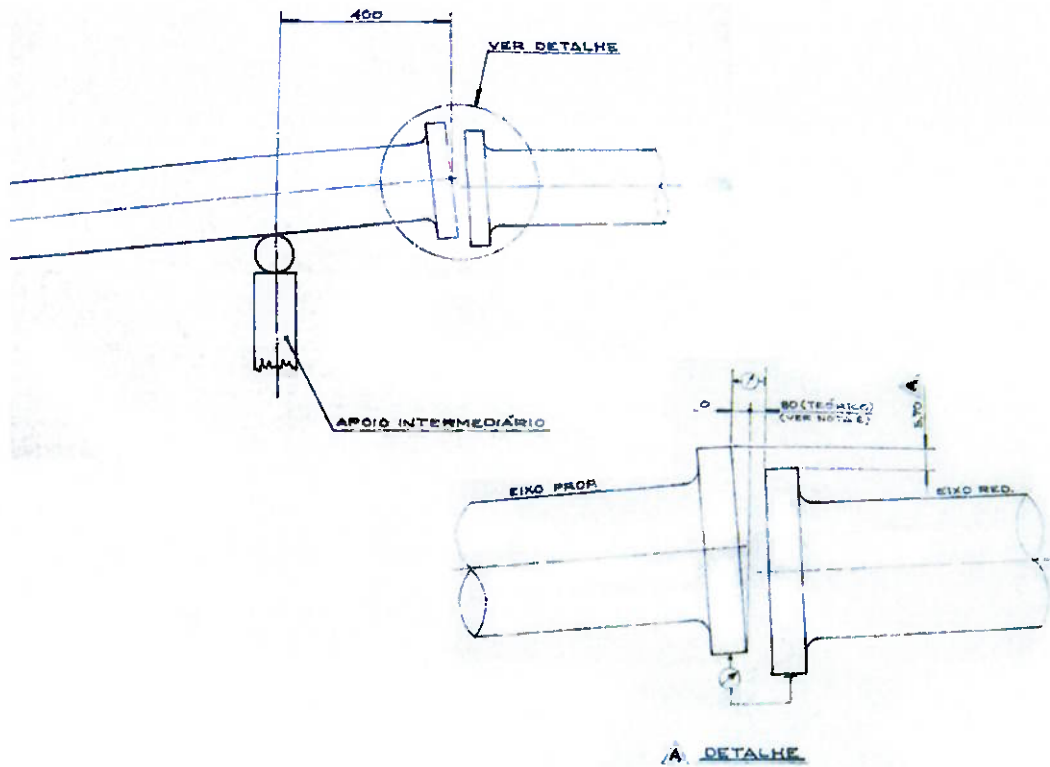


Figura 17 - Acoplamento eixo-reduzora (detalhe da posição relativa final)



Figura 18 - Esquema de aproximação e do posicionamento dos relógios comparadores para alinhamento (fonte: SKF, 2011, modificado)



Com o conjunto redutor alinhado e travado, passou-se à fase de ajustagem dos calços e fixação do conjunto de engrenagens redutoras. Ela se iniciou pelos módulos secundários, e com eles calçados e fixados, conferiu-se o alinhamento com o primário, e então, ajustou-se os calços e fixou-se o módulo primário. Concluída a fixação dos módulos secundários, foi possível usinar os espaçadores nas espessuras adequadas, e aguardar a próxima docagem do navio para montá-los e trabalhar no alargamento dos furos dos alojamentos dos parafusos para acoplamento dos eixos.

### **2.5.5 Verificação do contato de dentes após instalação do conjunto redutor**

O alinhamento dentro das tolerâncias de projeto e a correta ajustagem dos calços são detalhes fundamentais para o perfeito contato de dentes das engrenagens do conjunto redutor. A verificação do contato de dentes deve ser feita antes e após o acoplamento do propulsor.

### **2.5.6 Terceira verificação das cargas dos mancais**

Após o término da instalação definitiva da redutora, acoplamento aos eixos e instalação completa do sistema HPC, deve-se verificar as cargas dos mancais internos das linhas de eixos para registro final de montagem. Estes valores de cargas deverão ser comparados com os calculados pelo programa (Figura 21). Se estes valores estiverem de acordo, considerando-se uma tolerância de 10%, o sistema está alinhado corretamente e pronto para funcionamento.

**Coefficientes de Influência das Reações dos Mancais  
(kg/mm de deslocamento do mancal)**

Mancal	1 Red. AV	2 Red. AR	3 PMR	4 PMAV	5 PGI	6 PGP
1	7205,00	-8110,49	1157,94	-304,77	61,06	-8,75
2	-8110,49	9159,15	-1371,45	389,68	-78,07	11,18
3	1157,91	-1371,41	374,57	-220,48	69,35	-9,93
4	-304,71	389,61	-220,47	236,14	-130,96	30,38
5	61,01	-78,01	69,34	-130,95	117,15	-38,54
6	-8,73	11,16	-9,93	30,38	-38,54	15,65

**Reações dos Mancais Alinhados (kgf)**

Mancal	1 Red. AV	2 Red. AR	3 PMR	4 PMAV	5 PGI	6 PGP
Reação	4615,9	3450,9	5102,4	4180,2	4221,6	7710,1

**Figura 21 - Tabela de coef. de influência e cargas dos mancais com o sistema completo e navio flutuando**

### **2.5.7 Alinhamento dos motores de combustão principais (MCP)**

O alinhamento dos motores de combustão principais deve ser feito após o alinhamento da redutora (seção 2.5.4). Ele deve ser feito de acordo com o procedimento fornecido pela MTU e consiste no seguinte:

- a) O motor é fornecido com os calços flexíveis travados para transporte e deve ser alinhado à redutora nesta condição. Eles foram travados após o carregamento mínimo dos calços por 48 horas executado pela MTU e estão prontos para alinhamento;
- b) Confira o pré-carregamento dos calços flexíveis corrigindo se necessário. A altura dos calços incluindo os flanges é de  $219 \pm 1$ mm. O controle de qualidade deve registrar a altura dos calços. Estas medidas servirão de histórico em um próximo alinhamento;

- a) Aproxime o motor a uma distância de  $1500^{+0}_{-2}$  mm entre os flanges do acoplamento Geislinger e do acoplamento flúido;
- b) Instale o dispositivo de alinhamento (carretel) conforme desenho ;
- c) O alinhamento vertical deve ser feito usando os “parafusos macacos” já instalados nos suportes dos calços. Podem ser utilizados também, macacos hidráulicos;
- d) Devem ser instalados “parafusos macacos” na posição horizontal (laterais, a vante e a ré do motor), a fim de possibilitar o deslocamento longitudinal e transversal;
- e) Devem ser observados os valores de “gap” e “offset” e respeitadas às tolerâncias definidas pela MTU;
- f) Marque as posições dos calços na chapa face do jazente, levante o motor e fure nas posições correspondentes aos parafusos dos calços e aos parafusos-guia (se necessário);
- g) Retorne com o motor para a posição anterior e confira o alinhamento;
- h) Meça os espaços ( $\approx 20$ mm) entre flanges dos calços e jazentes, fabrique e ajuste os calços rígidos em seus alojamentos;
- i) Instale os parafusos dos calços M16 (classe 10.9), utilizando torque de  $250 \pm 25$  Nm;
- j) Conecte as tubulações, retraia os “parafusos macaco” e trave-os usando as porcas;
- k) Retire os parafusos centrais que travam os calços flexíveis, feche a furação com o bujão e o anel de vedação e guarde os parafusos para uso futuro;
- l) Confira o alinhamento do MCP utilizando ainda o dispositivo (carretel). O alinhamento nesta condição deve ter “gap” máximo de 0,8mm e “offset” máximo de 4mm. Excedendo estes limites, o motor necessitará de novo alinhamento;
- m) Trave os parafusos de fixação dos calços flexíveis ao jazente com arame aço inox de bitola 1,5mm;
- n) Instale os flanges do acoplamento Centalink aos flanges da redutora e do acoplamento Geislinger com parafusos M22x1,5x90 Classe 10.9

com torque inicial de  $200_{-0}^{+20}$  Nm mais o ângulo de rotação de  $90_{-0}^{+5^\circ}$  e monte a parte central do acoplamento com parafusos M36x140 e M36x150 Classe 10.9 com torque de  $2900_{-0}^{+150}$  Nm. Os parafusos devem ser lubrificados com óleo. Desenho MTU nº 584 003 19 25.

### **2.5.8 Alinhamento da turbina a gás**

O procedimento de alinhamento da turbina a gás é fornecido pela GE e executado pela própria assistência técnica GE, sendo função do estaleiro a preparação da turbina para alinhamento e esta preparação consiste em, inicialmente, deixar a turbina suspensa por parafusos macacos de modo que os calços fiquem sem carga por no mínimo 24 horas. Em seguida deve-se deixar a turbina apoiada sobre os calços na própria base, que tem a inclinação das linhas de eixos, para acomodação dos calços na posição de trabalho por quinze dias, tendo o cuidado para que o invólucro fique livre de qualquer interferência externa. Terminado o período de acomodação, deve-se travar os calços, aproximar o flange da turbina ao flange de entrada do módulo primário da redutora e acoplá-lo. Após acoplá-lo, o alinhamento é feito pela GE, por esta razão não será detalhado neste trabalho.

## **2.6 Referências a problemas ocorridos**

A realização de atividades de instalação de sistema de propulsão e governo sem dar atenção devida a certos detalhes pode vir a causar graves prejuízos na construção naval. Alguns problemas decorrentes da inobservância de pré requisitos estão referidos abaixo:

- a) Foi relatado durante a construção de determinado navio que a soldagem de barras antiderrapantes no convés principal provocou o travamento dos lemes. Foi necessário desmontar os lemes e refazer o broqueamento dos alojamentos dos mancais;

- b) Em outro caso, o broqueamento do pé de galinha foi iniciado sem que todos os pesos tivessem instalados. Ao ser posicionado o convão a máquina broqueadora emperrou. Todo o alinhamento teve que ser refeito para marcar novas referências de broqueamento.
- c) EM outro navio, não foi verificado o alinhamento das bases das redutoras e MCP em relação às linhas de eixo. Na instalação das linhas de eixo os flanges estavam tão desalinhados que foi necessário fabricar novas bases para redutora.
- d) Recentemente durante a soldagem de um dos pés de galinha de uma outra embarcação o mesmo foi travado e soldado direto sem atenção ao requisito de deixar o pé de galinha levemente livre para possibilitar o controle da soldagem. Quando os parafusos macacos foram liberados, este pé de galinha saiu da posição de alinhamento e foi necessária uma compensação drástica no alinhamento da bucha conforme pode ser constatado na Figura 22.



**Figura 22 - Bucha montada excêntrica para correção do alinhamento**

## PALAVRAS FINAIS

Este trabalho representa uma coletânea de informações recolhidas a partir de livros textos e várias entrevistas com mestres de máquina e engenheiros mecânicos no que tange a cuidados, materiais e ferramentas necessários para um bom alinhamento do sistema de propulsão da embarcação. Representa também um passo inicial ao registro deste tipo de atividade que, apesar de importante, até então segue sendo meramente empírica, deixando uma lacuna no conhecimento científico-acadêmico.

Conforme relatado no texto, alguns problemas podem ocorrer se uma ou mais das etapas não forem seguidas, acarretando um retrabalho e prejuízo financeiro significativo para o projeto. Além disso, mesmo que o procedimento seja seguido, se não forem obedecidas as tolerâncias dimensionais para cada etapa, o sistema de propulsão poderá vir a apresentar uma série de problemas como: ruído, vibrações, desgaste excessivo, manutenções frequentes, correndo o risco de superaquecimento, e, provavelmente, tornando-se um sistema problemático.

É certo, no entanto, que uma vez seguindo com rigor e atenção as observações aqui apresentadas, o sistema de propulsão do navio, que pode ser considerado o seu coração, terá um funcionamento suave, livre de ruídos e dificilmente necessitará de manutenção corretiva.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

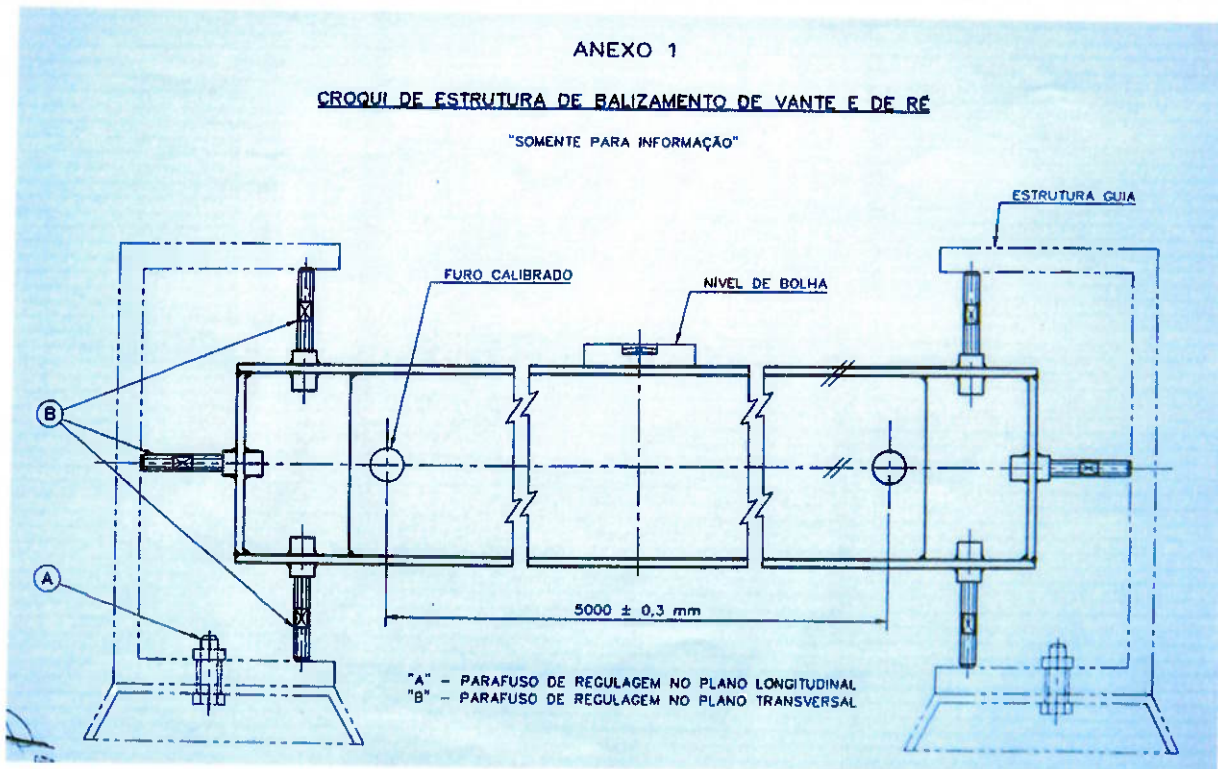
SKF. ***Accurate shaft alignment really matters***. s.d.

<http://www.mapro.skf.com/alignment/alignment.html>. Acesso em 15 jul 2011.

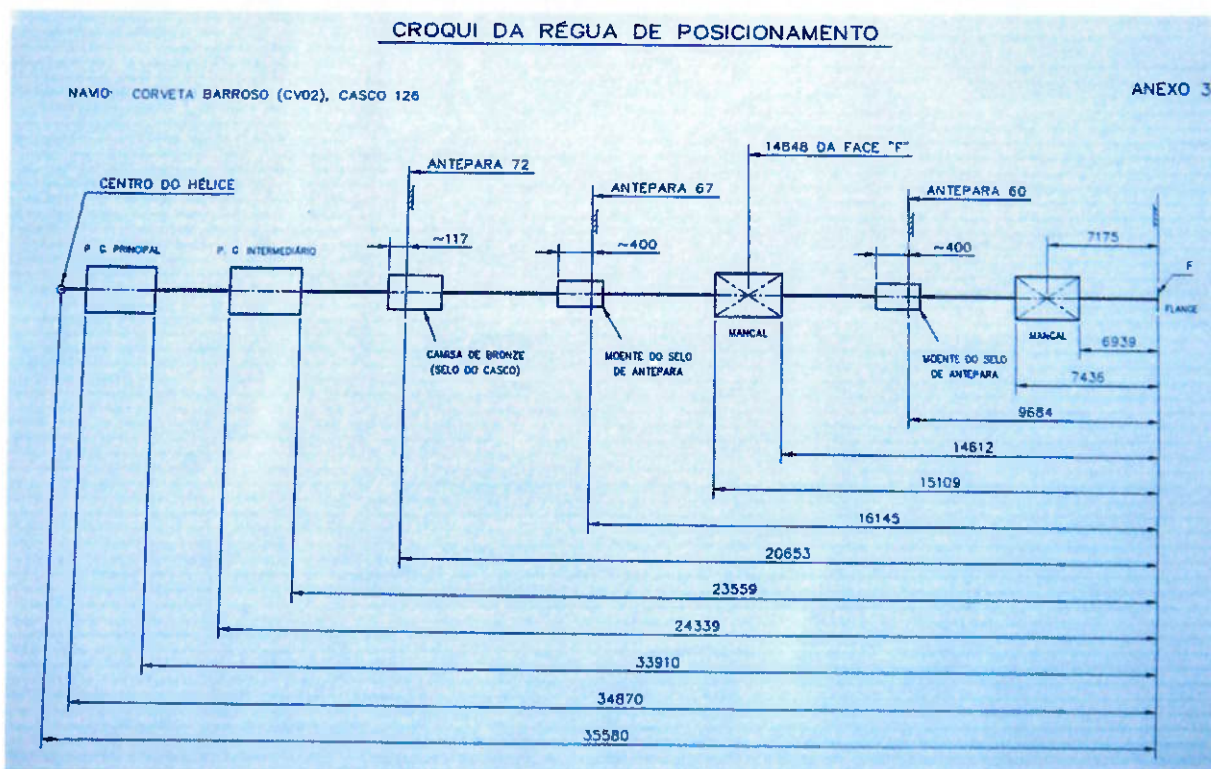
ARNOTT, D. ***Design and construction of steel Merchant ships***. New York: Society of Naval Architects and Marine Engineers, 1955.

NEWTON, R.N. ***Practical Construction of Warships***. 2<sup>nd</sup> ed. London: Royal Corps of Naval Constructors, 1955.

## ANEXO 1: Estruturas de Balizamento de Vante e de Ré



## ANEXO 2: Croqui da régua e posicionamento



**ANEXO 3: Posição das cadeiras auxiliares de referência e estruturas de balisamento para alinhamento**

