

ÁLVARO JOSÉ DE ALMEIDA CALEGARE

CONSIDERAÇÕES SOBRE UM MODELO DE SÍNTESE PROPOSTO
PARA O PROJETO DE CONCEPÇÃO DE NAVIOS DE GUERRA
DO TIPO PATRULHA, COM DESLOCAMENTO ENTRE 800 E
1,800 TONELADAS

Dissertação de Mestrado apresen-
tada à Escola Politécnica da
USP para a obtenção do Título
de Mestre em Engenharia.

CONSULTA
FD-672

São Paulo, 1984

AGRADECIMENTOS

- In Memoriam, ao Prof. Dr. Alfredo Coaracy Brazil Gandolfo, pelo apoio prestado durante o desenvolvimento do curso de mestrado e pelas atitudes amigas nas horas difíceis.
- Ao CMG (EN) - Jorge Pinheiro da Costa Veiga, pela valiosa orientação prestada para o desenvolvimento desta dissertação.
- Ao Prof. Gabriel Lima Silva Dias Filho, pelo tempo que dedicou à profícua discussão de vários assuntos de interesse para esta dissertação.
- Ao Sr. Francisco Gomes da Silva, pela paciência em datilografar esta dissertação, com excelentes resultados.
- Aos meus filhos Alvarito, Marcelo, Leonardo e Bruno, pedindo compreensão pelas horas em que não pude assistí-los convenientemente nos últimos anos.

R E S U M O

Este trabalho mostra as principais considerações que foram levadas em conta durante o desenvolvimento do Modelo de Síntese para o Projeto de Concepção de navios de Guerra do tipo Patrulha, com deslocamento entre 800 e 1800 toneladas.

As principais restrições técnicas são apresentadas e são feitos comentários sobre os principais critérios de avaliação de navios de guerra, indicando os valores de mérito adotados pelo Modelo de Síntese.

O processo de geração de alternativas é indicado, bem como o processo de otimização do programa. São analisadas as faixas de aplicabilidade das principais variáveis envolvidas e discutidos os modelos matemáticos do programa principal e das várias sub-rotinas.

No final são apresentados dois exemplos de aplicação e as principais conclusões e recomendações do trabalho.

A B S T R A C T

This work describes the main considerations in developing a synthesis model for the Conception Design of Patrol Ships, with displacement between 800 and 1.800 tons.

The main technical restrictions are presented and comments are made on the principal evaluation criteria, showing the selected figures of merit.

The alternative generation process is shown as well as the optimization method. The applicability range of the main variables is analysed, with the discussion of the mathematical models of the main program and the various subroutines.

Finally two application examples are presented along with the main conclusions and recommendations.

Í N D I C E

Resumo/Abstract.....	i
Índice.....	ii
Lista de Figuras.....	vii
Lista de Tabelas.....	ix
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	1.1
1.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	1.1
1.2 - OBJETIVO E RESTRIÇÕES.....	1.5
1.2.1 - Definição do Objetivo.....	1.5
1.2.2 - Restrições.....	1.5
CAPÍTULO 2 - CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO.....	2.1
2.1 - MENOR DESLOCAMENTO.....	2.1
2.2 - MAIOR PODER BÉLICO.....	2.3
2.3 - MENOR CUSTO INICIAL.....	2.3
2.4 - MENOR CUSTO DO CICLO DE VIDA.....	2.4
2.5 - MENOR POTÊNCIA PROPULSIVA REQUERIDA.....	2.5
2.6 - RESERVA DE ÁREAS E VOLUMES E DE DESLOCAMENTO.....	2.5
2.7 - OUTRAS MEDIDAS DO VALOR DE MÉRITO.....	2.6
2.8 - MEDIDAS DO VALOR DE MÉRITO UTILIZADAS PELO MODELO..	2.7
CAPÍTULO 3 - GERAÇÃO E SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS.....	3.1
3.1 - SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES.....	3.1
3.2 - PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO.....	3.2
3.3 - PROGRAMA PRINCIPAL.....	3.3

CAPÍTULO 4 - DADOS DE ENTRADA E ANÁLISE DAS FAIXAS DE APLICABILIDADE DAS PRINCIPAIS VARIÁVEIS.....	4.1
4.1 - DADOS DE ENTRADA OBRIGATÓRIOS.....	4.1
4.2 - DADOS DE ENTRADA OPCIONAIS.....	4.2
4.2.1 - Dados de Entrada Opcionais I (adotados pelo programa).....	4.2
4.2.2 - Dados de Entrada Opcionais II (calculados pelo programa).....	4.4
4.3 - ANÁLISE DAS FAIXAS DE APLICABILIDADE DE ALGUMAS DAS PRINCIPAIS VARIÁVEIS.....	4.5
4.3.1 - Coeficiente Volumétrico (C_V).....	4.6
4.3.2 - Comprimento entre Perpendiculares (L_{pp}).....	4.9
4.3.3 - Coeficientes de Bloco, Prismático e de Seção Mestra.....	4.19
 CAPÍTULO 5 - MODELOS MATEMÁTICOS DO PROGRAMA PRINCIPAL....	 5.1
5.1 - PONTAL INICIAL A MEIA NAU.....	5.1
5.2 - NÚMERO DE TRIPULANTES E DE ACOMODAÇÕES.....	5.2
5.3 - COEFICIENTE DE LINHA D'ÁGUA (CW).....	5.3
5.4 - COEFICIENTE DE INÉRCIA TRANSVERSAL (CIT).....	5.4
5.5 - VOLUME DO DESLOCAMENTO CARREGADO (∇).....	5.6
5.6 - COEFICIENTE VOLUMÉTRICO (C_V).....	5.7
 CAPÍTULO 6 - MODELOS MATEMÁTICOS DA SUB-ROTINA DE DIMENSÕES PRINCIPAIS (DIMENS).....	 6.1
6.1 - COEFICIENTE DE BLOCO (C_B).....	6.1
6.2 - CALADO CARREGADO MOLDADO (H).....	6.1
6.3 - BOCA MOLDADA (B).....	6.2
6.4 - DIAGRAMA DE BLOCOS DA SUB-ROTINA DIMENS.....	6.2

CAPÍTULO 7 - MODELOS MATEMÁTICOS DA SUB-ROTINA DA PROPULSÃO.....	7.1
7.1 - ESTIMA DO SHP PELA SÉRIE DE TAYLOR.....	7.1
7.2 - ESTIMA DO SHP PELA SÉRIE "C", DE HAMBURGO.....	7.6
7.3 - DETERMINAÇÃO DOS BHPs.....	7.10
7.3.1 - Determinação do BHP de Cruzeiro.....	7.11
7.3.2 - Determinação do BHP máximo.....	7.11
7.4 - ESCOLHA DOS MOTORES PROPULSORES.....	7.12
7.5 - ESTIMA DO COMPRIMENTO DAS PRAÇAS DE MÁQUINAS.....	7.14
7.6 - ESTIMA DOS PESOS DE ÓLEOS COMBUSTÍVEL E LUBRICANTE	7.15
7.6 - DIAGRAMA DE BLOCOS DA SUB-ROTINA DA PROPULSÃO.....	7.17
CAPÍTULO 8 - MODELOS MATEMÁTICOS DA SUB-ROTINA DA INSTALAÇÃO ELÉTRICA.....	8.1
8.1 - ESTIMA DAS CARGAS ELÉTRICAS.....	8.1
8.2 - POTÊNCIA ELÉTRICA NOMINAL DE CADA GERADOR.....	8.2
8.3 - PESO DO ÓLEO COMBUSTÍVEL PARA OS GRUPOS GERADORES..	8.3
8.4 - DIAGRAMA DE BLOCOS DA SUB-ROTINA DA INSTALAÇÃO ELÉTRICA (PLELT).....	8.4
CAPÍTULO 9 - MODELOS MATEMÁTICOS DA SUB-ROTINA DE ÁREAS E VOLUMES.....	9.1
9.1 - DETERMINAÇÃO DOS PONTAIS A MEIO NAVIO, AV E AR.....	9.2
9.2 - CÁLCULO DO VOLUME OU COMPRIMENTO DAS PRAÇAS DE MÁQUINAS.....	9.4
9.3 - BALANCEAMENTO DE VOLUMES PARA TANQUES.....	9.7
9.4 - DETERMINAÇÃO DOS REQUISITOS DE ÁREAS A SEREM ALOCADAS EM CADA CONVÉS.....	9.12

9.5 - BALANCEAMENTO DE ÁREAS EXCLUSIVAMENTE NA SUPERESTRUTURA.....	9.18
9.6 - VERIFICAÇÃO DO COMPRIMENTO DO CONVÉS EXPOSTO.....	9.24
9.7 - BALANCEAMENTO DE ÁREAS NO CASCO.....	9.26
9.8 - DIAGRAMA DE BLOCOS SIMPLIFICADO DA SUB-ROTINA DE ÁREAS E VOLUMES.....	9.29
CAPÍTULO 10 - MODELOS MATEMÁTICOS DA SUB-ROTINA DE PESOS E CENTROS DE GRAVIDADE.....	10.1
10.1- CÁLCULO DE PESOS.....	10.1
10.2- DETERMINAÇÃO DO PESO DO NAVIO LEVE.....	10.3
10.3- DETERMINAÇÃO DO PESO TOTAL DO NAVIO CARREGAMENTO E DA DISCREPÂNCIA DE DESLOCAMENTO.....	10.4
10.4- ESTIMA DAS POSIÇÕES DOS CENTROS DE GRAVIDADE.....	10.5
10.5- DIAGRAMA DE BLOCOS DA SUB-ROTINA DE PESOS E CENTROS	10.7
CAPÍTULO 11 - MODELOS MATEMÁTICOS DA SUB-ROTINA DA ESTABILIDADE.....	11.1
11.1- ESTIMA DE BM E KB.....	11.1
11.2- ESTIMA DE GGv.....	11.2
11.3- DETERMINAÇÃO DA RESERVA DE ESTABILIDADE.....	11.2
11.4- DIAGRAMA DE BLOCOS DA SUB-ROTINA DA ESTABILIDADE...	11.3
CAPÍTULO 12 - SUB-ROTINA DE AVALIAÇÃO.....	12.1
CAPÍTULO 13 - SUB-ROTINA DE SAÍDA COMPLETA.....	13.1
CAPÍTULO 14 - SUB-ROTINA DE RE-ORDENAÇÃO.....	14.1

CAPÍTULO 15 - EXEMPLOS DE APLICAÇÃO.....	15.1
15.1 - PRIMEIRO EXEMPLO DE APLICAÇÃO.....	15.1
15.1.1 - Valores Adotados para as Variáveis Inde pendentes e Dados Fornecidos ao Progra ma.....	15.1
15.1.2 - Dados de Saída, Relevantes para a Análi se de Sensibilidade.....	15.4
15.1.3 - Análise de Sensibilidade do BHP, com Re lação às Variáveis Independentes.....	15.5
15.2 - SEGUNDO EXEMPLO DE APLICAÇÃO.....	15.13
15.2.1 - Valores Adotados para as Variáveis Inde pendentes e Dados Fornecidos pelo Pro- grama.....	15.13
15.2.2 - Dados de Saída.....	15.14
CAPÍTULO 16 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	16.1
ANEXO A - RELAÇÃO DOS NAVIOS COM MENORES POTÊNCIAS INS- TALADAS.	
ANEXO B - SAÍDA COMPLETA DAS MELHORES ALTERNATIVAS.	
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
3.1	DIAGRAMA DE BLOCOS DO PROGRAMA PRINCIPAL.....	3.4
5.1	CIT EM FUNÇÃO DE CW.....	5.5
6.1	DIAGRAMA DE BLOCOS DA SUB-ROTINA DIMENS.....	6.3
7.1	β VERSUS V/\sqrt{L}	7.5
7.2	CONFIGURAÇÃO DA INSTALAÇÃO PROPULSORA.....	7.13
7.3	CURVA (LPM/L _{pp}) x BHP _{mot}	7.15
7.4	DIAGRAMA DE BLOCOS DA SUB-ROTINA DA PROPULSÃO..	7.18
8.1	DIAGRAMA DE BLOCOS DA SUB-ROTINA PLELT.....	8.4
9.1	ARRANJO BÁSICO DO NAPACO.....	9.1
9.2	DPM x SHPM.....	9.2
9.3	DIAGRAMA DE BLOCOS DA DETERMINAÇÃO DOS PONTAIS.	9.5
9.4	ARRANJO BÁSICO DA SUPERESTRUTURA.....	9.18
9.5	DIAGRAMA DE BLOCOS SIMPLIFICADO DA SUB-ROTINA DE ÁREAS E VOLUMES.....	9.30
10.1	DIAGRAMA DE BLOCOS SIMPLIFICADO DA SUB-ROTINA DE PESOS E CENTROS.....	10.8
11.1	DIAGRAMA DE BLOCOS DA SUB-ROTINA DA ESTABILIDA- DE.....	11.4
15.1	VARIAÇÃO DO BHP _{max} COM CADA VARIÁVEL INDEPENDEN TE, MANTIDAS AS OUTRAS CONSTANTES.....	15.8
16.1	ARRANJO BÁSICO DO NAPACO.....	16.4

LISTA DE TABELAS

TABELA		PÁGINA
4.1	VALORES DE L_{tot} E L_{pp} PARA OS DESLOCAMENTOS DE 700 E 2000t.....	4.11
4.2	VALORES EXTREMOS DE L_{pp} PARA NAVIOS SEMELHANTES NA FAIXA DE DESLOCAMENTO DE 700 A 2000t.....	4.11
4.3	LIMITAÇÕES DE L DEVIDO A C_v E V/\sqrt{L}	4.13
4.4	VALORES MÍNIMOS E MÁXIMOS DE L DEVIDOS ÀS LIMITAÇÕES DE V/\sqrt{L} , PARA VÁRIAS VELOCIDADES DO NAVIO, UTILIZANDO-SE A SÉRIE DE TAYLOR.....	4.14
4.5	VALORES MÍNIMOS E MÁXIMOS DE L DEVIDOS ÀS LIMITAÇÕES DE V/\sqrt{L} , PARA VÁRIAS VELOCIDADES DO NAVIO, UTILIZANDO-SE A SÉRIE "C".....	4.15
4.6	VALORES MÍNIMOS DE L, DEVIDO À LIMITAÇÕES DE C_A LADO, USANDO-SE A SÉRIE DE TAYLOR.....	4.16
4.7	VALORES LIMITES DE L A SEREM CONSIDERADOS NO MODELO DE SÍNTESE.....	4.18
7.1	INFORMAÇÕES SOBRE NAVIOS SEMELHANTES.....	7.14
8.1	FORMULAÇÃO ADOTADA PARA A ESTIMA DE CARGAS ELÉTRICAS.....	8.1
9.1	SUBDIVISÃO DOS REQUISITOS DE ÁREAS.....	9.12
9.2	TABELA DE ÁREAS.....	9.17
15.1	DADOS DE INTERESSE PARA A ANÁLISE DE SENSIBILIDADE, PARA $\Delta=970t$, $V_{max}=22$ NÓS e $V_{cruz}=10$ NÓS..	15.6

TABELA		PÁGINA
15.2	DADOS DE INTERESSE PARA A ANÁLISE DE SENSIBILIDADE, COM RELAÇÃO À VARIACÃO DO DESLOCAMENTO..	15.7
15.3	INCREMENTOS DO BHP MÁXIMO COM A VARIACÃO DE CADA UMA DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES, MANTENDO-SE AS OUTRAS CONSTANTES.....	15.7
15.4	INCREMENTOS DO BHP DE CRUZEIRO COM A VARIACÃO DE CADA UMA DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES, MANTENDO-SE AS OUTRAS CONSTANTES.....	15.11
15.5	INCREMENTOS DO BHP MÁXIMO COM A VARIACÃO DO COMPRIMENTO ENTRE PERPENDICULARES, PARA DIFERENTES VALORES DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES....	15.12

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A fase de Concepção de um navio de guerra é constituída de Estudos de Viabilidade e Projeto de Concepção.

Os Estudos de Viabilidade apresentam uma estimativa grosseira de várias soluções que atendem aos requisitos exigidos pela Alta Administração Naval, listando as características principais, ou faixas permitidas para cada uma delas.

No Projeto de Concepção são desenvolvidos um ou alguns dos estudos escolhidos, para análise mais profunda e para geração e seleção de solução otimizada de acordo com figuras de mérito escolhidas, permitindo uma visão mais completa e fundamentada a respeito do navio em estudo, além de melhorar um pouco a precisão das características básicas alcançadas.

No nosso caso, compete ao Estado-Maior da Armada o papel similar ao de um armador de navios mercantes. Ele desenvolve estudos estratégicos de alto nível, concluindo pela necessidade de tipos específicos de navios, com características básicas definidas. O Projeto de Concepção é, então, encomendado à Diretoria de Engenharia Naval (DEN) que desenvolve os estudos de viabilidade e o próprio Projeto de Concepção, havendo nessa fase um grande intercâmbio entre os dois órgãos da Marinha do Brasil (MB) a fim de ajustar os desejos e necessidades do EMA às limitações inerentes ao projeto de cada navio de guerra. Isto significa que existe uma "negociação" em torno dos requisitos i

niciais, já que cada um deles tem um custo no projeto, seja em dinheiro, seja em sacrifício de espaço, volume, pesos, habitabilidade, estabilidade, etc., prejudicando a eficiência operativa do navio.

Assim, o projeto de um navio de guerra é muito bem representado pela figura do "cobertor curto" - ou a cabeça ou os pés sempre ficarão de fora. É geralmente impossível criar-se um navio ideal e o projetista experiente procura uma solução de compromisso tal que todas as características do navio sejam boas ou pelo menos aceitáveis.

Para uma melhor seleção no Projeto de Concepção, é recomendável o estudo de grande número de alternativas, tomando tempo considerável do grupo de projetistas. Até o início da década de 60, isto era feito por uma equipe de 3 ou mais projetistas durante tempo superior a 5 meses, com base em projetos que já haviam sido desenvolvidos anteriormente.

Durante a década de 60, as Marinhas dos países desenvolvidos passaram a usar o computador digital, como uma ferramenta para sintetizar os dados existentes de navios, permitindo ao projetista livrar-se das tarefas rotineiras e dos cálculos repetitivos, dedicando todo o seu talento ao processo de decisão, que é fundamental para o sucesso do projeto.

Desde então, muitos Modelos de Síntese foram desenvolvidos, especialmente nos Estados Unidos, ficando muitas vezes restritos ao ambiente militar-naval, com classificação "CONFIDENCIAL".

A Marinha Brasileira desenvolveu o seu primeiro modelo, específico para Corvetas e Fragatas, no ano de 1979, por intermédio do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São

Paulo S/A (IPT).

O segundo modelo, específico para Navios Patrulha Costeiros (NaPaCos), foi encomendado pela DEN ao Escritório Técnico de Construção Naval em São Paulo (ETCN-SP) e foi desenvolvido por equipe de engenheiros, sob supervisão do autor deste trabalho, tendo sido concluído e implantado em abril de 1984.

A elaboração de um Modelo de Síntese é uma tarefa bastante trabalhosa, por envolver o estudo de formulações existentes e o levantamento de dados de navios semelhantes, nem sempre disponíveis com facilidade, obrigando o contato com estaleiros e escritórios de projeto do exterior, que oferecem restrições à divulgação de seus dados, por considerá-los de interesse próprio.

Os dados da Marinha Brasileira estão disponíveis aos oficiais envolvidos com o Projeto, porém o número de navios projetados e construídos no Brasil é ainda pequeno, não havendo grande massa de dados.

Este trabalho está apresentado em capítulos, seções e itens. O primeiro capítulo tece algumas considerações iniciais sobre o projeto de navios de guerra e sobre modelos de síntese, apresentando o objetivo do presente trabalho e as suas principais restrições técnicas.

O capítulo 2 trata dos critérios de avaliação, apresentando as características normalmente utilizadas para medir o mérito das alternativas de projeto de um navio de guerra e indicando aquelas que foram efetivamente utilizadas por este Modelo de Síntese.

O capítulo 3 trata da geração e seleção de alternativas, mostrando as variáveis independentes adotadas e as razões para

sua escolha, bem como descrevendo, resumidamente, o programa principal e todas as suas sub-rotinas.

O capítulo 4 mostra os dados de entrada obrigatórios e opcionais para a utilização do Modelo de Síntese, e analisa as faixas de aplicabilidade das principais variáveis - coeficiente volumétrico, comprimento entre perpendiculares e coeficientes de bloco, prismático e de seção mestra.

Os capítulos 5 a 11 apresentam os modelos matemáticos utilizados no programa principal e nas sub-rotinas de Dimensões Principais, Propulsão, Instalação Elétrica, Áreas e Volumes, Pesos e Centros e Estabilidade.

Os capítulos 12, 13 e 14 tratam das sub-rotinas de Avaliação, Saída Completa e Re-ordenação, respectivamente.

O capítulo 15 apresenta dois exemplos de aplicação, mostrando uma análise de sensibilidade do BHP máximo com relação às variáveis independentes do programa.

O capítulo 16 apresenta as principais conclusões alcançadas durante o desenvolvimento do trabalho. São ainda feitas recomendações para a utilização do Modelo de Síntese e para o prosseguimento do projeto na fase do Projeto Preliminar.

1.2 - OBJETIVO E RESTRIÇÕES

1.2.1 - Definição do Objetivo

A definição precisa e explícita do objetivo é de fundamental importância para o desenvolvimento correto de um projeto, permitindo uma análise lógica dos problemas decorrentes e das várias soluções alternativas que se apresentam nas diversas etapas.

O objetivo adotado no presente trabalho é: Elaborar um Modelo de Síntese adequado para o Projeto de Concepção de Navios Patrulha Costeiros com as seguintes missões básicas:

- Patrulhamento das Costas Brasileira;
- Busca e Apreensão de Navios Mercantes.

O Detalhamento do Modelo deveria ser compatível com o tempo disponível (até abril/1984) e com os dados de navios semelhantes dos arquivos da MB, devendo ser atendidas as restrições a seguir.

1.2.2 - Restrições

As seguintes restrições técnicas principais foram apresentadas:

- O sistema de propulsão do navio deverá constar de 2 ou 4 motores Diesel, com 2 eixos e 2 hélices de passo fixo ou controlável. Os motores devem ser iguais.
- O sistema de geração de energia deverá constar de 2, 3 ou 4 grupos geradores acionados por motores Diesel de alta rotação, cada um com no máximo 500 KW de potência

nominal.

- O navio poderá ou não portar 1 helicóptero LYNX, WASP ou similar, sendo que, quando existir, será considerado orgânico, com hangar do tipo fixo.
- O navio deverá possuir um ou dois canhões e duas metralhadoras.
- O Modelo de Síntese deverá aceitar restrições de calado, quando o usuário assim o desejar, emitindo mensagem quando o calado da alternativa resultar maior do que o máximo permitido.
- O NaPaCo deverá ter alguma disponibilidade de espaço e capacidade para receber pesos altos, tendo alguma flexibilidade para receber diferentes versões de sistemas de armas e tipos de sensores, permitindo modernização ou conversão futura do navio.
- A velocidade máxima do navio deverá ser superior a 20 nós e a de cruzeiro, entre 8 e 13 nós.
- O raio de ação deve ser superior a 5000 milhas na velocidade de cruzeiro, em mar 3, 3 meses após o navio sair do dique.
- Os deslocamentos carregados para as várias alternativas geradas devem estar entre 800 a 1800 toneladas métricas.
- A estima de potência deverá ser feita com base nas séries de Taylor, modificada para navios de guerra [18], e "C", de Hamburgo [19].
- Deverão ser incorporadas ao Modelo, as normas e recomendações de Projeto em vigor na Marinha do Brasil.

CAPÍTULO 2

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

Para medir o mérito das alternativas de projeto de um navio de guerra, nas fases de projeto de Concepção e Preliminar, normalmente são consideradas as seguintes propriedades, devidamente combinadas:

- a) Menor deslocamento;
- b) Maior poder bélico;
- c) Menor custo inicial;
- d) Menor custo do ciclo de vida;
- e) Menor potência requerida;
- f) Maior reserva de áreas e volumes e de deslocamento;
- g) etc.

2.1 - MENOR DESLOCAMENTO

O deslocamento é um índice tradicional para avaliação de uma alternativa de projeto, na fase de projeto de Concepção. Ele depende das dimensões e coeficientes de forma do navio, do tipo e características da planta propulsiva, do sistema de geração de energia e dos sistemas auxiliares, da carga útil incluindo-se o armamento, do número de tripulantes, do arranjo estrutural, dos diversos pesos colocados a bordo, etc.

Normalmente, entre vários navios capazes de desempenhar uma determinada missão, o de menor deslocamento é considerado com maior mérito, porque provavelmente terá dimensões principais menores, tripulação menor, motores e turbinas menores e mais baratas, menor peso de aço, etc., o que possivelmente vai

conduzir a um menor custo inicial da plataforma navio e a menor custo operacional, devido ao consumo de combustível mais baixo.

Observe-se, no entanto, que se as instalações não forem análogas, a utilização deste valor de mérito pode induzir a conclusões inadequadas, comparando, por exemplo, classes distintas de navios ou navios com plantas propulsivas diferentes e valorizando apenas o fator peso, quando outros fatores possivelmente podem ser mais significativos. A instalação de turbinas a gás em um navio, em lugar de motores diesel, conduzirá a um menor peso, mas o seu custo é maior e o seu consumo de combustível é superior, o que recomenda uma análise detalhada de vantagens e desvantagens decorrentes da diminuição de deslocamento.

Da mesma forma, a comparação de navios com deslocamentos muito próximos também pode não ser satisfatória, porque o de maior deslocamento poderia ter, por exemplo, maiores reservas de áreas e volumes, maior índice de nacionalização ou menor resistência à propulsão, por ter formas mais otimizadas, compensando em muito o pequeno aumento de deslocamento.

Apesar das restrições, este valor de mérito é usado largamente nos meios navais, servindo especialmente para comparar navios de classe análoga. Algumas marinhas valorizam bastante este aspecto, procurando projetar os navios mais compactos e leves capazes de carregar o armamento necessário, desempenhando a missão proposta.

Neste Modelo de Síntese, o deslocamento carregado é uma das variáveis independentes, possibilitando ao usuário pesquisar alternativas com diferentes deslocamentos. Da mesma forma, se assim o desejar, poderá introduzir apenas um deslocamento

como entrada e analisar as várias combinações das outras variáveis independentes que conduzem a esse deslocamento, com diferentes reservas.

2.2 - MAIOR PODER BÉLICO

Um navio de guerra é projetado para fazer a guerra. A razão da sua existência é a sua capacidade bélica, seja ela ofensiva ou defensiva.

Por esta razão, o navio que tiver maior quantidade, melhor tecnologia e melhor qualidade de armamento para atender a missão a que se propõe é considerado como de maior eficiência, e com maior valor de mérito.

Evidentemente, avaliar o poder bélico de um navio não é uma tarefa fácil, sendo motivo de preocupação e de pesquisa em vários centros de estudos estratégicos do mundo. As conclusões obtidas, no entanto, nem sempre são disponíveis, devido ao seu caráter estratégico e confidencial.

No NaPaCo em questão o armamento já foi fixado (1 ou 2 canhões, 2 metralhadoras e 1 helicóptero). Assim, este valor de mérito não será considerado neste Modelo de Síntese.

2.3 - MENOR CUSTO INICIAL

O custo inicial de um navio envolve os custos de projeto (concepção, preliminar, contrato, construção) e os custos de construção, e é influenciado por diversas considerações, inclusive econômico-financeiras. A esse respeito, por exemplo, às vezes é conveniente adquirir equipamentos de determinada proce

dência estrangeira por razões da balança comercial. Outras vezes, a qualidade superior de determinados produtos condiciona sua aquisição de certos fabricantes. O próprio projeto pode ser elaborado por equipe própria ou adquirido de escritórios especializados.

Assim sendo, determinar-se o custo inicial do navio nesta fase do estudo pode ser bastante impreciso. Por outro lado, verifica-se que, para cada classe de navios, o custo inicial é influenciado fortemente pelo deslocamento, e o navio de menor deslocamento será, possivelmente, o mais barato de sua classe, quando as instalações forem análogas, observadas as restrições de 2.1.

Assim, este valor de mérito será considerado apenas indiretamente, pela procura do navio de menor deslocamento capaz de atender à missão proposta.

2.4 - MENOR CUSTO DO CICLO DE VIDA

Este custo inclui o custo inicial mais os de operação e manutenção, preventiva ou corretiva, durante a vida útil do navio que é geralmente considerada como sendo de 35 anos.

A vida útil dos navios de guerra normalmente excede a dos navios mercantes, tendo em vista o emprego de materiais mais nobres e de sistemas com maior confiabilidade além de uma melhor manutenção. Além disso, os custos de operação e de manutenção e reparo são mais elevados. Assim, o nível de investimento e os custos envolvidos são de tal ordem, que justificam a retenção do navio por um período mais dilatado.

Na fase do projeto correspondente ao estudo de concep-

ção, normalmente ainda não se dispõe de dados de custos suficientes para considerar com proveito o seu valor de mérito. Observe-se que os sistemas e equipamentos não estão ainda definidos, tendo o projetista a oportunidade de, em fases posteriores, optar por maior ou menor automação, utilizar materiais e equipamentos mais nobres, requerendo menor manutenção, ou menos nobres, exigindo maiores cuidados e custos de manutenção.

2.5 - MENOR POTÊNCIA PROPULSIVA REQUERIDA

Para um mesmo deslocamento, uma menor potência requerida proporcionará a possibilidade de menor consumo de combustível e possivelmente menor espaço ocupado pela instalação de máquinas.

Durante o projeto, o Modelo de Síntese indicará a solução que minimize a potência requerida para cada deslocamento.

2.6 - RESERVA DE ÁREAS E VOLUMES E DE DESLOCAMENTO

Levando-se em conta a rápida evolução estratégica e tecnológica das ameaças e o longo tempo e alto custo para a aquisição dos navios de guerra, é de bastante conveniência que eles sejam projetados com certos recursos que permitam a sua modernização ou conversão futura. Essa evolução é tão rápida que alguns navios correm o risco de tornar-se obsoletos antes mesmo de serem concluídos e entrar para o serviço ativo.

A modernização é a substituição de partes do sistema de armas por outras mais avançadas, mantendo-se a missão básica do navio, enquanto que a conversão significa alteração nessa missão básica, com todas as modificações decorrentes no navio.

Os projetos atuais normalmente já levam em conta a possibilidade de certas futuras modificações, e são elaborados provendo-se algumas margens de áreas, volumes e de deslocamento que permitam a sua exequibilidade em menor tempo e a menores custos.

Assim, o Modelo de Síntese em questão calcula e registra as reservas existentes para áreas, volumes e deslocamentos, o que permitirá uma seleção pelos projetistas da(s) alternativa(s) mais adequadas ao seu projeto, dentre aquelas de menor BHP máximo.

2.7 - OUTRAS MEDIDAS DO VALOR DE MÉRITO

Outras medidas do valor de mérito podem ser utilizadas no projeto de um navio de guerra, tais como:

- O comportamento no mar que permita a utilização de sofisticados sistemas de armas e de helicópteros, em condições adversas de mar.
- A manobrabilidade que permita ao navio manter uma estabilidade direcional adequada e girar com pequeno diâmetro tático.
- Boas condições de habitabilidade, para permitir maior tempo no mar, sem prejuízo da condição operativa do navio.
- O melhor desempenho do sistema navio em determinadas missões especificadas, para um custo fixo estabelecido.

O Modelo de Síntese não entra em considerações a respeito do comportamento do navio no mar e da sua manobrabilidade, porém incorpora todos os índices mínimos de habitabilidade adu

tados pela Marinha do Brasil.

2.8 - MEDIDAS DO VALOR DE MÉRITO UTILIZADAS PELO MODELO

O Modelo de Síntese em questão utiliza os valores de mérito de menor deslocamento e menor potência propulsiva requerida. Além disso, assegura que os navios viáveis tenham os mínimos requisitos de habitabilidade estabelecidos pela Marinha do Brasil.

Por outro lado, com a seleção da alternativa de menor deslocamento e menor potência propulsiva requerida (o que significa, possivelmente, menor custo da instalação propulsora), o usuário do Programa estará considerando indiretamente o valor de mérito de menor custo inicial.

Da mesma forma, com o menor consumo diário de combustível, estará assegurado um menor custo de combustível durante a vida útil do navio.

CAPÍTULO 3

GERAÇÃO E SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS

3.1 - SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES

As características principais de um navio podem ser geradas a partir de um certo número de variáveis independentes e de dados de entrada, que combinados descrevem uma solução ou alternativa para o navio.

As variáveis independentes adotadas pelo Modelo de Síntese são: L , C_p , C_x , B/H e Δ ou C_v . Elas foram escolhidas por serem variáveis importantes na determinação das características principais do navio, onde:

- L - comprimento entre perpendiculares: influe na resistência à propulsão, na magnitude dos esforços primários sobre a viga navio e no custo inicial, sendo também importante para a determinação de vários coeficientes e outras características do navio.
- C_p - coeficiente prismático longitudinal: influe na resistência à propulsão do navio, de maneira fundamental.
- C_x - coeficiente de secção mestra: influe na área da superfície molhada e na componente de atrito da resistência à propulsão. Além disso, combinada com C_p permite a obtenção de C_B - coeficiente de bloco - que é outra variável importante.
- B/H - razão boca moldada/calado carregado moldado: in-

flue na estabilidade e na resistência à propulsão.

Δ - deslocamento carregado: variável tradicional para avaliação de alternativas de projeto, servindo como valor de mérito, na fase de concepção do navio. A sua inclusão como variável independente permite ao usuário pesquisar alternativas com diferente deslocamentos que atendem à missão proposta. Além disso, combinado com L permite a obtenção de C_V .

C_V - coeficiente volumétrico: influe na resistência à propulsão e, combinado com L, determina o volume do deslocamento e, em consequência, o deslocamento do navio.

3.2 - PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO

O Modelo de Síntese do NaPaCo adotou o método de Busca Exaustiva, com o programa fazendo uma varredura completa na região de interesse do usuário, para os valores estabelecidos de L, C_p , C_x , Δ ou C_V e B/H. Quando o usuário não especificar a região desejada, o programa analisará toda a faixa de validade do Modelo de Síntese, ou seja, todas as combinações dos valores abaixo:

L = 52, 62, 72, 82, 92, 102 e 112 metros

C_p = 0,48; 0,57; 0,66; 0,75 e 0,84

C_x = 0,55; 0,65; 0,75; 0,85 e 0,95

Δ = 800; 1000; 1200; 1400; 1600 e 1800

B/H = 2,25; 3,00; 3,75 e 4,50.

Com isto, são geradas e analisadas $7 \times 5 \times 5 \times 6 \times 4 = 4200$ alternativas.

Fica, no entanto, a critério do usuário estabelecer o número de alternativas a serem analisadas, e as regiões a serem pesquisadas, dando como entrada do programa os valores iniciais, finais e incrementos das variáveis independentes L , C_p , C_x , Δ ou C_v e B/H .

3.3 - PROGRAMA PRINCIPAL

O diagrama de blocos simplificado do programa principal é dado a seguir, na figura 3.1.

No pré-processamento há leitura dos dados de entrada e das variáveis independentes, verificando se elas estão dentro do campo de validade do modelo. Após, faz-se a inicialização de parâmetros e variáveis independentes não definidos.

Os primeiros testes mostraram que a utilização do programa fora dos limites de validade do Modelo pode conduzir a resultados incorretos, induzindo a conclusões falsas ou inadequadas a respeito das alternativas estudadas. Assim, o programa foi modificado, para encerrar o processamento quando as variáveis não estão dentro do campo de validade do Modelo, emitindo mensagem a respeito.

Após o pré-processamento, o programa chama as sub-rotinas de Dimensões Principais, Propulsão, Instalação Elétrica, Áreas e Volumes, Pesos e Centros e Estabilidade, para cada alternativa em estudo, tal como mostrado no diagrama, calculando todos os dados necessários ao projeto do navio (descritos nos itens seguintes).

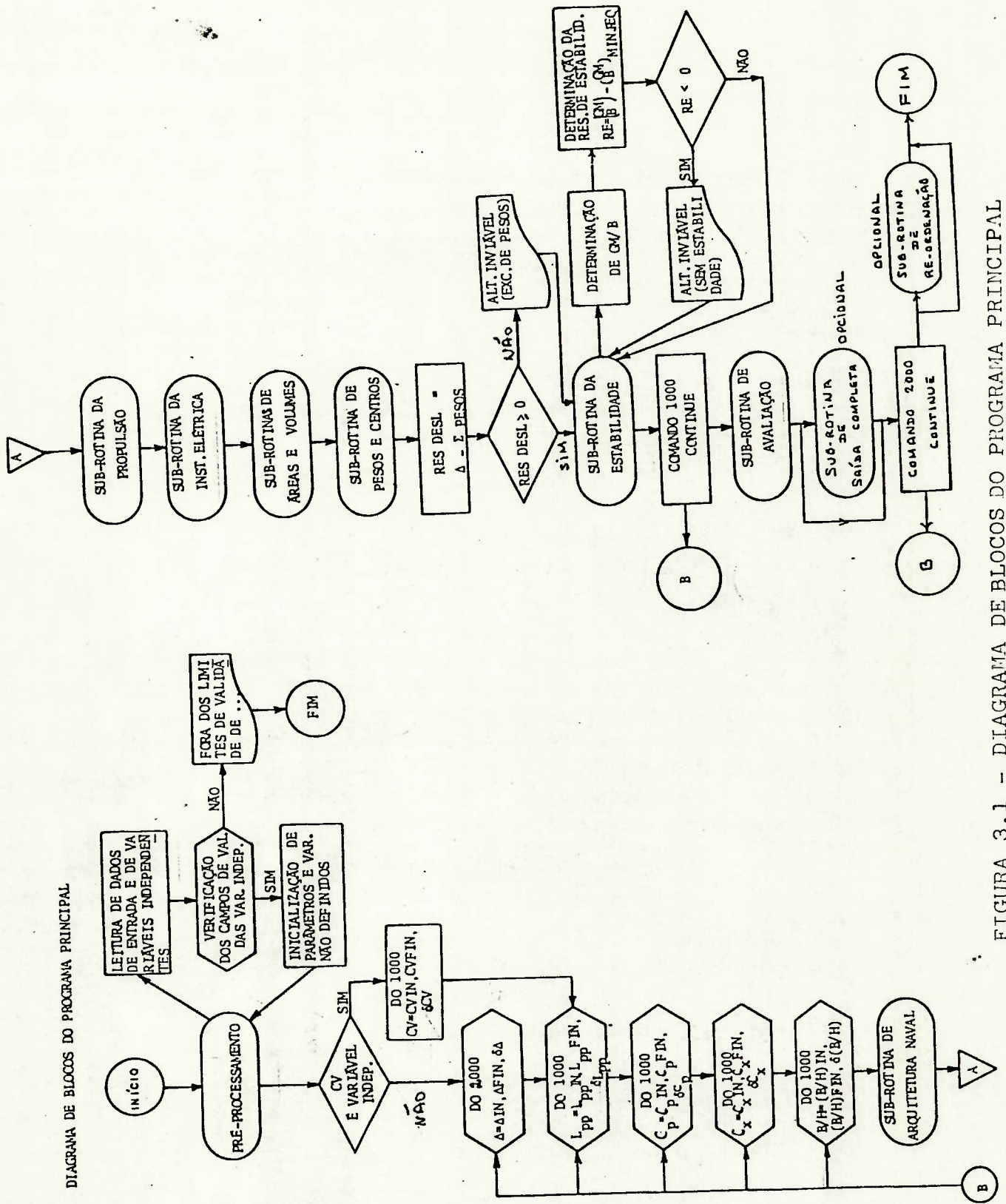


FIGURA 3.1 - DIAGRAMA DE BLOCOS DO PROGRAMA PRINCIPAL

Simbologia usada na figura 3.1:

CV	-	coeficiente volumétrico
CVIN	-	valor inicial de CV
CVFIN	-	valor final do CV
δCV	-	incremento do CV
Δ	-	deslocamento carregado
ΔIN	-	valor inicial do Δ
ΔFIN	-	valor final do Δ
$\Delta \delta$	-	incremento do Δ
L_{pp}	-	comprimento entre perpendiculares
$L_{pp} IN$	-	valor inicial do L_{pp}
$L_{pp} FIN$	-	valor final do L_{pp}
δL_{pp}	-	incremento do L_{pp}
C_p	-	coeficiente prismático longitudinal
$C_p IN$	-	valor inicial do C_p
$C_p FIN$	-	valor final do C_p
δC_p	-	incremento do C_p
C_x	-	coeficiente de secção mestra
$C_x IN$	-	valor inicial do C_x
$C_x FIN$	-	valor final do C_x
δC_x	-	incremento do C_x
(B/H)	-	razão boca moldada/calado carregado moldado
$(B/H) IN$	-	valor inicial do (B/H)
$(B/H) FIN$	-	valor final do (B/H)
$\delta (B/H)$	-	incremento do (B/H)
GM	-	altura metacêntrica transversal

O processamento não é interrompido mesmo nos casos em que são verificadas inviabilidades, porém, neste caso, emite-se, por ocasião da impressão dos resultados, mensagem a respeito, mostrando as inviabilidades encontradas em cada alternativa analisada.

Após todas as alternativas para cada deslocamento terem sido estudadas e todos os cálculos efetuados nas diversas sub-rotinas, o programa chama a sub-rotina de Avaliação, que seleciona as 20 melhores (viáveis com menor BHP máximo ou de cruzeiro), permitindo a impressão dos seus dados principais.

A sub-rotina opcional de Saída Completa permite, quando desejado pelo usuário, a impressão de todos os dados, de entrada, calculados ou adotados pelo programa para as n melhores alternativas viáveis para cada deslocamento, ficando n a critério do usuário (desde que $n \leq 20$).

A sub-rotina opcional de Re-Ordenação compara, quando desejado pelo usuário, todas as 20 melhores alternativas viáveis de todos os deslocamentos estudados, colocando-as em ordem crescente de BHP máximo ou BHP de cruzeiro e imprimindo os seus dados principais. Assim, esta sub-rotina permite a impressão de relação das novas melhores alternativas viáveis (com menor BHP máximo ou BHP de cruzeiro, a critério do usuário), dentre todos os deslocamentos estudados.

Com isso, o usuário poderá usar toda a sua experiência, para selecionar a(s) alternativa(s) de interesse, dentre aquelas relacionadas, escolhendo a(s) mais conveniente(s) para o prosseguimento da procura ou finalizando a busca e elegendo aquela que será adotada no projeto em desenvolvimento.

Conforme verificado nos testes efetuados, diferentes al-

ternativas podem apresentar BHP máximos próximos entre si, conduzindo à escolha dos mesmos motores propulsivos. No entanto, uma delas pode apresentar vantagens em relação às demais, como menor BHP de cruzeiro, menor calado, maior boca, maiores reservas de volume ou de deslocamento, ou maior estabilidade inicial. Assim, o projetista terá a chance de analisar os resultados das melhores alternativas selecionadas pelo computador e escolher aquela(s) que julgar mais conveniente, usando nesse processo de decisão os fatores subjetivos ou objetivos provenientes da sua experiência no projeto de navios de guerra.

CAPÍTULO 4

DADOS DE ENTRADA E ANÁLISE DAS FAIXAS
DE APLICABILIDADE DAS PRINCIPAIS VARIÁVEIS

Os dados de entrada foram divididos em obrigatórios e opcionais.

4.1 - DADOS DE ENTRADA OBRIGATÓRIOS

Os dados de entrada obrigatórios são aqueles que devem ser necessariamente fornecidos pelo usuário. Eles são:

- Velocidade máxima em mar 3, três meses após o navio sair do dique.
- Velocidade de cruzeiro em mar 3, três meses após o navio sair do dique.
- Raio de ação, na velocidade de cruzeiro, em mar 3, três meses após o navio sair do dique.
- Autonomia.
- Existência ou não de helicóptero, tamanho do convés de vôo e do hangar.
- Número de canhões.
- Pesos, centros, áreas e volumes requeridos, bem como cargas elétricas e número de tripulantes exigidos para os diferentes sistemas de bordo não incluídos na configuração básica do navio.
- Indicador de material da superestrutura (aço ou alumínio).
- Sistema de operação do passo do hélice (se fixo ou variável).

- Calado máximo.

4.2 - DADOS DE ENTRADA OPCIONAIS

Os dados de entrada opcionais são aqueles que podem ou não ser fornecidos pelo usuário. No início de um projeto de concepção, poucos dados são conhecidos pelo usuário e o Modelo de Síntese estima os valores necessários da maneira descrita neste trabalho.

No entanto, à medida que o projeto avança e que o usuário tenha meios de obter esses dados de outra maneira julgada mais precisa, eles podem ser incluídos como dados de entrada, em substituição à estima que seria feita pelo programa.

Esta flexibilidade dá algumas vantagens ao Modelo de Síntese, permitindo a sua utilização desde o início dos estudos de exequibilidade até fases mais avançadas do projeto preliminar.

Os dados de entrada opcionais são sub-divididos em dois grupos: I e II.

4.2.1 Dados de Entrada Opcionais I (adotados pelo programa)

São apresentados a seguir. Quando não forem especificados pelo usuário, o programa adotará o valor mostrado após cada dado:

- coeficiente propulsivo na condição de velocidade máxima - 0,65.
- coeficiente propulsivo na condição de velocidade de cruzeiro - 0,65.

- consumo específico de combustível para motores propul-sivos:
 - . na condição de potência máxima contínua: 180 gr/hp - hora.
 - . na condição de 50% da potência máxima contínua: 200 gr/hp.hora
- consumo específico de combustível para os grupos gera-dores: 260 gr/kw.hora.
- coeficiente de acréscimo da resistência de atrito:
 $\Delta cf = 0,00030$.
- margem de potência para previsão de aumento do desloca-mento - zero por cento.
- razão GM/B mínima requerida - 0,052.
- margem de peso para o projeto e a construção - 10,5%.
- margem de KG para o projeto e a construção - 6,6%.
- número de motores propulsores - 4.
- altura entre conveses - 2,60m.
- discriminação da tripulação, em relação ao total de tripulantes - oficiais - 11%.
 - SOs+SGs - 18%.
 - MNs - 71%.
- reserva de tripulação - zero.
- margem para previsão de crescimento da carga elétrica - zero por cento.
- permeabilidade dos tanques; água doce-92%; demais-87%.
- acréscimo de volume no duplo fundo para espaços vazios e "cofferdams" - 20%.
- número de tripulantes necessários para operação e manu-tenção do helicóptero - 10.
- número de tripulantes necessários para operação e manu

- tenção do armamento e sonar - 12.
- altura do duplo fundo - 0,80m.
- distância entre o hangar e a antepara de ré do convés 01 - 7m.
- comprimento do convés descoberto na popa - 6m.
- especificação dos motores propulsivos que podem ser utilizados - todos.

Valores das variáveis independentes a serem considerados

- L = 52, 62, 72, 82, 92, 102 e 112 metros.
- C_p = 0,48; 0,57; 0,66; 0,75 e 0,84.
- C_x = 0,55; 0,65; 0,75; 0,85 e 0,95.
- Δ = 800; 1000; 1200; 1400; 1600 e 1800.
- B/H = 2,25; 3,00; 3,75 e 4,50.

4.2.2 Dados de Entrada Opcionais II (calculados pelo programa)

São mostrados a seguir. Quando não forem especificados pelo usuário serão calculados da maneira descrita nos itens seguintes, função das variáveis mencionadas após cada dado:

- pontal mínimo a meio navio para permitir o arranjo das praças de máquinas - $f(\text{SHP})$.
- volume das praças de máquinas - $f(\text{compr. PM}, L_{pp}, C_p, C_x, B, H \text{ e DMN})$.
- correção de GM devido a efeito de superfície livre:
 $GGv = f(B) = 0,018 \cdot B$.
- pesos e centros, áreas, volumes, cargas elétricas dos sistemas de bordo, cujos dados podem ser obtidos através das formulações dos itens seguintes - funções de inúmeras variáveis, diferentes para cada caso.

- número de tripulantes : $f(\text{NC}, L_{pp}, \text{DMN}, \text{H})$.
- carga elétrica média em 24 horas de operação na condição de cruzeiro - $f(\text{NC}, \text{NAC} \text{ e } \text{PELET})$.

onde:

- Compr. PM = comprimento das praças de máquinas.
- L_{pp} = comprimento entre perpendiculares.
- C_p = coeficiente prismático longitudinal.
- C_x = coeficiente de secção mestra.
- B = boca moldada.
- H = calado carregado moldado.
- DMN = pontal a meia nau.
- GM = altura metacêntrica transversal.
- GGv = correção de GM devido ao efeito de superfície livre.
- NC = número cúbico = $(L_{pp} \cdot B \cdot \text{DMN} / 1000)$.
- NAC = número de acomodações.
- PELET = potência elétrica dos equipamentos eletrônicos.

4.3 - ANÁLISE DAS FAIXAS DE APLICABILIDADE DE ALGUMAS DAS PRINCIPAIS VARIÁVEIS

A análise a seguir poderá ser de interesse para o futuro usuário do Modelo de Síntese, permitindo conhecer a faixa de aplicabilidade de algumas das principais variáveis, com a possibilidade de selecionar melhor os valores de entrada para pesquisa de alternativas.

Os navios semelhantes que serviram de base a este estudo são os da tabela 2.1 da referência [6], incluindo 71 navios das classes Corveta, Fragata e Patrulha.

4.3.1 Coeficiente Volumétrico (C_V)

Faixa de variação de C_V

O coeficiente volumétrico é definido pela expressão:

$$C_V = \frac{\nabla}{L^3}$$

onde:

∇ = volume moldado do deslocamento

L = comprimento na linha d'água (igual ao comprimento entre perpendiculares, no projeto em questão).

O volume moldado do deslocamento é dado por:

$$\nabla = \frac{\Delta}{\gamma \cdot 1,014}$$

sendo:

Δ = deslocamento

γ = peso específico da água do mar

1,014 = fator que corresponde aos efeitos dos apêndices ,
na razão volume do deslocamento/volume moldado

Tomando-se $\gamma = 1,025 \text{ t/m}^3$, a expressão anterior pode ser transformada em:

$$\nabla(\text{m}^3) = 0,962 \cdot \Delta \text{ (ton.métrica)}$$

donde:

$$C_V = \frac{0,962 \cdot \Delta}{L^3}$$

A faixa de aplicabilidade de C_V estará restrita pelos limites das séries sistemáticas de potência utilizadas no projeto.

A tabela da referência [9] mostra os valores de C_V para os navios semelhantes. Conforme pode-se observar, eles variam entre 0,0017 (navio nº 47) e 0,0078 (navio nº 57).

O Modelo de Síntese em questão adota as séries de Taylor e HSVA "C" para cálculos de potência, de acordo com a referência [14].

As faixas de variação adotadas para o C_V para estas séries, pela referência [14] são as seguintes:

a) Série de Taylor [18]

$$(I) \begin{cases} 0,001 \leq C_V \leq 0,006, & \text{para } 0,5 \leq V/\sqrt{L'} < 1,0, \text{ ou } 0,91 \leq V/\sqrt{L} \leq 1,81 \\ 0,001 \leq C_V \leq 0,005, & \text{para } 1 < V/\sqrt{L'} \leq 1,3, \text{ ou } 1,81 < V/\sqrt{L} \leq 2,35 \\ 0,001 \leq C_V \leq 0,002, & \text{para } 1,3 < V/\sqrt{L'} \leq 2,0, \text{ ou } 2,35 < V/\sqrt{L} \leq 3,62 \end{cases}$$

Sendo V dado em nós, L' em pés e L em metros.

b) Série HSVA "C" [19]

$$(II) \begin{cases} 0,0015 \leq C_V \leq 0,0025, & \text{para } 0,10 \leq V/\sqrt{gL} \leq 0,80 \\ & \text{ou } 0,61 \leq V/\sqrt{L} \leq 4,87 \text{ (V em nós e L em metros)} \end{cases}$$

A série "C" implica na utilização de cascos de formas mais finas, com pequena variação permitida para o C_V .

Assim, o campo de variação global de C_V adotado pelo Modelo de Síntese será:

- Quando utilizar série de Taylor:

$$0,0010 \leq C_V \leq 0,0060$$

- Quando utilizar série HSVA "C":

$$0,0015 \leq C_V \leq 0,0025$$

Deverão, no entanto, ser observadas as faixas de variação dependendo dos valores de V/\sqrt{L} , tal como mencionado anteriormente (expressões I e II).

Observe-se que quando o C_V for maior do que 0,0025, apenas a série de Taylor poderá ser utilizada para o cálculo de EHP.

Compressão com outros modelos de síntese

As referências |3|, |4| e |5| foram analisadas e, para registro das informações obtidas, são aqui apresentadas as suas limitações.

As referências |3| e |4| utilizaram a série de Taylor, com os seguintes limites:

$$0,001 \leq C_V \leq 0,006, \text{ para } 0,5 < V/\sqrt{L'} < 1,3$$

$$0,001 \leq C_V \leq 0,003, \text{ para } 1,3 < V/\sqrt{L'} < 2,0$$

Sendo V dado em nós, L' em pés.

Pode-se observar que as faixas de variação de C_V são ligeiramente diferentes das estabelecidas para o Modelo de Síntese do NaPaCo.

A faixa de variação da referência |5| é:

$$0,0014 \leq C_V \leq 0,0045, \text{ para } 0,20 \leq Fr \leq 1,15 \text{ (ou } 0,67 \leq V/\sqrt{L'} \leq 3,9)$$

Este último trabalho considera, nos valores de velocidade mais altas ($Fr > 0,75$), uma combinação dos dados das séries SSPA e NPL. No regime intermediário de velocidade ($0,30 < Fr < 0,75$) o Modelo utiliza a série "C". Somente nas velocidades mais baixas ($Fr < 0,3$), é que se adota a série de Taylor.

4.3.2 Comprimento entre Perpendiculares (L_{pp})

Esta dimensão será considerada como uma das variáveis independentes do Modelo de Síntese, para geração de outras características do navio.

Assim sendo, a faixa de variação de L_{pp} deve ser a mais ampla possível, obedecendo, porém, as restrições que são apresentadas a seguir.

A faixa de deslocamento carregado indicada na Especificação de Modelo de Síntese para o Projeto de Concepção de NaPaCo [1] é a seguinte:

$$800t \leq \Delta_{carr} \leq 1.800t$$

Considerando-se uma variação de 10% nos limites e arredondando-se convenientemente, a seguinte faixa foi adotada para os estudos posteriores:

$$700t \leq \Delta_{carr} \leq 2.000t$$

Comparação com navios semelhantes

A referência [8] apresenta a seguinte formulação para a estima inicial do deslocamento, em função de L_{tot} (compr.total):

$$\Delta_{\text{carr}} = 0,6209 \cdot 10^{-3} \cdot (L_{\text{tot}})^{3,15} + 833,8 \quad (\text{formas cheias})$$

$$\Delta_{\text{carr}} = 1223 \cdot (L_{\text{tot}})^{0,35} - 4,568 \quad (\text{formas finas})$$

A mesma referência mostra a seguinte relação entre L_{pp} e L_{tot} :

$$L_{\text{tot}} = 1,013 \cdot L_{\text{pp}} + 3,8$$

Daí vem:

$$L_{\text{tot}} = \left(\frac{\Delta_{\text{carr}} - 833,8}{0,6209 \cdot 10^{-3}} \right)^{1/3,15} \quad (\text{formas cheias, para } \Delta_{\text{carr}} > 900\text{t})$$

$$L_{\text{tot}} = \left(\frac{\Delta_{\text{carr}} + 4568}{1.223} \right)^{1/0,35} \quad (\text{formas finas})$$

$$L_{\text{pp}} = \frac{(L_{\text{tot}} - 3,8)}{1,013}$$

Utilizando-se esta formulação, foram calculados os valores de L_{tot} e L_{pp} para os limites estudados (700 e 2000t). Os resultados são apresentados na tabela 4.1.

Assim, a faixa de L_{pp} obtida é:

$$60,0\text{m} \leq L_{\text{pp}} \leq 115,9\text{m} \quad (\text{I})$$

Por outro lado, a formulação apresentada para estima do deslocamento e do L_{tot} foi obtida a partir de análise de regressão com dados de navios semelhantes [8], o que impli

TABELA 4.1-VALORES DE L_{tot} E L_{pp} PARA OS DESLOCAMENTOS DE 700t E 2000t

Δ_{carr} (t)	L_{tot} (m)	L_{pp} (m)	FÓRMULA UTILIZADA
2000	98,1	92,6	formas cheias*
700	64,9	60,0	formas finas
2000	121,8	115,9	

* A formulação de formas cheias não se aplica a $\Delta_{carr}=700t$

cou na obtenção de curvas ajustadas passando pelo meio da nuvem de pontos da amostra. Assim, foi conveniente verificar também os valores extremos de L_{pp} , do conjunto de dados de navios semelhantes. Analisando-se a tabela da referência [6], foram obtidos os valores da tabela 4.2.

TABELA 4.2-VALORES EXTREMOS DE L_{pp} PARA NAVIOS SEMELHANTES NA FAIXA DE DESLOCAMENTO DE 700t A 2000t

EXTREMO	Nº DO NAVIO	Δ_{carr} (t)	L_{tot} (m)	L_{pp} (m)	FORMA
Inferior	13	930	56,2	51,5	cheia
	32	700	62,0	58,0	fina
Superior	53	1900	97,6	92,1	cheia
	48	1625	100,6	95,1	fina

Verifica-se, então, que a faixa de variação de L_{pp} dos navios considerados é de:

$$51,5\text{m} \leq L_{pp} \leq 95,1\text{m} \quad (\text{II})$$

Comparando-se as faixas (I) e (II) e tomando-se os valores extremos mais abrangentes, adotam-se os seguintes valores baseados em navios semelhantes:

$$L_{\text{min1}} = 51,5\text{m}$$

$$L_{\text{max1}} = 115,9\text{m}$$

Restrições devidas a C_V e V/\sqrt{L}

C_V e V/\sqrt{L} são limitados de acordo com o item 4.3.1, dependendo da série sistemática que for utilizada.

Como

$$C_V = \frac{V}{L^3} = \frac{0,962 \cdot \Delta}{L^3}, \text{ vem: } L = \left(\frac{0,962 \cdot \Delta}{C_V} \right)^{1/3}$$

Donde se conclue que os limites superior e inferior de L , considerando-se $\Delta_{\text{min}} = 700\text{t}$ e $\Delta_{\text{max}} = 2000\text{t}$, são:

$$L_{\text{min2}} = \left(\frac{0,962 \cdot \Delta_{\text{min}}}{C_{V_{\text{max}}}} \right)^{1/3} = \left(\frac{673,4}{C_{V_{\text{max}}}} \right)^{1/3}$$

$$L_{\text{max2}} = \left(\frac{0,962 \cdot \Delta_{\text{max}}}{C_{V_{\text{min}}}} \right)^{1/3} = \left(\frac{1924}{C_{V_{\text{min}}}} \right)^{1/3}$$

De acordo com o item 4.3.1, tem-se, no caso da série de Taylor:

$$C_{V_{\min}} = 0,001, \text{ para qualquer } V/\sqrt{L} \text{ entre } 0,91 \text{ e } 3,62.$$

$$C_{V_{\max}} = \begin{cases} 0,006, & \text{para } 0,91 \leq V/\sqrt{L} \leq 1,81 \\ 0,005, & \text{para } 1,81 < V/\sqrt{L} \leq 2,35 \\ 0,002, & \text{para } 2,35 < V/\sqrt{L} \leq 3,62 \end{cases}$$

No caso da série "C" (para $0,61 \leq V/\sqrt{L} \leq 4,87$):

$$C_{V_{\min}} = 0,0015$$

$$C_{V_{\max}} = 0,0025$$

Os valores extremos de L foram calculados para os valores de interesse de V/\sqrt{L} , sendo dados na tabela 4.3.

TABELA 4.3-LIMITAÇÕES DE L DEVIDO A C_V E V/\sqrt{L}

V/\sqrt{L}	C_V	$L_{\min 2}$ (m)	$L_{\max 2}$ (m)	OBS
0,91 a 1,81	min-0,001 max-0,006	48,2	124,4	série de Taylor
1,81 a 2,35	min-0,001 max-0,005	51,3	124,4	série de Taylor
2,35 a 3,62	min-0,001 max-0,002	69,6	124,4	série de Taylor
0,61 a 4,87	min-0,0015 max-0,0025	64,6	108,7	série "C"

Obs.: V = nós, L = metros

Por outro lado, a velocidade V é um dado de entrada e, para cada valor fixado, haverá diferentes mínimo e máximo de L.

$$L = \left[\frac{V}{(V/\sqrt{L})} \right]^2$$

$$L_{\min 2'} = \left[\frac{V}{(V/\sqrt{L})_{\max}} \right]^2 ; L_{\max 2'} = \left[\frac{V}{(V/\sqrt{L})_{\min}} \right]^2$$

Assim, para cada faixa de V/\sqrt{L} e para cada velocidade fixada, haverá diferentes limitações para L. As tabelas 4.4 e 4.5 ilustram o assunto.

TABELA 4.4-VALORES MÍNIMOS E MÁXIMOS DE L DEVIDOS ÀS LIMITAÇÕES DE V/\sqrt{L} , PARA VÁRIAS VELOCIDADES DO NAVIO, UTILIZANDO-SE A SÉRIE DE TAYLOR

V/\sqrt{L} (nós/ \sqrt{m})	V_{\max} (nós)	$L_{\min 2'}$ (m)	$L_{\max 2'}$ (m)
0,91 a 1,81	15	68,7	271,7
	17	83,2	349,0
	19	110,2	435,9
	21	134,6	532,5
	23	161,4	638,8
	25	190,8	754,7
1,81 a 2,35	15	40,7	63,7
	17	52,3	83,2
	19	65,4	110,2
	21	79,9	134,6
	23	95,8	161,4
	25	113,1	190,8
2,35 a 3,62	15	17,2	40,7
	17	22,1	52,3
	19	27,5	65,4
	21	33,7	79,9
	23	40,4	95,8
	25	47,7	113,1
	27	55,6	132,0
	29	64,2	152,3

TABELA 4.5-VALORES MÍNIMOS E MÁXIMOS DE L DEVIDOS ÀS LIMITAÇÕES DE V/\sqrt{L} , PARA VÁRIAS VELOCIDADES DO NAVIO, UTILIZANDO-SE A SÉRIE "C"

V/\sqrt{L} (nós/ \sqrt{m})	V_{\max} (nós)	$L_{\min}^{2'}$ (m)	$L_{\max}^{2'}$ (m)
0,61 a 4,37	15	9,5	605,0
	20	16,9	1075,0
	25	26,4	1630,0
	30	37,9	2418,0

Conforme pode-se observar na tabela 4.5, a utilização da série "C" não impõe limitações práticas a L, pela consideração do intervalo de V/\sqrt{L} .

Restrições devido à limitação de calado

Como

$$C_B = \frac{\nabla}{LBH} = C_p \cdot C_x, \text{ vem:}$$

$$L = \frac{\nabla}{C_B \cdot B \cdot H} = \frac{\nabla}{C_p \cdot C_x \cdot (B/H) \cdot H^2}$$

Assim, a introdução do requisito $H = H_{\max}$ traz:

$$L_{\min} = \frac{V_{\min}}{C_{p_{\max}} \cdot C_{x_{\max}} \cdot (B/H)_{\max} \cdot (H_{\max})^2} = \frac{0,962 \cdot \Delta_{\min}}{C_{p_{\max}} \cdot C_{x_{\max}} \cdot (B/H)_{\max} \cdot (H_{\max})^2}$$

- No caso de utilização da série de Taylor, tem-se os seguintes valores:

$$C_{p_{\max}} = 0,86$$

$$C_{x_{\max}} = 0,975$$

$$(B/H)_{\max} = 3,75 \text{ (assumindo } 4,00 \text{ neste Modelo de Síntese).}$$

Daí vem, com $\Delta_{\min} = 700t$:

$$L_{\min 3} = \frac{0,962 \cdot 700}{0,86 \cdot 0,975 \cdot 4,00 \cdot (H_{\max})^2} = \frac{20078}{(H_{\max})^2}$$

Daí obteve-se os valores da tabela 4.6.

TABELA 4.6-VALORES MÍNIMOS DE L, DEVIDO À LIMITAÇÕES DE CALADO USANDO-SE A SÉRIE DE TAYLOR

H_{\max} (m)	3,0	2,5	2,0	1,5
$L_{\min 3}$ (m)	22,3	32,1	50,2	89,2

Esta tabela mostra que a limitação de calado não traz restrições ao comprimento, exceto para H_{\max} menores do que valores em torno de 2,0 metros.

- No caso da utilização da série "C" tem-se:

$$C_{p_{\max}} = 0,70$$

$$C_{x_{\max}} = 0,85$$

$$(B/H)_{\max} = 4,50$$

Daí vem:

$$L_{\min 3} = \frac{0,962.700}{0,70 \cdot 0,85 \cdot 4,50 \cdot (B/H_{\max})^2} = \frac{251,5}{(H_{\max})^2}$$

Para $H_{\max} = 2\text{m}$, obtém-se: $L_{\min 3} = 62,9\text{m}$

Para $H_{\max} = 2,5\text{m}$, obtém-se: $L_{\min 3} = 40,2\text{m}$

Observe-se que $L_{\min 3}$ (para $H \geq 2\text{m}$) é menor do que o $L_{\min 2}$ correspondente a série "C" (tabela 4.3), o que significa que calados superiores a 2 metros não impõem restrições ao comprimento.

Faixa de variação de L

Os valores extremos de L serão dados por:

$$L_{\min} = \text{Max} (L_{\min 1}, L_{\min 2}, L_{\min 2'}, L_{\min 3})$$

$$L_{\max} = \text{Min} (L_{\max 1}, L_{\max 2}, L_{\max 2'})$$

Daí foi elaborada a tabela 4.7.

TABELA 4.7-VALORES LÍMITES DE L A SEREM CONSIDERADOS NO MODELO DE SÍNTESE

		SEM RESTRIÇÃO DE CALADO			H max = 2,0m		
SÉRIE DE TAYLOR	V/√L (nós/m)	Vmax (nós)	Lmin (m)	Lmax (m)	Lmin (m)	Lmax (m)	
		0,91 a 1,81	15	68,7	115,9	68,7	115,9
17			88,2	115,9	88,2	115,9	
19			110,2	115,9	110,2	115,9	
≥20			- I N E X E Q U Í V E L -				
1,81 a 2,35		15	51,5	68,7	52,9	68,7	
		17	52,3	88,2	52,9	88,2	
		19	65,4	110,2	65,4	110,2	
		21	79,9	115,9	79,9	115,9	
		23	95,8	115,9	95,8	115,9	
		25	113,1	115,9	113,1	115,9	
		≥26	- I N E X E Q U Í V E L -				
2,35 a 3,62		≤16	- I N E X E Q U Í V E L -				
		17	- I N E X E Q U Í V E L -				
		19	- I N E X E Q U Í V E L -				
		21	69,6	79,9	69,6	79,9	
		23	69,6	95,8	69,6	95,8	
		25	69,6	113,1	69,6	113,1	
		27	69,6	115,9	69,6	115,9	
		29	69,6	115,9	69,6	115,9	
SÉRIE "C"	0,61 a 4,87	≤30	64,6	108,7	64,6	108,7	

4.3.3 Coeficientes de Bloco, Prismático e de Secção Mestra

Por definição:

$$C_B = \frac{\nabla}{L.B.H}$$

$$C_p = \frac{\nabla}{A_x.L}$$

$$C_x = \frac{A_x}{B.H}$$

onde:

- ∇ = volume moldado do deslocamento
 L = L_{pp} = comprimento entre perpendiculares
 B = boca moldada
 H = calado moldado
 A_x = área da secção mestra até a linha d'água

Nas condições mencionadas no item 4.3.1, pode-se escrever:

$$C_B = \frac{0,962.\Delta}{L.B.H}$$

sendo:

- Δ - ton.métrica
 L, B e H - m

A referência [9] mostra os C_B dos navios semelhantes e, conforme pode-se verificar, o navio de menor C_B é o nº 59 ($C_B=0,25$) e o de maior é o nº 47 ($C_B=0,57$). Observa-se, igualmente que, dos 71 navios da lista, 51 têm C_B compreendidos entre

0,40 e 0,57.

Por outro lado, $C_B = C_p \cdot C_x$.

Assim, se C_p e C_x forem dados como entrada, C_B estará automaticamente fixado.

- Para a série de Taylor, temos os seguintes limites:

$$0,48 \leq C_p \leq 0,86$$

$$C_x = 0,70 \text{ a } 0,975 \text{ (ver nota na página seguinte).}$$

Assim, os valores extremos de C_B são:

$$C_{B_{\min}} = 0,48 \cdot 0,700 = 0,34$$

$$C_{B_{\max}} = 0,86 \cdot 0,975 = 0,84$$

- Para a série "C", temos:

$$0,62 \leq C_p \leq 0,70$$

$$0,54 \leq C_x \leq 0,85$$

Daí vem:

$$C_{B_{\min}} = 0,62 \cdot 0,54 = 0,33$$

$$C_{B_{\max}} = 0,70 \cdot 0,85 = 0,60$$

Assim, as limitações de C_p e C_x adotadas pelo Modelo de Síntese serão as das séries escolhidas. O programa, no entanto, não fará testes com C_B , aceitando todos os valores que re

sultarem da multiplicação $C_p \cdot C_x$ pois estes coeficientes terão valores dentro das faixas de validade das séries.

Convém observar que Taylor estabeleceu em sua série um valor padrão para C_x igual a 0,925.

No entanto, pesquisou a influência da variação de C_x na resistência à propulsão, para modelo com $C_p = 0,56$, mesmas áreas de secção mestra e com curvas de linha d'água aproximadamente com a mesma forma. Nas suas experiências C_x variou de 0,7 a 1,1.

De acordo com o PNA, sua conclusão foi de que a forma da secção mestra e o C_x não são fatores importantes para determinar a resistência residual.

Desta maneira, quando se utiliza a série de Taylor com um C_x diferente de 0,925, considera-se a mesma resistência residual do navio de $C_x = 0,925$ e calcula-se a resistência de atrito com o C_x real, obtendo-se então a resistência total.

No Modelo de Síntese em questão adotou-se o mesmo C_x mínimo das experiências de Taylor: $C_{x_{\min}} = 0,7$.

Para $C_{x_{\max}}$ adotou-se um valor que não fosse exageradamente alto para navio de guerra: $C_{x_{\max}} = 0,975$.

CAPÍTULO 5

MODELOS MATEMÁTICOS DO PROGRAMA PRINCIPAL

O programa principal contém formulações para o cálculo do pontal inicial a meia nau, número de tripulantes e de acomodações, coeficientes de linha d'água e de inércia transversal, volume do deslocamento carregado e coeficiente volumétrico, tal como descrito a seguir.

5.1 - PONTAL INICIAL A MEIA NAU

O pontal inicial a meia nau é calculado como:

$$DMNi = \text{MAX}(D11; D22)$$

onde:

DMNi = pontal inicial a meia nau (m).

D11 = pontal a MN levantado a partir de média de navios semelhantes = $(0,034 \cdot L) + H$.

L = comprimento entre perpendiculares (m).

H = calado carregado moldado (m).

D22 = pontal mínimo a MN para assegurar resistência estrutural = $L/16$.

Este pontal inicial servirá para o cálculo do número cúbico, que por sua vez permitirá a estima do número de tripulantes como descrito no item seguinte:

$$NC = \frac{L \cdot B \cdot DMNi}{1000}$$

onde:

NC = número cúbico.

L e DMNi - são definidos anteriormente.

B = boca moldada (m).

5.2 - NÚMERO DE TRIPULANTES E DE ACOMODAÇÕES

O número de tripulantes pode ser fornecido pelo usuário. Quando isto não ocorrer, o programa calcula esse número, de acordo com a referência [28]:

$$\text{TRIP} = 8,1 + 4,8 (\text{NC})^{1,21} + 0,095 \cdot L_{pp} (D-H)$$

$$(r^2 = 0,8506)$$

onde:

TRIP = nº de tripulantes, excluindo-se aqueles destinados à operação de armamento, sonar e aviação.

NC = nº cúbico.

L_{pp} = comprimento entre perpendiculares (m).

D = pontal a meia nau (m).

H = calado carregado moldado (m).

A fórmula apresentada foi levantada a partir de análise de regressão com 13 navios semelhantes já construídos, de propulsão CODAD, tendo-se obtido o quadrado do coeficiente de correlação igual a 0,8506.

O número de acomodações é calculado como:

$$\text{ACOM} = \text{TRIP} + \text{RESTRIP} + \text{NHEL} + \text{NARM}$$

onde:

ACOM = número de acomodações.

TRIP = número de tripulantes.

RESTRIP = reserva de tripulação. É um elemento de entrada

opcional e, quando não for fornecido, o programa assume zero.

NHEL = número de tripulantes necessários para a operação e manutenção do helicóptero. Trata-se de dado de entrada opcional e, quando não for dado, o programa assume NHEL = 10.

NARM = número de tripulantes necessários para a operação e manutenção do armamento e sonar. Trata-se de dado de entrada opcional e, quando não for dado, o programa assume NARM = 12, que é o número referente a 2 canhões, 2 metralhadoras e ausência de sonar.

5.3 - COEFICIENTE DE LINHA D'ÁGUA (CW)

Por definição:

$$CW = \frac{AW}{BL}$$

onde:

AW = área da linha d'água (m²)

B = boca moldada (m).

L = comprimento entre perpendiculares (m).

O Modelo de Síntese adota as séries de Taylor [18] e "C" de Hamburgo [19], efetuando todos os cálculos necessários para cada uma delas, quando a alternativa se enquadrar nos limites de validade respectivos.

O cálculo de CW foi efetuado de duas maneiras:

a) Quando utilizar a série "C"

Neste caso, a expressão adotada foi determinada após

análise das formulações similares dos vários modelos de síntese existentes [3, 4 e 5], e comparação dos seus resultados com valores obtidos pela medição nos planos e desenhos de navios semelhantes.

O procedimento está detalhado em [8] e a expressão adotada é:

$$CW = 0,83.C_p + 0,24$$

onde:

C_p = coeficiente prismático longitudinal.

b) Quando utilizar a série de Taylor:

Neste caso, a própria série [18] permite o levantamento de regressões de CW em função de C_p , o que foi feito no estudo da referência [26], dando resultados mais adaptados ao uso dessa série.

A expressão obtida foi:

$$CW = 0,8174.C_p + 0,2005$$

$$(r^2 = 0,9987)$$

onde C_p é definido acima.

5.4 - COEFICIENTE DE INÉRCIA TRANSVERSAL (CIT)

Por definição:

$$CIT = \frac{I_T}{\frac{(B^3 \cdot L)}{12}}$$

onde:

I_T = momento de inércia transversal da área da linha d'água (m^4).

B = boca moldada (m).

L = comprimento entre perpendiculares (m).

O cálculo de CIT depende da série adotada.

a) Quando utilizar a série "C"

A expressão adotada foi determinada de maneira similar à do item 5.3.a, resultando na escolha da seguinte expressão:

$$CIT = 1,511 CW - 0,603 \quad (r^2 = 0,856)$$

A figura 5.1 ilustra o assunto mostrando a formulação utilizada e aquelas das referências [2, 3 e 5].

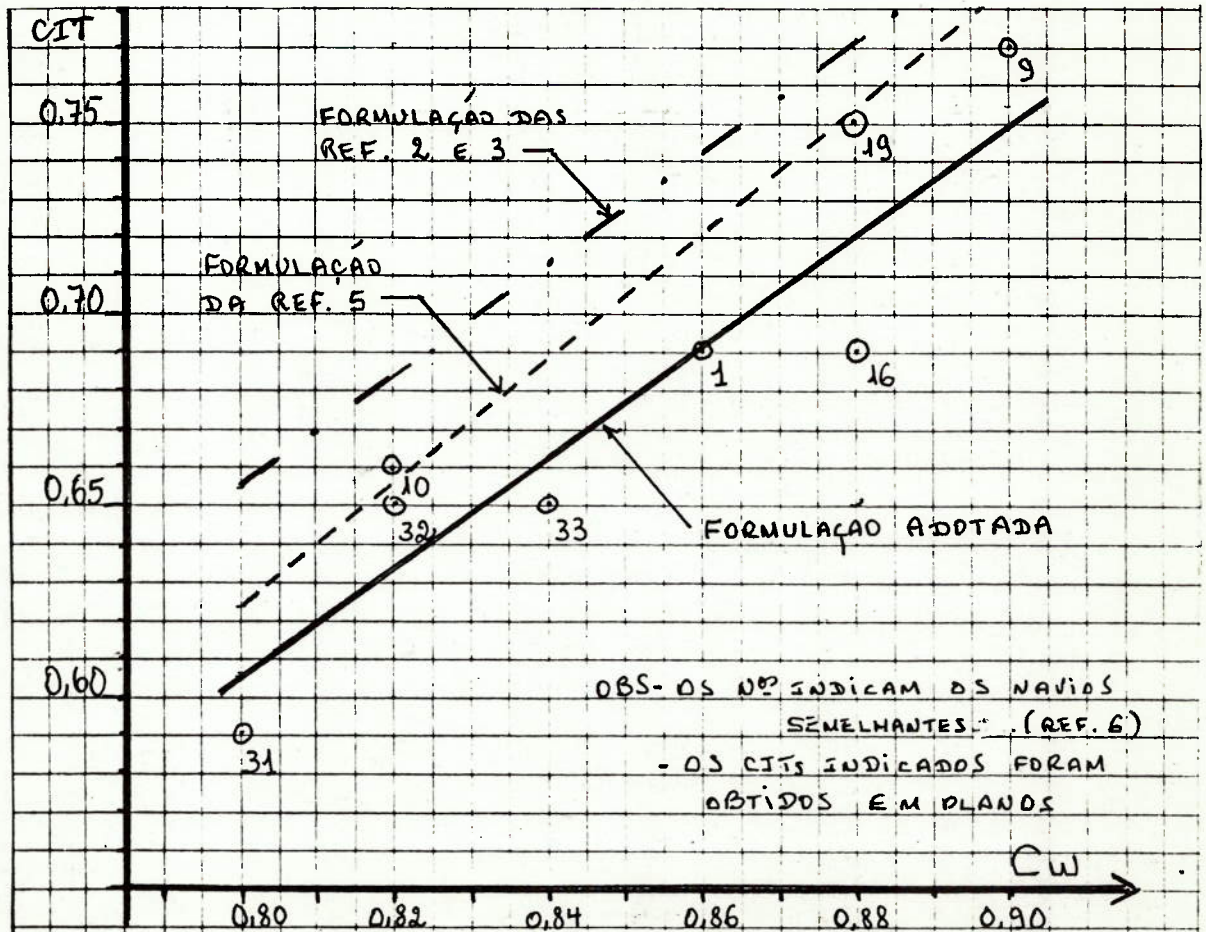


FIGURA 5.1 - CIT EM FUNÇÃO DE CW

b) Quando utilizar a série de Taylor

A expressão adotada foi determinada após análise de regressão de CIT em função de C_p , utilizando-se os dados da própria série |18|:

$$\text{CIT} = 1,176.C_p - 0,1969 \quad (r^2 = 0,973)$$

Esta expressão conduz a maiores valores de CIT que aqueles obtidos pela série "C", porque as formas da série de Taylor são mais cheias.

5.5 - VOLUME DO DESLOCAMENTO CARREGADO (∇)

O volume moldado do deslocamento carregado é dado por:

$$\nabla = \frac{\Delta}{\gamma \cdot 1,014}$$

onde:

Δ = deslocamento carregado (t).

γ peso específico da água do mar = 1,025 t/m³

1,014 - fator que corresponde aos efeitos dos apêndices, na razão volume do deslocamento/volume moldado.

Daí vem:

$$\nabla(\text{m}^3) = 0,962.\Delta \text{ (ton.métrica)}$$

5.6 - COEFICIENTE VOLUMÉTRICO (C_v)

Por definição:

$$C_v = \frac{\nabla}{L^3}$$

onde:

∇ = deslocamento carregado

L = comprimento entre perpendiculares.

Logo:

$$C_v = \frac{0,962 \cdot \Delta}{L^3}$$

CAPÍTULO 6

MODELOS MATEMÁTICOS DA SUB-ROTINA
DE DIMENSÕES PRINCIPAIS (DIMENS)

Esta sub-rotina é bastante simples e efetua apenas os cálculos de C_B , B e H. A figura 6.1 mostra o diagrama correspondente.

6.1 - COEFICIENTE DE BLOCO (C_B)

$$C_B = C_p \cdot C_x$$

onde:

C_p = coeficiente prismático longitudinal.

C_x = coeficiente de secção mestra.

Como C_p e C_x são dados de entrada, o C_B pode ser facilmente calculado pela expressão dada.

6.2 - CALADO CARREGADO MOLDADO (H)

Como:

$$C_B = \frac{\nabla}{L.B.H}$$

Daí vem:

$$B.H = \frac{\nabla}{L.C_B} = C_1 \text{ (constante para cada alternativa estudada)}$$

Como (B/H) é uma das variáveis independentes, sendo constante para cada alternativa estudada, existem duas equações e duas incógnitas, que resolvidas dão:

$$H = \sqrt{C_1 / (B/H)}$$

O H calculado deve ser comparado com o H máximo permitido (que é dado de entrada obrigatório).

Quando $H > H$ máximo, a alternativa é inviável, sendo impressa a mensagem correspondente.

6.3 - BOCA MOLDADA (B)

Como $B.H=C_1$, após a obtenção de H, pode-se calcular a boca moldada:

$$B = C_1 / H$$

6.4 - DIAGRAMA DE BLOCOS DA SUB-ROTINA DIMENS

O diagrama é dado na figura 6.1 a seguir.

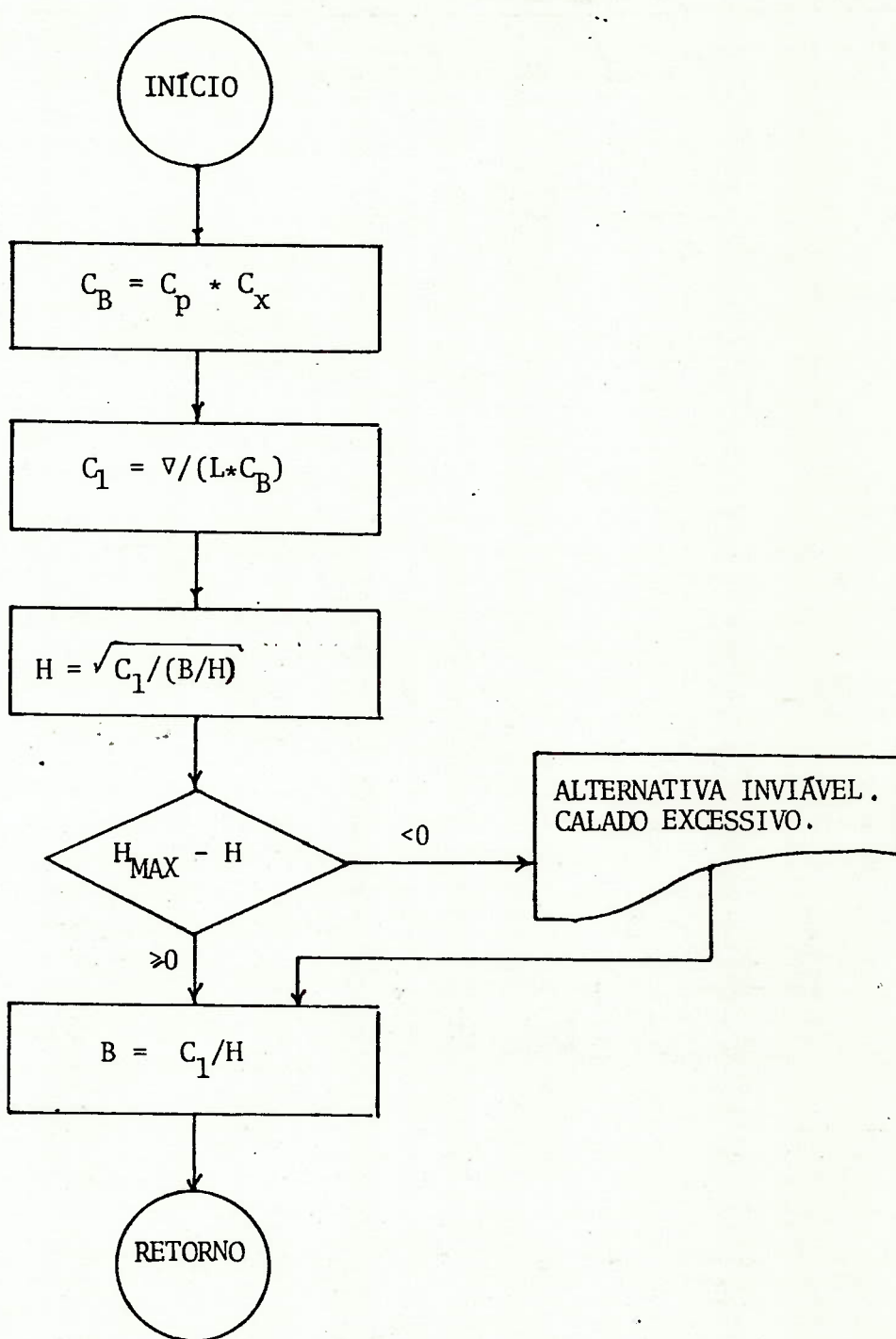


FIGURA 6.1 - DIAGRAMA DE BLOCOS DA SUB-ROTINA DIMENS

CAPÍTULO 7

MODELOS MATEMÁTICOS DA SUB-ROTINA DA PROPULSÃO

Os modelos matemáticos foram desenvolvidos no Estudo Técnico da referência [14].

As estimas de EHPs são efetuadas com a utilização das séries de Taylor [18] e série "C", de Hamburgo [19].

7.1 - ESTIMA DO SHP PELA SÉRIE DE TAYLOR

A estima do EHP pela série de Taylor é efetuado na sub-rotina POTENT, da seguinte forma:

a) Cálculo do EHP de casco nú

$$C_t = \frac{R_t}{\frac{\rho}{2} \cdot S \cdot V^2}$$

onde:

$$C_t = (C_R + C_F + CA)$$

R_t = resistência total.

S = superfície molhada.

V = velocidade.

ρ = densidade da água.

Daí vem:

$$R_t = C_t \cdot (\rho/2) \cdot S \cdot V^2$$

Tem-se:

$$EHP = \frac{R_t \cdot V}{75}$$

onde R_t é dado em Kgf e V em m/s.

Logo:

$$EHP = \frac{C_t \cdot \rho \cdot S \cdot V^3}{2.75}, \quad \begin{array}{l} \rho \text{ em Kgf} \cdot \text{seg}^2 / \text{m}^4 \\ S \text{ em m}^2 \\ V \text{ em m/s} \end{array}$$

Se V é dado em (nós), a expressão é transformada em:

$$EHP = \frac{(0,5148)^3}{2.75} \cdot C_t \cdot \rho \cdot S \cdot V^3 = 0,00091 \cdot C_t \cdot \rho \cdot S \cdot V^3$$

$$\therefore EHP = 0,00091 \cdot \rho \cdot S \cdot V^3 \cdot (C_R + C_F + C_A)$$

Os valores de C_R , C_F e C_A são obtidos da seguinte maneira:

- C_A ou ΔC_F é o acréscimo de resistência devido à rugosidade e é um elemento de entrada opcional. Quando não for fornecido pelo usuário, o programa adota $C_A = 0,0003$.
- C_F é o coeficiente de resistência de atrito, calculado segundo a formulação do ITTC-57, de acordo com a referência [12]:

$$C_F = \frac{0,075}{(\log_{10} \cdot R_e - 2)^2}$$

sendo:

$$R_e = n^2 \text{ de Reynolds} = L.V/v.$$

O cálculo da superfície molhada (S) é efetuado pela expressão desenvolvida em |3| e utilizada pelas referências |2 e 4| dando erro de no máximo 5% em relação aos valores obtidos pela utilização das curvas da referência |18|:

$$S = L.H.(1,7+C_p.C_x.B/H) \left[0,0053.(B/H)^2 - 0,02.B/H + 3.C_v + 0,08.C_p + 0,926 \right]$$

- C_R é o coeficiente de resistência residual, cujos valores foram tabulados e armazenados em matrizes da sub-rotina, em função de determinados B/H , C_p , C_x e V/\sqrt{L} .

O programa determina $(B/H)_i$ e $(B/H)_s$, $(C_p)_i$ e $(C_p)_s$, $(C_v)_i$ e $(C_v)_s$, $(V/\sqrt{L})_i$ e $(V/\sqrt{L})_s$, valores imediatamente inferiores e superiores àqueles da alternativa em estudo, obtendo 16 valores para C_R :

$$C_R \left[(V/\sqrt{L})_i, (C_p)_i, (B/H)_i \text{ e } (C_v)_i \right]$$

$$C_R \left[(V/\sqrt{L})_s, (C_p)_i, (B/H)_i \text{ e } (C_v)_i \right]$$

$$C_R \left[(V/\sqrt{L})_i, (C_p)_s, (B/H)_i \text{ e } (C_v)_i \right]$$

etc...

A partir daí, determina o valor final de C_R , procedendo a interpolações lineares, na seguinte ordem: 1º) V/\sqrt{L} ; 2º) C_p ; 3º) B/H e 4º) C_v .

O EHP de casco nú pode, então, ser obtido:

$$EHPCN = 0,00091 \cdot \rho \cdot S \cdot V^3 (C_R + C_F + C_A)$$

b) Cálculo do EHP incluindo a resistência dos apêndices e incrustações.

A expressão utilizada é:

$$\text{EHPAP} = \text{EHPCN} \cdot \text{ALFA}$$

onde:

$\text{EHPAP} = \text{EHP}$ casco nú + acréscimo devido a apêndices e incrustações.

$\text{EHPCN} = \text{EHP}$ de casco nú.

ALFA = coeficiente que contém as margens de apêndices e incrustações, atendendo as normas e recomendações em vigor na DEN.

$$\text{ALFA} = 1 + \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5}{100}$$

sendo:

$\alpha_1 = 3\%$ = margem devida aos eixos e pés-de-galinha.

$\alpha_2 = 3\%$ = margem devida ao leme.

$\alpha_3 = 3\%$ = margem devida ao estabilizador.

$\alpha_4 = 2\%$ = margem devida à bolina.

$\alpha_5 = 15\%$ = margem devida à incrustações.

Daí vem:

$$\text{ALFA} = 1,26$$

c) Cálculo do EHP final

O EHP final (EHP) é obtido pela aplicação de um fator de correção, correspondente à correlação EHP prova/EHP Taylor, tal como indicado na referência |2|, derivada de dados observados em provas de mar de navios de guerra de classes fragata e

contratorpedeiros.

$$\text{EHP} = \beta \cdot \text{EHPAP}$$

onde:

$$\beta = \begin{cases} 1,1 & \text{para } V/\sqrt{L} \leq 0,7 \\ 1,205 - 0,15V/\sqrt{L} & \text{para } 0,7 < V/\sqrt{L} \leq 0,82 \\ 1,3827 - 0,3667V/\sqrt{L} & \text{para } 0,82 < V/\sqrt{L} \leq 1,18 \\ 1,109 - 0,1364V/\sqrt{L} & \text{para } 1,18 < V/\sqrt{L} \leq 1,40 \\ 0,9753 - 0,0395V/\sqrt{L} & \text{para } 1,40 < V/\sqrt{L} \leq 1,78 \\ 0,8645 + 0,0227V/\sqrt{L} & \text{para } 1,78 < V/\sqrt{L} \end{cases}$$

A figura 7.1 representa graficamente as relações acima.

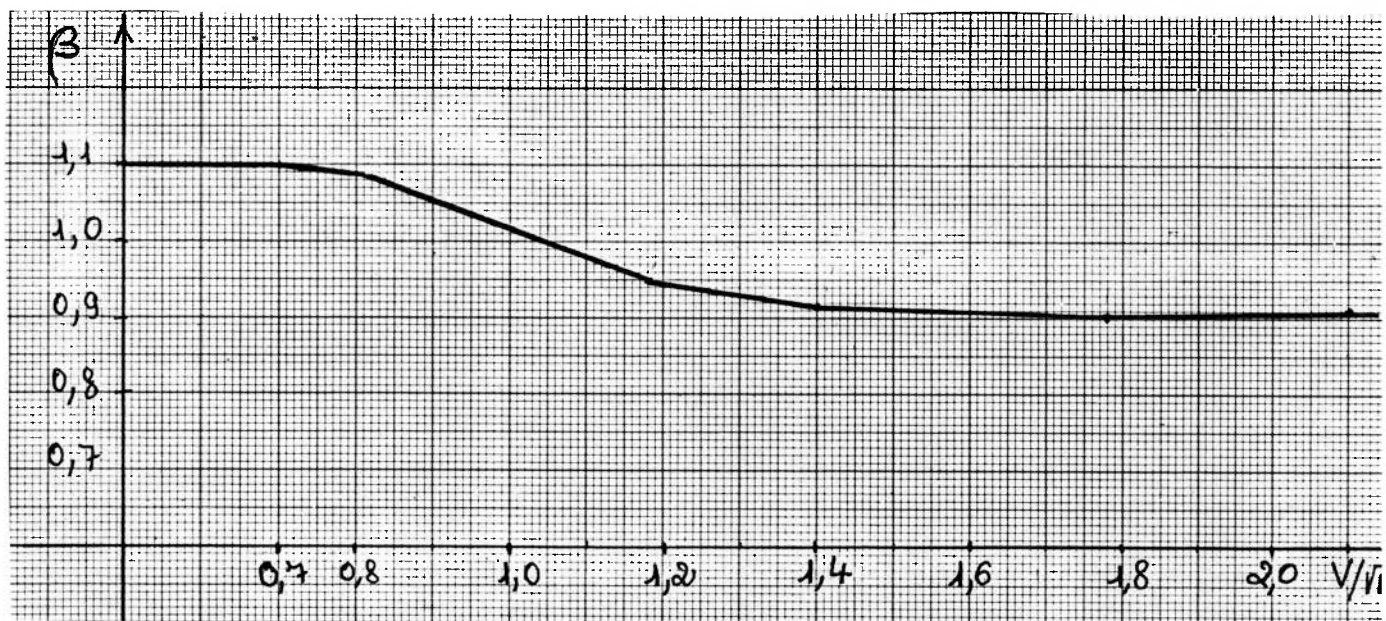


FIGURA 7.1 - β VERSUS V/\sqrt{L}

d) Cálculo do SHP

O SHP é calculado pela expressão:

$$\text{SHP} = \frac{\text{EHP}}{\text{CP}} \cdot \text{PTM}$$

onde:

EHP = EHP final

PC = coeficiente propulsivo. Elemento de entrada opcional. Quando não é fornecido o programa adota 0,65 para as velocidades máxima e de cruzeiro.

PTM = margem na potência prevendo acréscimo de deslocamento. Dado opcional; quando não fornecido pelo usuário, o programa adota 1,00.

7.2 - ESTIMA DO SHP PELA SÉRIE "C", DE HAMBURGO

O procedimento para estima de potência pela série "C", de Hamburgo [19] está detalhado na referência [15]. Esta estima é efetuada na sub-rotina POTENC, da seguinte maneira.

a) Cálculo do EHP de casco nú

$$EHPCN = \frac{(R_F + R_R) \cdot (V \cdot 0,5143)}{75}$$

onde:

R_F = resistência devida ao atrito (Kgf).

R_R = resistência residual (Kgf).

V = velocidade do navio (nós).

A resistência ao atrito é calculada a partir do coeficiente de resistência ao atrito dada pela ITTC-1975, tal como estabelecido em [19]:

$$R_F = 1/2 \cdot \rho \cdot S \cdot (V \cdot 0,5143)^2 \cdot (C_f + \Delta C_f)$$

onde:

$$C_f = \frac{0,75}{(\log_{10} \cdot R_e - 2)^2}$$

ΔC_f = dado de entrada opcional. Adotado 0,0003, quando não fornecido pelo usuário.

$$R_e = \frac{(V \cdot 0,5148) \cdot L}{v}$$

S = superfície molhada = L.H.(1,8+C_B.B/H).

C_B = coeficiente de bloco.

A resistência residual R_r é obtida a partir dos gráficos da referência |19|, apresentados em |15|:

$$R_r = \epsilon_r \cdot \Delta$$

onde:

ϵ_r = coeficiente de resistência residual dado pela série de Hamburgo.

Δ = deslocamento (Kgf).

$$\epsilon_r = f(F_r, C_v, C_p, B/H)$$

$$F_r = \frac{v}{\sqrt{gL}} = \text{número de Froude.}$$

$$C_v = \frac{\nabla}{L^3} = \text{coeficiente volumétrico.}$$

$$C_p = \frac{\nabla}{L \cdot A_x} = \text{coeficiente prismático.}$$

B/H = razão boca/calado.

Para cada F_r fixado tem-se:

$$\epsilon_r = \epsilon_r(C_{\nabla}) \cdot h(c_p) \cdot g(B/H)$$

onde:

$\epsilon_r(C_{\nabla})$ = coeficiente de resistência residual obtido da série de Hamburgo nas curvas $\epsilon_r \times C_{\nabla}$

$h(C_p)$ = fator de correção do coeficiente de resistência residual devido à diferença entre os coeficientes prismáticos do navio (C_p) e associado à curva $\epsilon_r \times C_{\nabla}(C'_p)$.

$g(B/H)$ = fator de correção do coeficiente de resistência residual devido à diferença entre as razões boca/calado do navio (B/H) e aquele da curva de onde o ϵ_r foi obtido.

O procedimento para obtenção do $\epsilon_r(C_{\nabla})$, $h(c_p)$ e $g(B/H)$ é o seguinte:

- À curva $\epsilon_r \times C_{\nabla}$ está associado um coeficiente prismático (C'_p) e uma razão boca/calado (B/H') que, na medida do possível, devem ser os mais próximos dos correspondentes coeficientes da embarcação em questão, sendo que deve ser dada preferência à(s) curva(s) $\epsilon_r \times C$ que tenham(m) C'_p mais próximo do C_p do navio em estudo e, em seguida, se for possível, escolher a curva $\epsilon_r \times C_{\nabla}$ que tenha B/H' mais próximo da razão B/H do navio em questão; assim, para cada F_r , obtém-se $\epsilon_r(C_{\nabla})$.
- Em seguida, procura-se a curva $\epsilon_r \times C_p$ cujo C'_p associado seja o mais próximo do C da embarcação em estudo e, nesta curva toma-se:

$$\epsilon_r = f(C_p)$$

$$\epsilon'_r = f(C'_p)$$

$$h(C_p) = \frac{\epsilon_r}{\epsilon'_r}$$

- Procedimento análogo é feito para a obtenção de $g(B/H)$.

Obtido o ϵ_r , determina-se o R_r , possibilitando a obtenção do EHP de casco nú.

b) Cálculo do EHP incluindo a resistência dos apêndices e incrustações.

É feito da mesma maneira que a descrita em 7.1.b.

c) Cálculo do SHP

$$SHP = \frac{EHP}{PC} \cdot PTM$$

onde:

EHP = EHP final.

PTM = margem na potência prevendo o aumento do deslocamento. O programa adota $PTM=1,0$, quando este dado não é fornecido pelo usuário.

PC = coeficiente propulsivo. O programa adota $PC=0,65$ para as velocidades máxima e de cruzeiro, quando não fornecido pelo usuário.

7.3 - DETERMINAÇÃO DOS BHPs

Para a determinação dos BHPs máximo e de cruzeiro os seguintes pontos foram considerados:

- a) Foram utilizadas margens para acréscimo de BHP devido ao estado do mar e vento de 5 a 10% para as velocidades máxima e de cruzeiro, respectivamente.

Esses valores foram estabelecidos após análise de alguns resultados obtidos por cálculos manuais, considerando mar 3 na escala Beauford, período de 6 segundos e velocidade do vento igual a 15 nós.

- b) Foi considerado que quando o navio utilizasse hélice de passo fixo, os motores só deveriam desenvolver 80% de sua potência nominal máxima contínua. No entanto, no caso de hélice de passo variável, o modelo considera que os motores possam desenvolver 100% dessa potência.

Este valor de 80% foi fixado pela DEN para proteção dos motores, tendo em vista a ocorrência de alguns casos de sobrecarga em navios pequenos, com prejuízo para os motores.

- c) A eficiência da engrenagem redutora foi considerada de 0,98, que é o valor adotado na DEN, para esta fase do projeto.

As expressões utilizadas para a determinação dos BHPs máximo e de cruzeiro foram, então, as seguintes:

7.3.1 Determinação do BHP de Cruzeiro

Tanto para hélices de passo fixo ou controlável:

$$\text{BHP}_{\text{cruz}} = \frac{\text{SHP}_{\text{cruz}}}{0,98} \cdot 1,10 = 1,122 \text{ SHP}_{\text{cruz}}$$

onde:

BHP_{cruz} = BHP total necessário na velocidade de cruzeiro

SHP_{cruz} = SHP na velocidade de cruzeiro.

1,10 = fator que considera a margem devido ao estado do mar e vento (mar 3 na escala Beauford, período de 6 segundos e velocidade do vento igual a 15 nós).

0,98 = eficiência da engrenagem redutora.

1,122 = 1,10/0,98.

7.3.2 Determinação do BHP Máximo

- Para hélices de passo fixo:

$$\text{BHP}_{\text{motores}} = \frac{\text{SHP}_{\text{max}}}{0,98} \cdot \frac{1,05}{0,8} = 1,339 \text{ SHP}_{\text{max}}$$

- Para hélices de passo controlável:

$$\text{BHP}_{\text{motores}} = \frac{\text{SHP}_{\text{max}}}{0,98} \cdot 1,05 = 1,071 \text{ SHP}_{\text{max}}$$

onde:

$\text{BHP}_{\text{motores}}$ = BHP total necessário na velocidade máxima.

SHP_{max} = SHP na velocidade máxima.

0,98 = eficiência da engrenagem redutora.

1,05 = fator que considera a margem devida ao estado do mar e vento (mar 3 na escala Beauford, período de 6 segundos e velocidade do vento igual a 15 nós).

0,8 = fator que considera que os motores só devem desenvolver 80% da sua potência nominal máxima contínua

$1,339 = 1,05 / (0,98 \cdot 0,8)$.

$1,071 = 1,05 / 0,98$.

7.4 - ESCOLHA DOS MOTORES PROPULSORES

A configuração empregada para a propulsão é do tipo CODAD, podendo existir 2 ou 4 motores propulsores (quantidade esta que é um dado de entrada opcional do modelo), admitindo-se sempre duas praças de máquinas e motores propulsores iguais. Quando a configuração possuir 2 motores, será alocado um motor em cada praça de máquinas, e, na versão 4 motores, serão alocados 2 motores em cada praça de máquinas. O número de eixos propulsores será sempre igual a 2, podendo-se utilizar hélices de passo controlável ou fixo, a critério do usuário. Essas configurações estão esquematizadas na figura 7.2.

Como os motores devem ser iguais, tem-se:

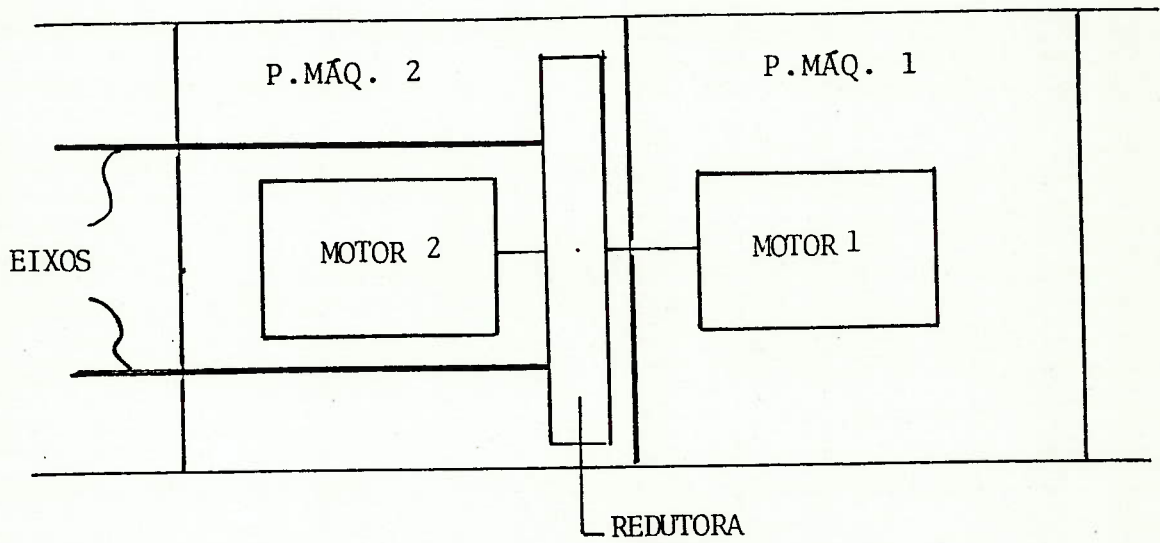
$$\text{BHP}_{\text{mot}} = \frac{\text{BHP}_{\text{motores}}}{n}$$

onde:

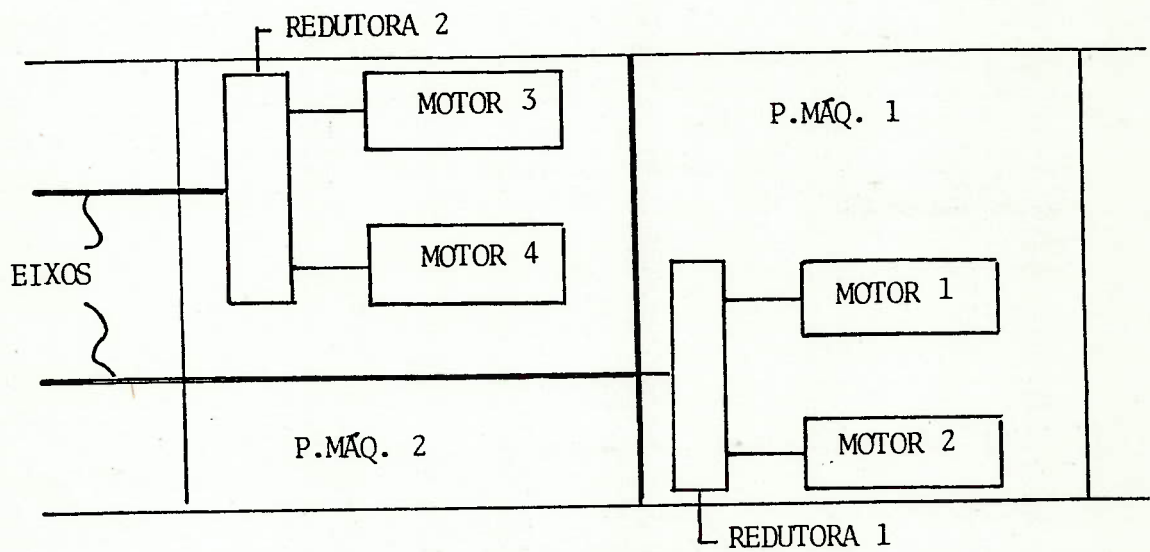
BHP_{mot} = BHP necessário para cada motor (HP).

$\text{BHP}_{\text{motores}}$ = BHP total necessário na velocidade máxima (HP).

O programa escolhe o motor de potência superior mais pró-



VERSÃO COM 2 MOTORES



VERSÃO COM 4 MOTORES

FIGURA 7.2 - CONFIGURAÇÃO DA INSTALAÇÃO PROPULSORA

xima do BHP_{mot} entre todos aqueles motores pré-selecionados pelo usuário, capazes de serem utilizados no projeto em andamento.

7.5 - ESTIMA DO COMPRIMENTO DAS PRAÇAS DE MÁQUINAS

Para a estima do comprimento das praças de máquinas, foram levantados dados de navios semelhantes conforme mostrado na tabela 7.1.

TABELA 7.1 - INFORMAÇÕES SOBRE NAVIOS SEMELHANTES

NAVIO	L_{pp} (m)	B (m)	NÚMERO DE MOTORES	BHP_{total}	LPM (m)
1	85,0	10,40	4	15780	22,1
9	86,4	11,00	2	20240	26,5
11	76,0	10,30	2	12000	24,0
16	65,0	9,30	4	20000	16,3
32	58,0	10,50	4	17060	17,5

A formulação adotada é:

$$\frac{LPM}{L_{pp}} = BHP_{mot} \cdot 10^{-5} + 0,23$$

onde:

BHP_{mot} = potência de cada motor propulsor.

LPM = comprimento das praças de máquinas (m).

L_{pp} = comprimento entre perpendiculares (m).

LPM pode ser, também, fornecido pelo usuário.

A figura 7.3 mostra a comparação da formulação adotada com os valores dos navios semelhantes.

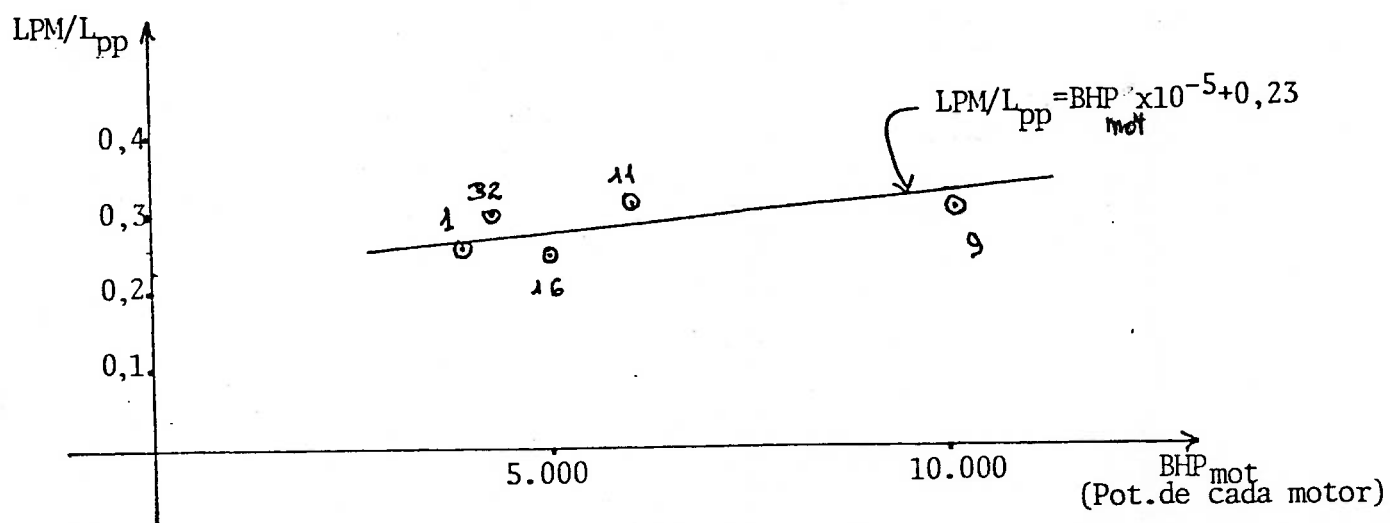


FIGURA 7.3 - CURVA (LPM/L_{pp}) x BHP_{mot}

7.6 - ESTIMA DOS PESOS DE ÓLEOS COMBUSTÍVEL E LUBRIFICANTE

As formulações para estima dos pesos de óleos combustível e lubrificantes foram retiradas das referências [2 e 3] e são apresentadas a seguir. Esses pesos, no entanto, podem ser fornecidos pelo usuário.

a) Peso de óleo combustível

$$P(16) = 1,147 \cdot \text{BHPC} \cdot \text{CECC} \cdot \frac{\text{RA}}{V_{\text{cruz}}} \cdot 10^{-6}$$

onde:

P(16) = peso do óleo diesel consumido pelos motores diesel para atingir o raio de ação (ton).

1,147 = fator que corresponde à margem para degradação do sistema e condições médias de operação, conforme especificado pela DEM.

RA = raio de ação (milhas marítimas).

V_{cruz} = velocidade de cruzeiro (nós).

CECC = consumo médio de combustível dos motores diesel na velocidade de cruzeiro, obtido por interpolação ou extrapolação linear entre os consumos a 50 e a 100% da potência nominal (gr/BHP.h):

$$\text{CECC} = 2 \cdot C5 - C10 - 2 \cdot \frac{\text{BHP}_{\text{cruz}}}{\text{BHP}_{\text{motores}}} \cdot (C5 - C10)$$

C5 = consumo específico dos motores diesel a 50% de sua potência nominal (gr/BHP.h).

C10 = idem, para 100% de sua potência nominal.

BHP_{cruz} = BHP total na velocidade de cruzeiro.

$\text{BHP}_{\text{motores}}$ = BHP nominal total dos motores escolhidos.

b) Peso do óleo lubrificante

$$P(15) = 1,147 \cdot \{0,0001 \cdot \text{BHP}(2) \cdot \text{DS}(2) + \\ + 0,001 \cdot \text{BHP}(1) \cdot \text{DS}(1) + 8,5\}$$

onde:

$P(15)$ = peso do óleo lubrificante (ton).

1,147 = fator que inclui 10% de margem para degradação do sistema e 4,7% para condições médias de operação.

$\text{BHP}(1)$ = potência de cada motor diesel na condição de cruzeiro.

$\text{BHP}(2)$ = potência de cada motor diesel na condição de velocidade máxima.

$\text{DS}(1)$ = número de motores diesel em operação na condição de cruzeiro.

DS(2) = número de motores diesel na condição de velocidade máxima.

7.7 - DIAGRAMA DE BLOCOS DA SUB-ROTINA DA PROPULSÃO

É dada na figura 7.4, a seguir.

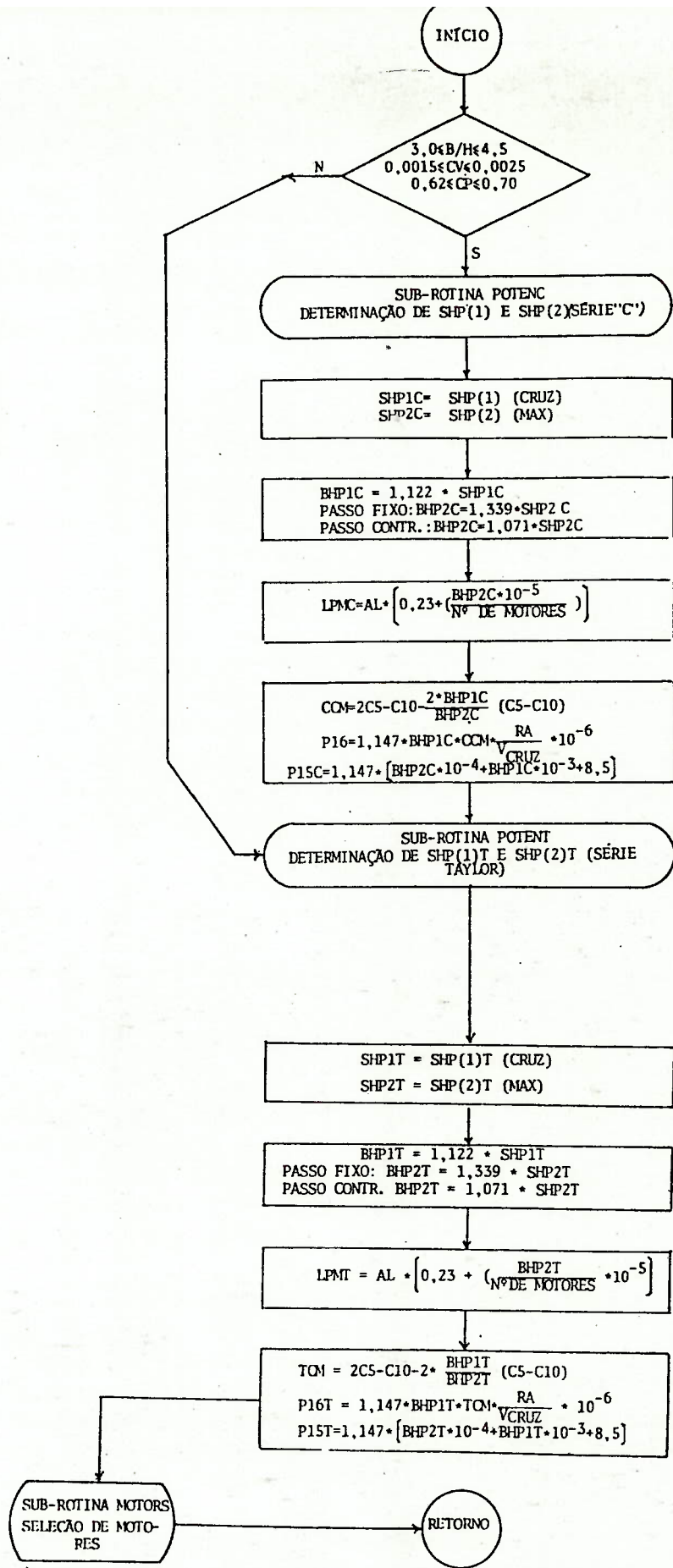


FIGURA 7.4 - DIAGRAMA DE BLOCOS DA SUB-ROTINA DA PROPULSÃO

CAPÍTULO 8

MODELOS MATEMÁTICOS

DA SUB-ROTINA DA INSTALAÇÃO ELÉTRICA

De acordo com o Estudo Técnico da referência [20], após análise de várias formulações existentes nos modelos das referências [2, 3, 4 e 5], a DEN optou pela utilização da formulação da referência [3].

8.1 - ESTIMA DAS CARGAS ELÉTRICAS

As cargas elétricas parciais serão calculadas de acordo com a formulação dada na tabela 8.1.

TABELA 8.1 - FORMULAÇÃO ADOTADA PARA A ESTIMA DE CARGAS ELÉTRICAS

ITEM	CARGA ELÉTRICA (kw)
PVARC=ventilação e ar condicionado	$15+0,13278 \cdot NAC \cdot NC$
PHOT=hotel	$0,917 \cdot NAC$
POUT=outros	$9,517 \cdot NC$
PPROP=propulsão	1.
PELET=eletrônicos	dado de entrada
PARM=armamento	dado de entrada

Simbologia: NAC = número de acomodações.

NC = número cúbico (m^3) = $L \cdot B \cdot DMN / 1000$

L = comprimento entre perpendiculares

B = boca

DMN= pontal a meia nau

A carga elétrica média é igual ao somatório das cargas elétricas indicadas na tabela 8.1, menos a carga devida ao armamento (ARI):

$$PM = PVARC+PHOT+POUT+PPROP+PELET$$

onde:

PM = carga elétrica média em 24 horas.

PVARC, PHOT, POUT, PPROP, PELET - ver tabela 8.1.

A carga elétrica máxima é igual ao somatório das cargas indicadas na tabela 8.1, mais uma margem de 27,5% sob o total e uma margem de 100% sobre os equipamentos eletrônicos:

$$PT = (PVARC+PHOT+POUT+PPROP+PELET+PARM).1,275+PELET$$

onde:

PT = carga elétrica máxima.

PVARC, PHOT, POUT, PPROP, PELET, PARM-ver tabela 8.1.

8.2 - POTÊNCIA ELÉTRICA NOMINAL DE CADA GERADOR

A DEN estabeleceu que fossem usados 4 grupos geradores acionados por motores diesel de alta rotação, cada um com no máximo 500 kw de potência nominal, devendo ser considerados apenas os geradores com potências múltiplas de 50 kw, ou seja, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 e 500 kw.

A potência necessária a ser suprida por cada gerador (PGER) é, então, dada por:

$$PGER = \frac{2 \cdot PT}{4}$$

onde:

PT = carga elétrica máxima.

2 = margem de segurança.

4 = número de geradores.

$$\therefore PGER = PT/2$$

O programa escolhe o gerador de potência nominal imediatamente superior a PGER calculada, entre aqueles mencionados.

8.3 - PESO DO ÓLEO COMBUSTÍVEL PARA OS GRUPOS GERADORES

O peso do óleo combustível necessário para a alimentação dos geradores é calculado com base na formulação a seguir:

$$PCG = (CECG \cdot PM) \cdot \frac{RA}{VC} \cdot 10^{-6} \cdot 1,147$$

onde:

PCG = peso do óleo diesel necessário para alimentação dos geradores (ton).

CECG = consumo específico dos geradores (gr/kw.h). Se não é dado, assume-se = 260 gr/kw.h

PM = carga elétrica média.

RA = raio de ação (milhas marítimas).

VC = velocidade de cruzeiro (nós).

10^{-6} = fator para correção de unidades.

1,147 = margens para estima de consumo de combustível dos geradores = 14,7%.

8.4 - DIAGRAMA DE BLOCOS DA SUB-ROTINA DA INSTALAÇÃO ELÉTRICA
(PLELT)

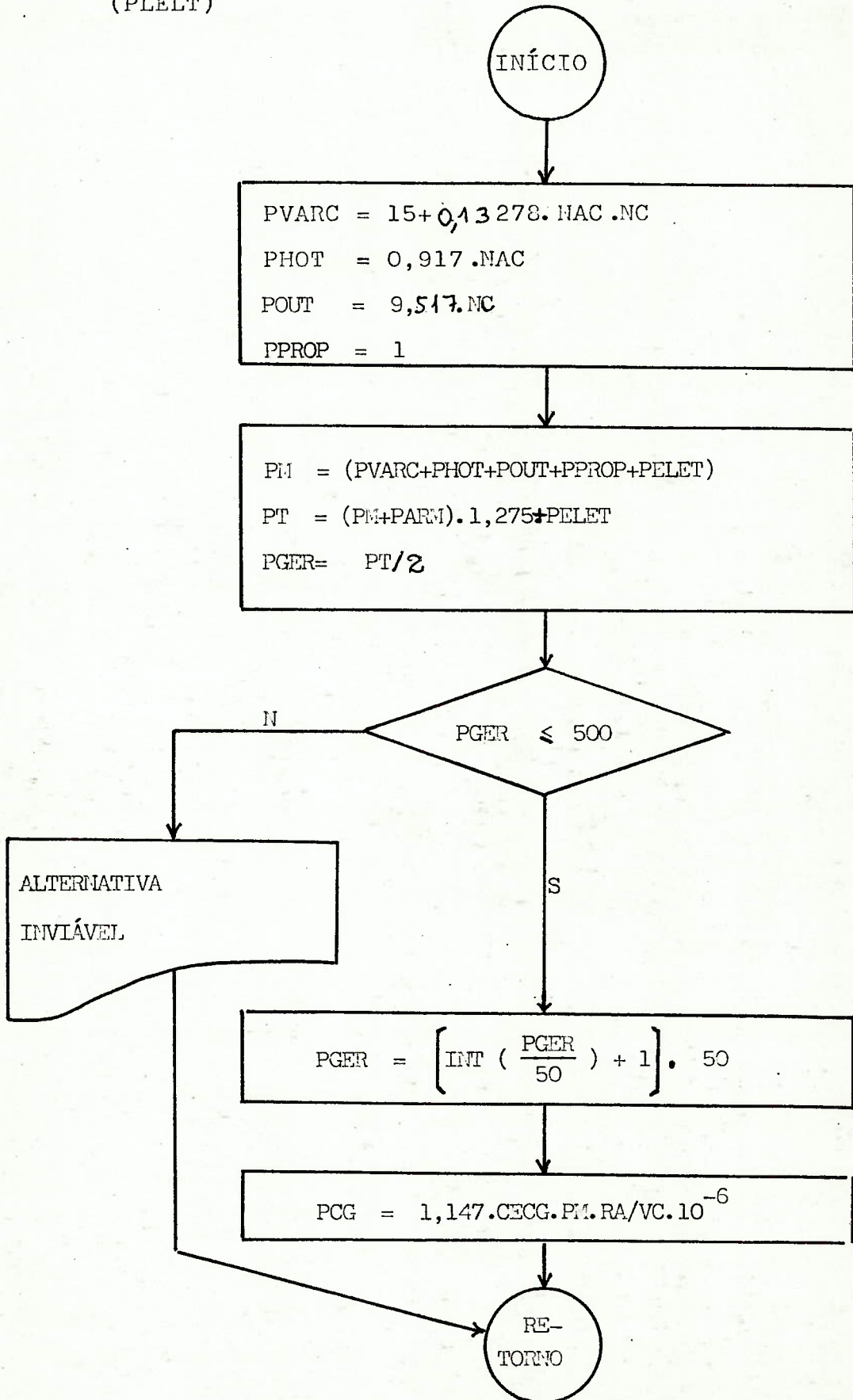


FIGURA 3.1 - DIAGRAMA DE BLOCOS DA SUB-ROTINA PLELT

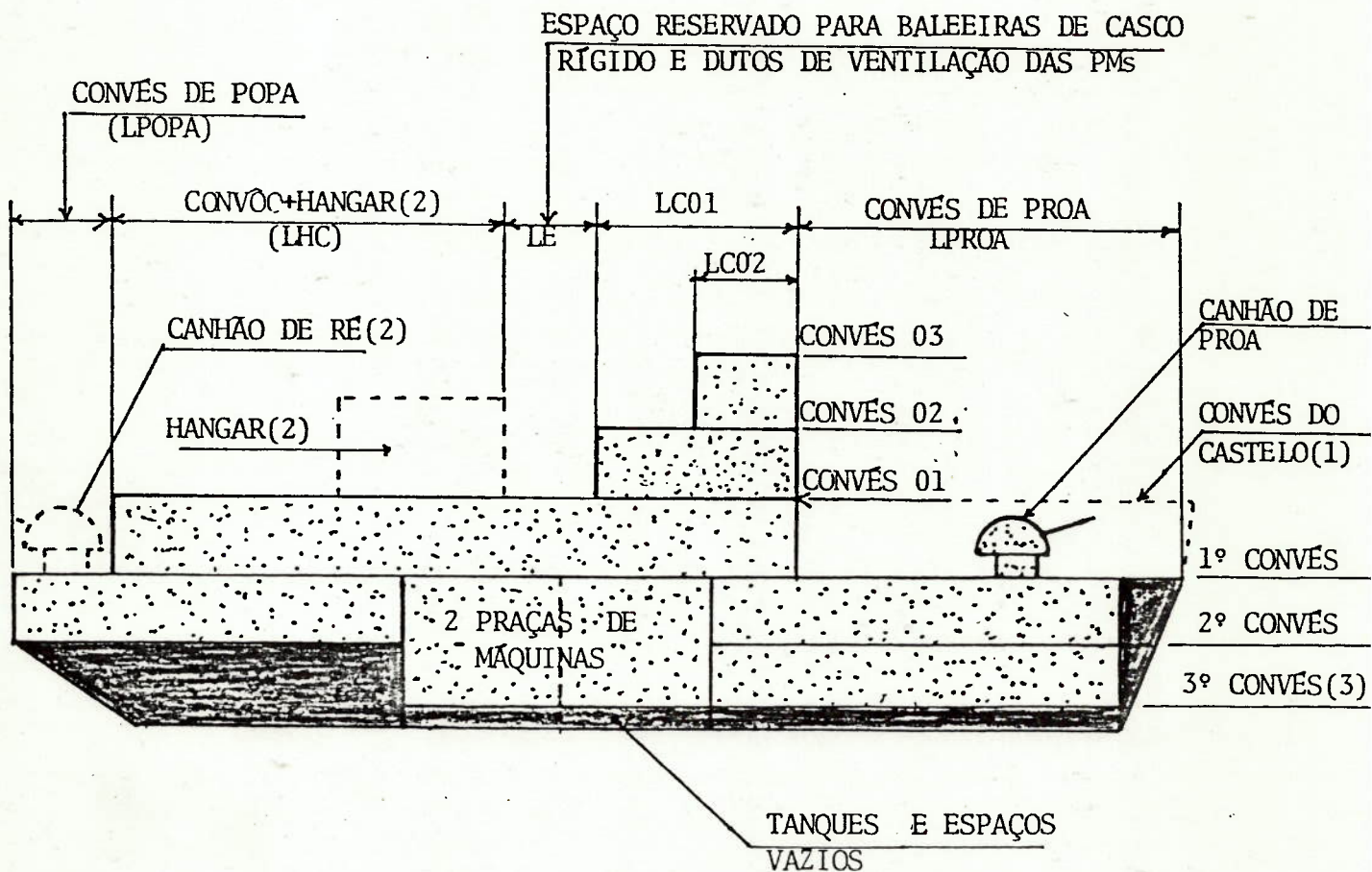
CAPÍTULO 9

MODELOS MATEMÁTICOS

DA SUB-ROTINA DE ÁREAS E VOLUMES

A referência [26] apresenta detalhes a respeito da formulação desenvolvida para essa sub-rotina.

O arranjo básico do navio é dado na figura 9.1.



NOTAS:

1. O convês do castelo existirá apenas quando houver necessidade.
2. O canhão de ré, o hangar e o convôc são opcionais, a critério do usuário.
3. O 3º convês existirá apenas quando o pontal permitir, e será localizado apenas a vante das PMS.

FIGURA 9.1 - ARRANJO BÁSICO DO NAPACO

9.1 - DETERMINAÇÃO DOS PONTAIS A MEIO NAVIO, AV E AR

O pontal mínimo nas praças de máquinas é dado pela expressão da referência [26], obtida após análise de regressão de dados conhecidos de sete navios com propulsão CODAD, tal como ilustrado na figura 9.2.

A formulação adotada foi:

$$DPM = 3,35 + 0,000150 \cdot SHPM$$

onde:

DPM = pontal mínimo requerido nas praças de máquinas (m).

SHPM = potência total máxima contínua nos eixos (HP).

DPM pode, também, ser especificado pelo usuário.

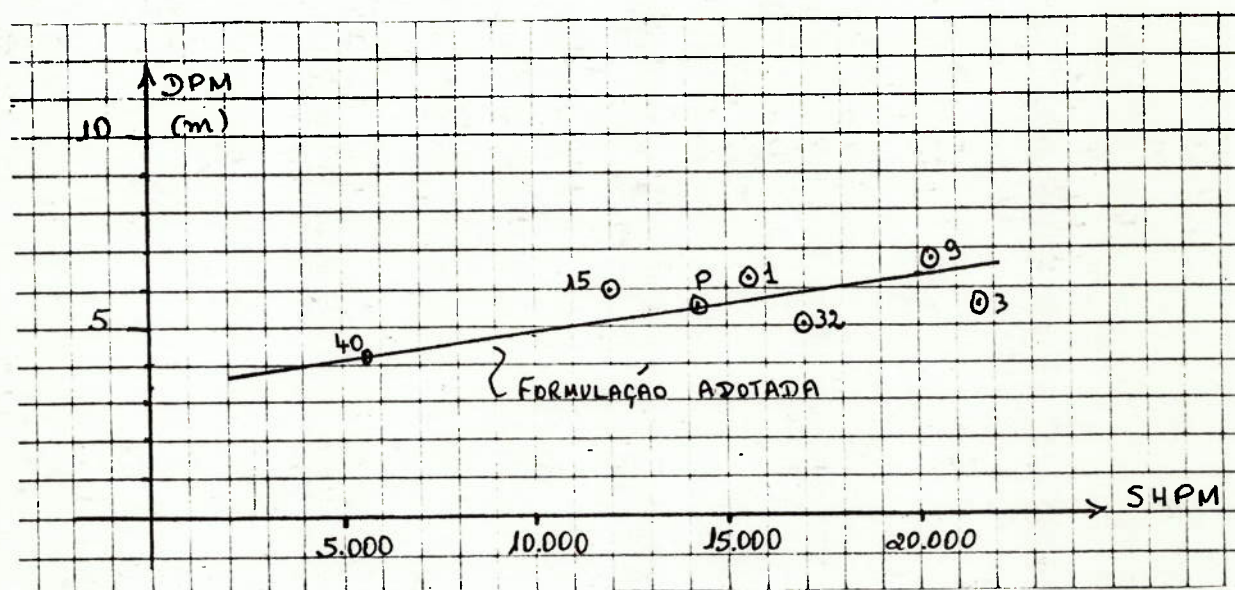


FIGURA 9.2 - DPM x SHPM

A borda livre mínima a meio navio foi tomada como a média de 22 navios semelhantes, tal como descrito em [8]:

$$BLMIN = 0,034 \cdot AL$$

onde:

BLMIN = borda livre mínima a meio navio.

AL = comprimento entre perpendiculares (m).

O pontal inicial a meio navio é determinado na seguinte sequência:

$$D1 = H + BLMIN$$

$$D2 = AL/16$$

$$DMN = \text{MAX}(D1; D2; DPM)$$

onde:

DMN = pontal a meio navio (m).

H = calado (m).

BLMIN e DPM - já definidos neste item.

A borda livre mínima nas perpendiculares é tomada como a recomendada pela USN, segundo o critério de embarque d'água:

$$BLAV = 0,01 \cdot AL \cdot (101,2 \cdot H/AL - 0,006848 \cdot AL + 0,84)$$

$$BLAR = 0,01 \cdot AL \cdot (0,0135 \cdot AL + 0,65)$$

onde:

BLAV = borda livre mínima na perpendicular de vante (m).

BLAR = borda livre mínima na perpendicular de ré (m).

AL e H - já definidos neste item.

De acordo com [8], os seguintes limites máximos e mínimos para os tosamentos nas perpendiculares de vante e de ré foram a dotados:

$$0,010 \leq TV \leq 0,033$$

$$-0,0075 \leq TR \leq 0,0115$$

onde:

$$TV = \frac{DAV - DMN}{AL}$$

$$TR = \frac{DAR - DMN}{AL}$$

TV = tosamento a vante.

TR = tosamento a ré.

DAV = pontal na perpendicular de vante (m).

DAR = pontal na perpendicular de ré (m).

DMN = pontal a meia nau (m).

AL = comprimento entre perpendiculares (m).

A figura 9.3 ilustra os cálculos efetuados.

9.2 - CÁLCULO DO VOLUME OU COMPRIMENTO DAS PRAÇAS DE MÁQUINAS

O volume das praças de máquinas (VPM), poderá ser fornecido pelo usuário ou então calculado pelo modelo. Quando o volume das praças de máquinas é dado, o comprimento é calculado segundo a formulação apresentada em [26], que é a mesma da referência [3]:

$$AMN = B \cdot H \cdot CX + B \cdot (DMN - H)$$

$$CPPM = 0,99675 + \frac{LPM}{AL} \cdot (0,055 + \frac{LPM}{AL} \cdot (3,2 \cdot (CP - 0,6) - 0,525))$$

$$ALPM = \frac{VPM}{AMN \cdot CPPM}$$

onde:

AL = comprimento entre perpendiculares.

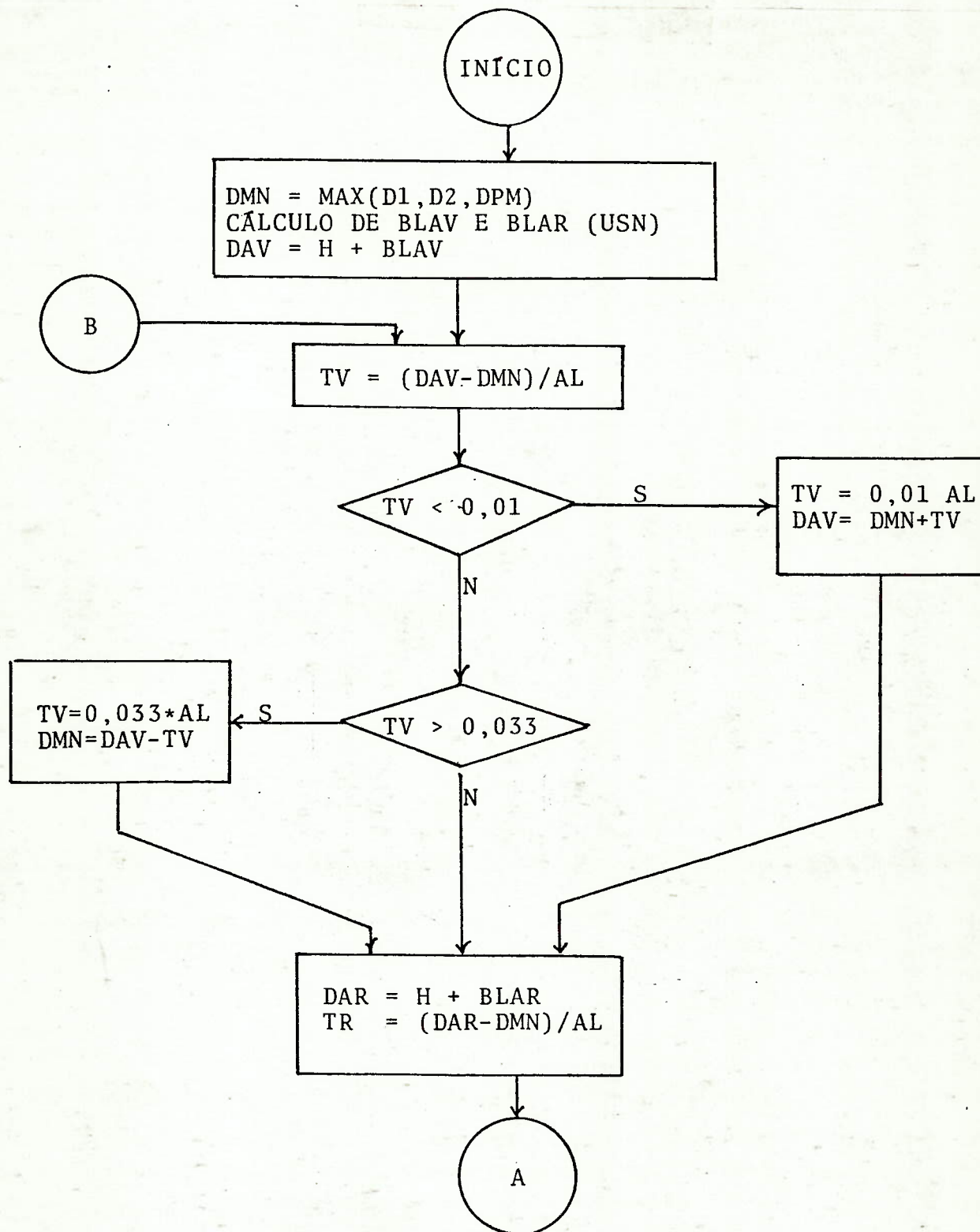


FIGURA 9.3 - DIAGRAMA DE BLOCOS DA DETERMINAÇÃO DOS PONTAIS

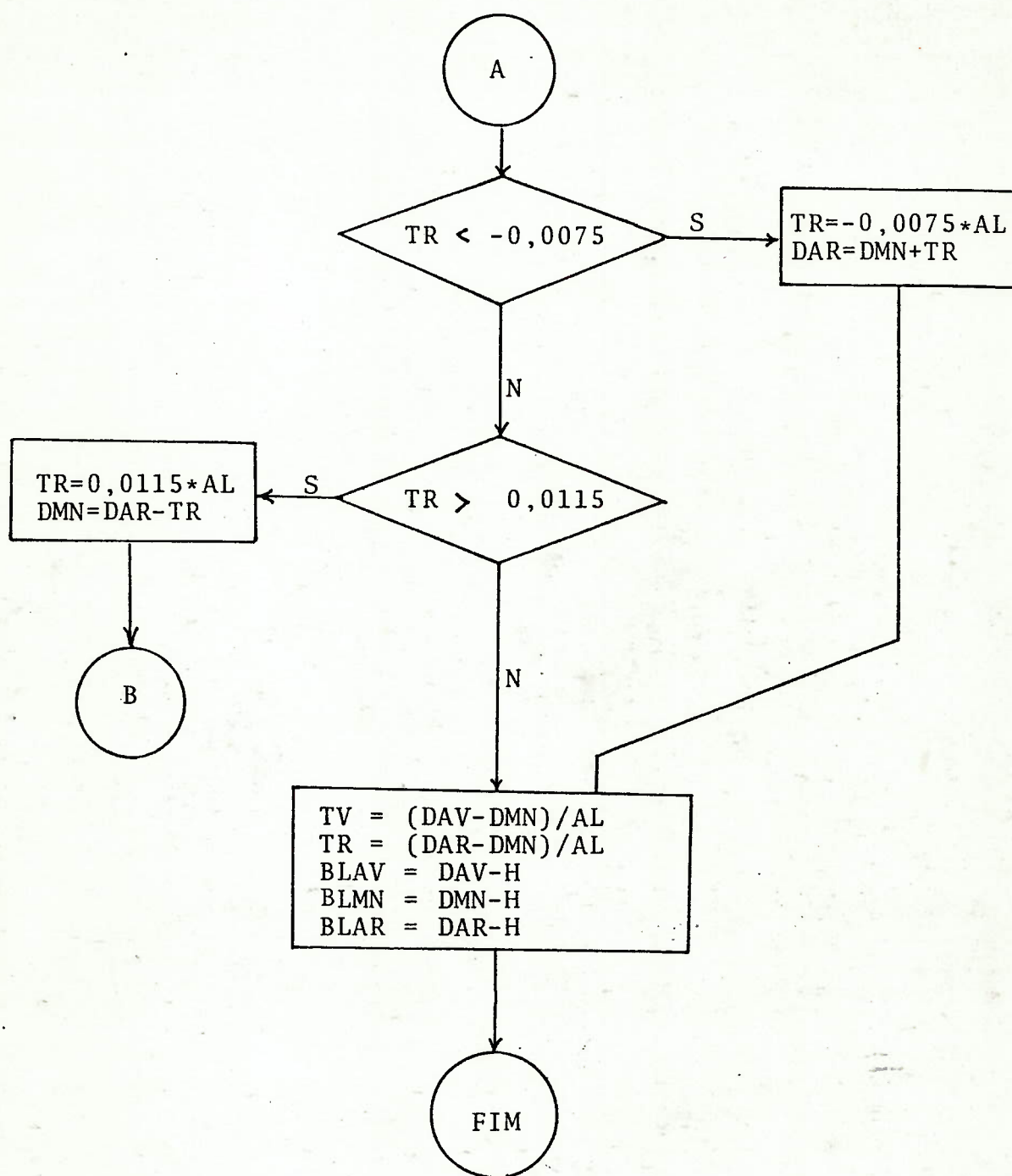


FIGURA 9.3 - CONTINUAÇÃO

- AMN = área da secção transversal do navio até o convés principal (m^2).
- CPPM = coeficiente prismático da praça de máquinas =
= $VPM/ALPM.AMN$.
- B = boca (m).
- H = calado (m).
- DMN = pontal a meio navio (m).
- CX = coeficiente da secção mestra.
- CP = coeficiente prismático.
- VPM = volume das praças de máquinas (m^3).
- LPM = comprimento das praças de máquinas calculado na sub-rotina PROPUL (m).
- ALPM = comprimento adotado para as praças de máquinas(m).

Quando o volume não é dado, ele é calculado a partir do comprimento das praças de máquinas, determinado na sub-rotina PROPUL, na seguinte sequência:

Determinação de AMN e CPPM pelas mesmas expressões anteriores:

$$ALPM = LPM$$

$$VPM = AMN \cdot ALPM \cdot CPPM$$

A simbologia é a mesma já dada neste item.

9.3 - BALANCEAMENTO DE VOLUMES PARA TANQUES

Inicialmente, calcula-se o volume requerido para tanques e espaços vazios:

$$VTQ = VCOB + VLUB + VCHEL + VAG + VRES$$

onde:

VTQ = volume requerido para tanques, sem considerar o volume extra (m^3).

$VCOB = 1,2195 \cdot \frac{PCOB}{CTAN}$ = volume dos tanques de óleo combustível para o navio (m^3).

PCOB = peso do combustível para o navio (t).

CTAN = fator de acréscimo de volume dos tanques devido à permeabilidade e para permitir a dilatação térmica; adotado igual a 0,92 para tanques de água doce e 0,87 para os demais tanques, quando não for especificado pelo usuário.

1,2195 = fator que corresponde ao inverso do peso específico do combustível para o navio ($0,82 \text{ t}/m^3$).

$VLUB = 1,1111 \cdot \frac{PLUB}{CTAN}$ = volume dos tanques de óleo lubrificante para o navio (m^3).

PLUB = peso do óleo lubrificante do navio (t).

1,1111 = fator que corresponde ao inverso do peso específico do óleo lubrificante para o navio ($0,9 \text{ t}/m^3$).

$VCHEL = 1,33 \cdot \frac{PCHEL}{CTAN}$ = volume dos tanques de combustível para aviação (m^3).

PCHEL = peso do combustível para aviação (t).

1,33 = fator que corresponde ao inverso do peso específico do combustível para aviação ($0,75 \text{ t}/m^3$).

$$VAG = 0,2275 \cdot \frac{ACOM}{CRTAN} = \text{volume dos tanques de água doce}$$

(m³).

ACOM = número de acomodações do navio.

VRES = (VCOB+VLUB+VCHEL+VAG).CRTAN = volume de reserva para tanques, e que engloba os espaços vazios no duplo fundo (m³).

CRTAN = fração do volume efetivo requerido para tanques que corresponde aos espaços vazios no duplo fundo; quando não for dado será adotado igual a 0,2.

Volume disponível para tanques

O volume disponível para tanques, no fundo do navio é calculado segundo a formulação da referência [26], que é a mesma usada nas referências [2, 3 e 4]:

$$BLA = \frac{BLAV + 4 \cdot BLIN + BLAR}{6}$$

$$DA = BLA + H$$

$$F7 = 0,7146 + \frac{DA}{H} \cdot (0,181 - 0,01883 \cdot \frac{DA}{H})$$

$$VTOT = AL \cdot B \cdot (CW \cdot BLA \cdot F7 + H \cdot CP \cdot CX)$$

$$D10 = \frac{DMN}{0,3048}$$

$$T = (-0,9037115 + 0,2139727.D10^{-1} - 1,38263.D10^2 .10^{-2} + 4,0080058.D10^3 .10^{-4} - 5,489481.D10^4 .10^{-6} + 2,8921153.D10^5 .10^{-8}) . 2,188.CP.CX.(1,11. \frac{ALPM}{AL} + 0,667)$$

$$VTAN = (VTOT - VPI) . T$$

onde:

- BLAV = borda livre na perpendicular de vante (m).
 BLAR = borda livre na perpendicular de ré (m).
 BLMN = borda livre a meia nau (m).
 H = calado (m).
 AL = comprimento entre perpendiculares (m).
 B = boca (m).
 CW = coeficiente da linha d'água.
 CP = coeficiente prismático.
 CX = coeficiente da secção mestra.
 DMN = pontal a meia nau (m).
 ALPM = comprimento das praças de máquinas (m).
 VTOT = volume total do casco (m³).
 VTAN = volume disponível para tanques (m³).

Balaceamento entre volumes requeridos e disponíveis

O balanceamento entre os volumes de tanques e espaços vazios no fundo do navio requeridos e disponíveis é feito segundo o procedimento a seguir. Quando a diferença entre o volume total disponível e o volume requerido é maior do que o volume extra requerido (VEXT), o excesso é incorporado a este volume extra. Caso a diferença entre os volumes disponível e requerido seja menor do que o volume extra, o pontal é aumentado de tal forma que a área da linha d'água correspondente à altura do du-

plo fundo, multiplicada pelo aumento de pontal seja igual ao volume extra necessário e não disponível. Daí verifica-se novamente os tosamentos, ajustando os pontais. A formulação usada é:

$$VEXT1 = VTAN - VTQ$$

$$\text{se } (VEXT - VEXT1) \begin{cases} < 0 - \text{então } VEXT = VTAN - VTQ \\ > 0 - \text{então:} \end{cases}$$

$$WL = HDF/H$$

$$A = 0,6994 \cdot WL^{0,4} - 0,5092$$

$$B1 = -0,1778 \cdot WL^{1,35} + 1,019$$

$$ARLA = (A + B1 \cdot CP) \cdot 1,18 \cdot AL \cdot B$$

$$DDD = \frac{VEXT - VEXT1}{ARLA}$$

$$DMIN = DMN + DDD$$

onde:

VTAN = volume disponível para tanques (m³).

VTQ = volume requerido para tanques, não considerado o volume extra (m³).

VEXT = volume extra mínimo exigido para tanques mais as reservas de volume eventuais dos tanques (m³).

HDF = altura do duplo fundo (m); quando não for especificada, será adotada igual a 0,3.

H = calado (m).

CP = coeficiente prismático.

AL = comprimento entre perpendiculares (m).

B = boca (m).

DDD = acréscimo total do pontal para atender aos requisitos de volume para tanques (m).

DMIN = pontal mínimo a meio navio (m).

9.4 - DETERMINAÇÃO DOS REQUISITOS DE ÁREAS A SEREM ALOCADAS EM CADA CONVÉS

A tabela 9.1 indica a subdivisão adotada para as áreas requeridas. Estas áreas foram subdivididas em espaços que deverão ser alocados exclusivamente na superestrutura e espaços requeridos que poderão estar situados no casco ou na superestrutura.

TABELA 9.1 - SUBDIVISÃO DOS REQUISITOS DE ÁREAS

SIMBOLOGIA	DEFINIÇÃO
A11	EQUIPAMENTOS DE COMUNICAÇÃO E DETECÇÃO
A12	ARMAMENTOS
A13	AVIAÇÃO
A14	EQUIPAMENTO ANFÍBIO
A15	CARGAS ESPECIAIS
A16	COMANDO DA ESQUADRA
A17	PASSEGEIROS ESPECIAIS
A18	SISTEMAS ESPECIAIS
A19	RESERVA DE ÁREA
A21	HABITAÇÃO (CAMAROTES, ALOJAMENTOS, ETC.)
A22	SUORTE (ADMINISTRAÇÃO, COZINHA, ETC;)
A23	ARMAZENAGEM DE PROVISÕES
A31	CONTROLE DO NAVIO
A32	SISTEMAS AUXILIARES
A33	MANUTENÇÃO (OFICINAS MECÂNICAS E ELÉTRICAS)
A34	PAIÓIS DE SUORTE
A35	PASSAGENS E ACESSOS

Obs.: AS seguido de dois dígitos significa área que deve ser alocada exclusivamente na superestrutura, para a quele grupo.

Exemplo:

AS21 - área de habitação a ser alocada exclusivamente na superestrutura.

O usuário poderá especificar o valor desejado para qualquer dos requisitos de áreas e, neste caso o programa deixará / de utilizar a expressão para sua estima.

As áreas dos grupos A11 até A19 são dados de entrada obrigatórios do programa. As demais são estimadas pelas expressões a seguir.

$$A21 = 1,07.ACOM^{1,177}$$

$$AS21 = 25.$$

se $A21 < AS21$, faz: $A21 = AS21$

$$A22 = 0,01.ACOM^{1,878}$$

$$AS22 = 12.$$

se $A22 < AS22$, faz: $A22 = AS22$

$$A23 = 0,5.ACOM$$

$$A31 = 0,99.AL+21.$$

$$AS31 = 0,29.AL+6.$$

$$A32 = 31,1.NC$$

$$A33 = 50.$$

$$A34 = 0.$$

$$A35 = 3,52.AL-127,2$$

$$AS35 = (AS11+AS12+AS13+AS14+AS21+AS22+AS31).0,1$$

se $A35 < AS35$, faz: $A35 = AS35$

$$A1 = A11+A12+A13+A14+A15+A16+A17+A18+A19$$

$$AS1 = AS11+AS12+AS13+AS14+AS15+AS16+AS17+AS18+AS19$$

$$A2 = A21+A22+A23$$

$$AS2 = AS21+AS22$$

$$A3 = A31+A32+A33+A34+A35$$

$$AS3 = AS31+AS35$$

$$ASUP = AS1+AS2+AS3$$

$$ACA = A1+A2+A3-ASUP$$

$$AREQ(21,1) = 2.$$

$$AREQ(21,2) = 8.$$

$$AREQ(21,3) = 15.$$

$$AREQ(21,4) = 0.$$

$$AREQ(21,5) = (A21-25)/2$$

$$AREQ(21,6) = AREQ(10,5)$$

$$AREQ(21,7) = 0.$$

$$AREQ(22,1) = 0.$$

$$AREQ(22,2) = 0.$$

$$AREQ(22,3) = 12.+0,2.A22$$

$$AREQ(22,4) = 0.$$

$$AREQ(22,5) = (A22-AREQ(22,3))/2$$

AREQ(22,6) = AREQ(22,5)
AREQ(22,7) = 0.
AREQ(23,1) = 0.
AREQ(23,2) = 0.
AREQ(23,3) = 0.
AREQ(23,4) = 0.
AREQ(23,5) = 0,15.A23
AREQ(23,6) = 0,15.A23
AREQ(23,7) = 0,7.A23
AREQ(31,1) = 10.
AREQ(31,2) = 14.
AREQ(31,3) = 0,8.(A31-27.)
AREQ(31,4) = 0.
AREQ(31,5) = 0,1.(A31-27.)
AREQ(31,6) = AREQ(31,5)
AREQ(31,7) = 3.
AREQ(32,1) = 0.
AREQ(32,2) = 0.
AREQ(32,3) = 0.
AREQ(32,4) = 0.
AREQ(32,5) = 0.
AREQ(32,6) = 0.
AREQ(32,7) = A32
AREQ(33,1) = 0.
AREQ(33,2) = 0.
AREQ(33,3) = 6.
AREQ(33,4) = 0.
AREQ(33,5) = 22.
AREQ(33,6) = 22.
AREQ(33,7) = 0.

$$\begin{aligned}
\text{AREQ}(34,1) &= 0. \\
\text{AREQ}(34,2) &= 0. \\
\text{AREQ}(34,3) &= 0. \\
\text{AREQ}(34,4) &= 0. \\
\text{AREQ}(34,5) &= 0,2.A34 \\
\text{AREQ}(34,6) &= 0,2.A34 \\
\text{AREQ}(34,7) &= 0,6.A34 \\
\text{AREQ}(35,1) &= A35.ADISPO(1)/\text{ADT} \\
\text{AREQ}(35,2) &= A35.ADISPO(2)/\text{ADT} \\
\text{AREQ}(35,3) &= A35.ADISPO(3)/\text{ADT} \\
\text{AREQ}(35,4) &= A35.ADISPO(4)/\text{ADT} \\
\text{AREQ}(35,5) &= A35.ADISPO(5)/\text{ADT} \\
\text{AREQ}(35,6) &= A35.ADISPO(6)/\text{ADT} \\
\text{AREQ}(35,7) &= A35.ADISPO(7)/\text{ADT}
\end{aligned}$$

$$\text{ADT} = \sum_{\text{J}=1}^7 \text{ADISPO}(\text{J})$$

onde:

- ACOM = número de acomodações.
 AL = comprimento entre perpendiculares (m).
 NC = número cúbico (m³).
 A1 = área total requerida para o item 1 (m²).
 A2 = área total requerida para o item 2 (m²).
 A3 = área total requerida para o item 3 (m²).
 AS1 = parte da área do item 1 a ser alocada exclusivamen
 te na superestrutura (m²).
 AS2 = parte da área do item 2 a ser alocada exclusivamen
 te na superestrutura (m²).
 AS3 = parte da área do item 3 a ser alocada exclusivamen
 te na superestrutura (m²).

ASUP = área requerida que deve ser alocada exclusivamente na superestrutura (m^2).

ACA = área requerida que deve ser alocada no casco ou na superestrutura (m^2).

ADISPO(J) = área disponível no convés J. (Tabela 9.2)

ADT = área disponível total

AREQ(I,J) = área requerida do grupo I no convés J, de acordo com a tabela 9.2 a seguir.

TABELA 9.2 - TABELA DE ÁREAS

I	GRUPO	J	CONVÉS
21	A21	1	02 DA SUPERESTRUTURA
22	A22	2	01 DA SUPERESTRUTURA
23	A23	3	PRINCIPAL
31	A31	4	CASTELO
32	A32	5	2º CONVÉS A RÉ
33	A33	6	2º CONVÉS A VANTE
34	A34	7	3º CONVÉS
35	A35		

A área total requerida em cada convés (J) é dada por:

$$BREQUE(J) = \sum_{I=21}^{35} AREQ(I,J)$$

9.5 - BALANCEAMENTO DE ÁREAS EXCLUSIVAMENTE NA SUPERESTRUTURA

O arranjo básico da superestrutura está apresentado na fi gura 9.4.

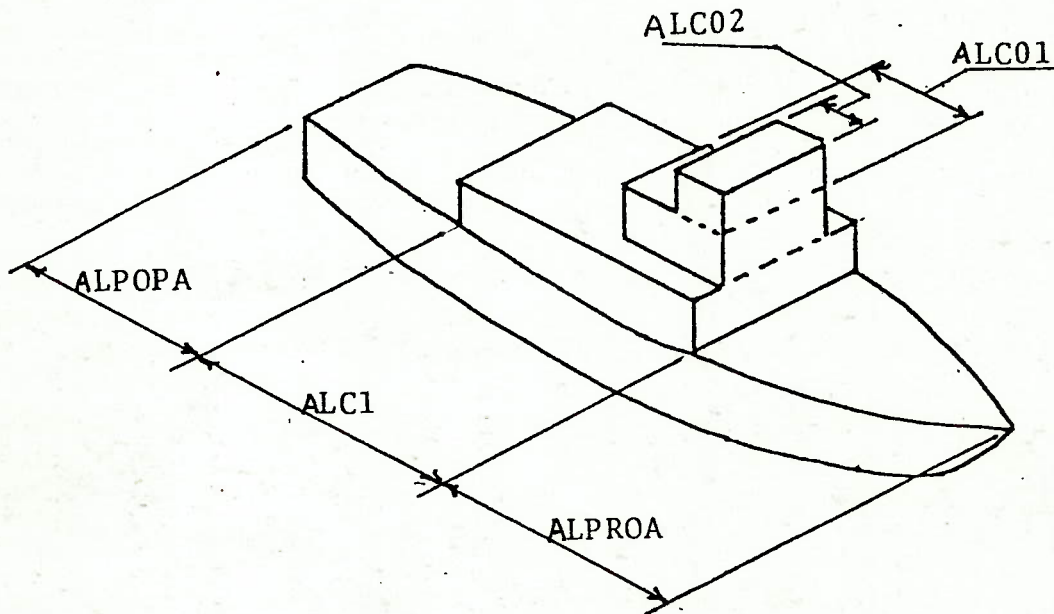


FIGURA 9.4 - ARRANJO BÁSICO DA SUPERESTRUTURA

As áreas para arranjo que devem ser alocadas exclusivamente na superestrutura são proporcionadas, estabelecendo-se inici almente uma superestrutura com as menores dimensões possíveis, e fazendo-a crescer até que o espaço disponível seja igual ao requerido. Quando necessário é colocado o convés do castelo.

Se a superestrutura máxima for ainda insuficiente para / conter as áreas necessárias, a alternativa é considerada inviável.

Dimensões mínimas para a superestrutura

As dimensões mínimas para a superestrutura são determinadas pela formulação a seguir:

$$\begin{aligned} \text{ALCO1} &= 8. \\ \text{ALCO2} &= \text{ALCO1}/2 \\ \text{AC12} &= (\text{B}-2.\text{ALAP}).\text{ALCO1}.1,5 \\ \text{ALC1} &= (\text{ASUP}-\text{AC12})/\text{B} \\ \text{AC1} &= \text{ALC1}.\text{(B)} \end{aligned}$$

Se $\text{ALC1} < \text{ALCO1}$, a parte coberta do convés 1 é menor do que o convés 01, então:

$$\begin{aligned} \text{RASE} &= (\text{B}).(\text{ALCO1}-\text{ALC1}) \\ \text{ALC1} &= \text{ALCO1} \\ \text{AC1} &= \text{ALC1}.\text{(B)} \end{aligned}$$

onde:

B = boca (m)

ALAP = largura da passagem pelos bordos (m)

ALCO1 = comprimento da parte coberta do convés 01 (m), que corresponde a 80% do valor médio encontrado nos navios semelhantes.

ALC1 = comprimento da parte coberta do convés 1 (m).

ASUP = área requerida exclusivamente na superestrutura (m^2).

AC12 = área da parte coberta dos convés 01 e 02 (m^2).

AC1 = área da parte coberta do convés 1 (m^2).

RASE = reserva de área na superestrutura (m^2).

Se $\text{ALC1} > \text{ALCO1}$, deve ser verificado se o comprimento máximo que a parte coberta do convés 1 poderá ter é maior do que o comprimento calculado (ALC1); logo:

Comprimento máximo que a parte coberta do convés 1 poderá ter

ALPOPA = dado de entrada opcional

ALTOT = $1,018.AL + 3,81$ (regressão obtida de |8|, com $r^2 = 0,985$)

ALPROA = $12,51 + 1,62.NC$ (regressão obtida de |26|, com $r^2 = 0,906$)

onde: $ALC1M = ALTOT - ALPROA - ALPOPA$

NC = número cúbico (m^3).

ALC1M = comprimento máximo da parte coberta do convés 01 (m).

ALTOT = comprimento total do navio (m).

AL = comprimento entre perpendiculares (m).

ALPROA = comprimento do convés de proa (m).

ALPOPA = comprimento do convés de popa (m).

Se $ALC1 \leq ALC1M$, o comprimento da parte coberta do convés 1 é viável. No entanto, se $ALC1 > ALC1M$, o comprimento da parte coberta do convés 1 é maior do que o máximo possível. Neste caso, deve-se aumentar as partes cobertas dos conveses 01 e 02 ou incorporar o convés do castelo, ou ambos.

Aumento da parte coberta dos conveses 01 e 02

$ALC1 = ALC1M$

$AC1 = ALC1.(B)$

$DASE = ASUP - AC12 - AC1$

$DLC01 = \frac{DASE}{1,5.(B - 2.ALAP)}$

$X = \frac{ALCO1}{2}$ - a parte coberta do convés 01 poderá au-
 mentar em 50%, que corresponderá a
 120% do valor médio encontrado nos na-
 vios semelhantes.

onde:

ALAP = largura da passagem pelos bordos (m).

ALC1 = comprimento da parte coberta do convés 1 (m).

ALCM = comprimento máximo que a parte coberta do convés
 1 pode ter (m).

AC1 = área da parte coberta do convés 1 (m²).

B = boca (m).

DASE = área que ainda deve ser alocada na superestrutura
 (m²).

DLC01 = acréscimo na parte coberta do convés 01, necessá-
 rio para prover a área DASE (m).

Se $DLC01 \leq X$, então, o acréscimo máximo aceitável na par-
 te coberta dos convés 01 e 02 será suficiente, e:

$$ALCO1 = ALC01 + DLC01$$

$$AC12 = AC12 + DASE$$

Se $DLC01 > X$, então, deve ser incorporado o convés do cas-
 telo.

Incorporação do convés do castelo para atender aos requi-
 sitos de área exclusivamente na superestrutura

$$AWL = B.AL.(0,2005 + 0,8754.CP) \text{ (Análise de regres-} \\ \text{são de } |26|, \text{ com } r^2 = 0,9987).$$

$$AICV = 37,67 + 1,124 \cdot AWL \text{ (Análise de regressão de } |26|, \text{ com } r^2 = 0,975).$$

$$ACAS = AICV - AC1 - 0,9 \cdot ALPOPA \cdot B$$

onde:

AWL = área da linha d'água, no calado carregado (m).

AICV = área do convés 1 (m²).

ACAS = área disponível no convés principal, abaixo do convés do castelo (m²).

Se $ACAS > DASE$, a incorporação do convés do castelo será suficiente, e, em sendo possível, a parte coberta do convés 1 poderá ser diminuída até tornar-se igual à parte coberta do convés 01.

$$AC1 = ASUP - ACAS - AC12$$

$$ICAST = 1$$

$$ALC1 = \frac{AC1}{B}$$

onde:

ASUP = área total requerida exclusivamente na superestrutura (m²).

AC12 = área coberta dos convés 01 e 02 (m²).

ICAST = indicador da existência ou não do convés do castelo; se for igual a zero não existe o convés do castelo; se for diferente de zero, existe.

ALC1 = comprimento da parte coberta do convés 1, excluído o convés do castelo (m).

AC1 = área da parte coberta do convés 1 excluído o convés do castelo (m²).

B = boca (m).

Se $ALC1 \geq ALC01$, passa para o item seguinte.

Se $ALC1 < ALC01$, então, o comprimento da parte coberta do convés 1 deve ser aumentado até tornar-se igual ao convés 01.

$$RASE = RASE + B.(ALC01 - ALC1)$$

$$ALC1 = ALC01$$

onde:

$ALC01$ = comprimento da parte coberta do convés 01 (m).

$RASE$ = reserva de área na superestrutura.

Se $ACAS < DASE$, além de incorporar o convés do castelo, será necessário aumentar a parte coberta dos convéses 01 e 02.

Se $ACAS + 0,5.AC12 > DASE$, então, a alternativa será viável, e é necessário além de introduzir o convés do castelo, aumentar a parte coberta dos convéses 01 e 02.

$$AC12 = ASUP - ACAS - AC1$$

$$ICAST = 1$$

$$ALC01 = \frac{AC12}{1,5.(B-2.ALAP)}$$

passa para o item seguinte.

Se $ACAS + 0,5.AC12 < DASE$, a alternativa será inviável, pois esgotaram-se todas as possibilidades de aumento da superestrutura.

9.6 - VERIFICAÇÃO DO COMPRIMENTO DO CONVÉS EXPOSTO

Este comprimento só é verificado quando o navio portar helicóptero. Neste caso é verificada a disponibilidade de espaço para posicionar o hangar e o convés de vôo (convôo) sobre o convés 01.

Comprimento disponível para o hangar e convôo

$$ALDHC = ALC1 - ALC01 - ALE$$

onde:

ALDHC = comprimento disponível no convés 01 para o hangar e convôo (m).

ALC1 = comprimento da parte coberta do convés 1 (m).

ALC01 = comprimento da parte coberta do convés 01 (m).

ALE = espaço, sobre o convés 01, reservado para dutos de ventilação das praças de máquinas e posicionamento de baleeiras de casco rígido (m).

ALRHC = comprimento requerido para o hangar e convôo (m).

Se $ALDHC \geq ALRHC$, há disponibilidade de espaço.

Se $ALDHC < ALRHC$, será necessário aumentar a parte descoberta do convés 01, segundo a formulação a seguir.

Acréscimo da parte descoberta do convés 01

Sendo:

$ALC1M$ = comprimento máximo que a parte coberta do convés 01 pode ter

$$ALC1T = ALC01 + ALE + ALRHC$$

$ALTOT$ = comprimento total do navio (m).

- ALPROA = comprimento do convés de proa (m).
- ALCLM = comprimento máximo que o convés 01 poderá ter, excluído o convés do castelo (m).
- ALCLT = comprimento necessário que o convés 01 deverá ter, excluído o convés do castelo, para acomodar o helicóptero (m).
- ALCOL = comprimento atual do convés 01, excluído o castelo (m).
- ALE = espaço, sobre o convés 01, reservado para dutos de ventilação das praças de máquinas e posicionamento de baleeiras de casco rígido (m).
- ALRHC = comprimento requerido para o hangar e convôo (m).
- RASE = reserva de área na superestrutura (m²).
- ALC1 = comprimento atual da parte coberta do convés 1 excluído o convés do castelo (m).
- ALDHC = comprimento disponível para o hangar e convôo (m).
- IPOPA = indicador de se o convés de popa pode ser coberto ou não; se = 0, pode ser coberto; se \neq 0, não pode.
- ALPOPA = comprimento do convés de popa (m).
- IRPP = indicador de se o convés de popa é coberto ou não; se = 0, não é coberto; se \neq 0, é coberto.

Se $ALCLM \geq ALCLT$, então, aumentando-se a parte coberta do convés 1, é possível prever o espaço suficiente para o hangar e convôo.

$$RASE = B.(ALCLT-ALC1)$$

$$ALC1 = ALCLT$$

$$ALDHC = ALCLT-ALCOL-ALE$$

onde a simbologia foi definida anteriormente.

passa para o item seguinte.

Se $ALC1H < ALC1T$, deve ser verificado se o convés de popa pode ser coberto ou não.

Se $IPOPA \neq 0$, o convés de popa não pode ser coberto e não há espaço suficiente para o hangar e convôo.

Se $IPOPA = 0$, deve ser verificado se estendendo o convés 01 até a popa do navio será possível alocar o hangar e convôo.

$$ALC1H = ALC1M + ALPOPA$$

Se $ALC1H < ALC1T$, não há espaço suficiente para o hangar e convôo.

Se $ALC1M \geq ALC1T$, o convés de popa será coberto, e existirá espaço suficiente para o helicóptero.

$$IRPP = 1$$

$$ALDHC = ALC1M - ALC01 - ALE$$

$$RASE = RASE + B.(ALC1T - ALC1)$$

$$ALC1 = ALC1T$$

passa para o item seguinte.

9.7 - BALANCEAMENTO DE ÁREAS NO CASCO

Neste item é feito o balanceamento entre as áreas requeridas e disponíveis para arranjo no casco do navio. Quando a área disponível no casco não é suficiente, é usada a reserva de área na superestrutura caso exista, ou aumentada a superestrutura, usando-se o mesmo procedimento do item 9.5, onde é também

incorporado, caso ainda não exista, o convés do castelo, e, finalmente, é aumentado o pontal do navio de tal forma que haja altura suficiente para a existência do 3º convés. Se no final deste procedimento a área disponível não atender ao requisito, a alternativa é considerada inviável.

Cálculo da área disponível nos conveses 2 e 3

$$\begin{aligned} HC3 &= DIM-DDD-HCON-HDF \\ AWL &= B.AL.(0,2005+0,8174.CP) \quad |8| \\ A3CV &= 0 \end{aligned}$$

Se $HC3 \geq HCON$, então, existe altura suficiente para o convés 3, e:

$$A3CV = -8,01+0,8866.(AWL-ALPM.B) \quad (\text{Expressão obtida por análise de regressão de } |26|, \text{ com } r^2 = 0,869).$$

$$A2CV = 64,79+1,1.(AWL-ALPM.B) \quad (\text{Idem, com } r^2=0,973).$$

onde:

- HC3 = altura disponível para o convés 3 (m).
- DIM = pontal a meio navio (m).
- DDD = acréscimo no pontal, feito para atender ao requisito de volume de tanques (m).
- HCON = altura padrão entre conveses (m).
- HDF = altura do duplo fundo (m).
- B = boca (m).
- AL = comprimento entre perpendiculares (m).
- CP = coeficiente prismático.
- A3CV = área disponível para arranjo no convés 3 (m²).

A2CV = área disponível para arranjo no convés 2 (m^2).

ALPM = comprimento das praças de máquinas (m).

ADC = área disponível para arranjo no casco (m^2).

Equilíbrio entre áreas requeridas e disponíveis para arranjo

Se $ADC \geq ACA$, o espaço disponível é suficiente, e:

$$RACA = ADC - ACA$$

onde:

ADC = área disponível para arranjo no casco (m^2).

ACA = área requerida para arranjo no casco (m^2).

RACA = reserva de área no casco (m^2).

término da sub-rotina.

Se $ADC < ACA$, o espaço disponível não é suficiente, e inicialmente verifica-se se a reserva de área na superestrutura é suficiente para satisfazer as áreas.

$$RACA = ADC - ACA$$

Se $RASE \geq DACA$, então a reserva de área na superestrutura pode ser usada para completar a área disponível para arranjo no casco e é suficiente, onde:

RASE = reserva de área na superestrutura (m^2).

DACA = área requerida e ainda não disponível no casco (m^2).

Se $RASE < DACA$, a superestrutura será aumentada até o máximo possível para atender aos requisitos de área para arranjo no casco. O procedimento usado aqui é exatamente o mesmo adota-

do no item 9.5.

Quando esgotada a possibilidade de aumento da superestrutura, inclusive com a adição do convés do castelo, caso não exista, e não se atinge o equilíbrio entre as áreas requeridas e disponíveis, verifica-se se existe o convés 3. Caso exista, a alternativa é considerada inviável; quando não existir, aumenta-se o pontal, de tal forma a possibilitar sua existência e retorna-se para o início da sub-rotina.

9.3 - DIAGRAMA DE BLOCOS SIMPLIFICADO DA SUB-ROTINA DE ÁREAS E VOLUMES

É apresentado na figura 9.5.

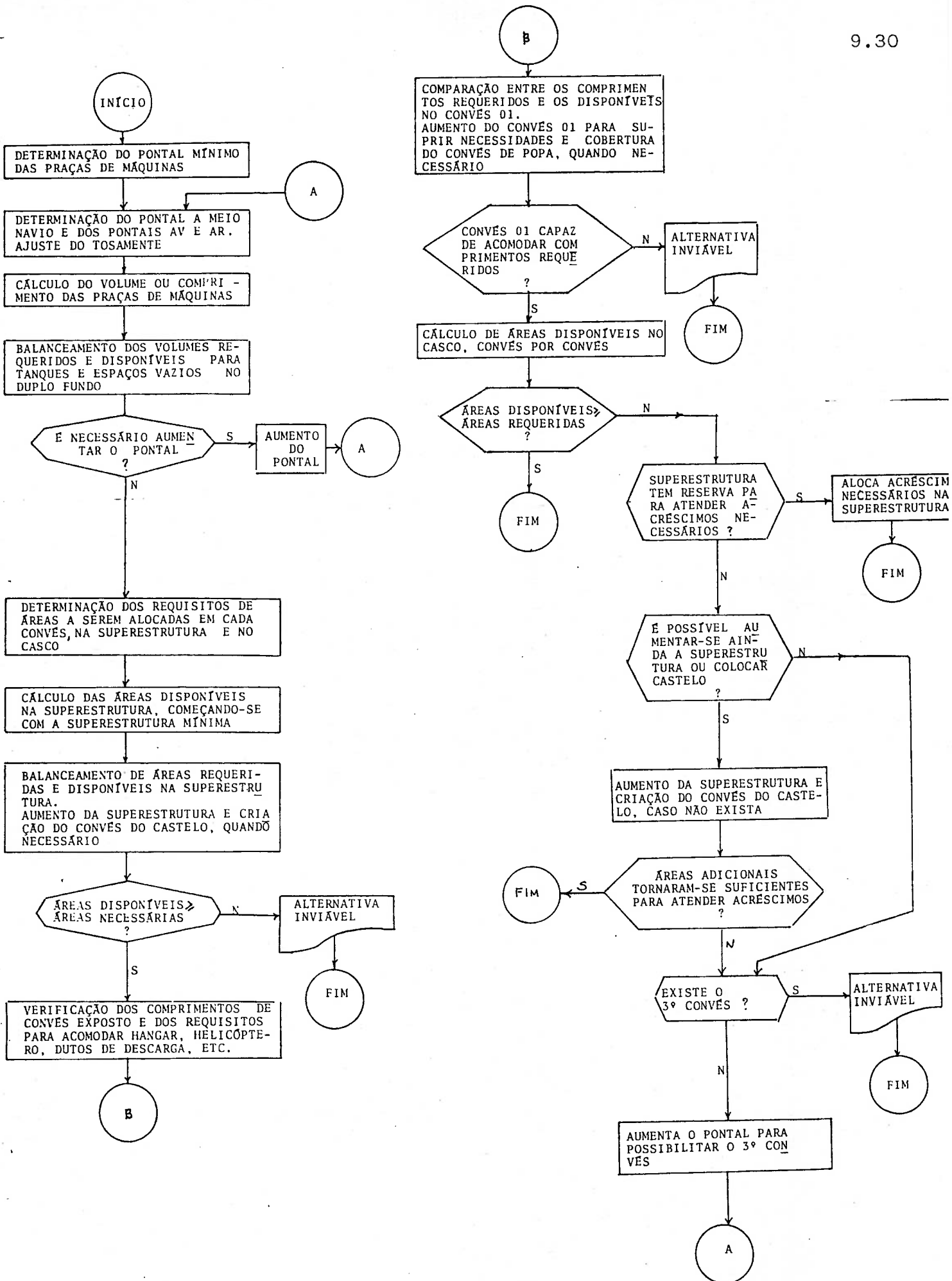


FIGURA 9.5 - DIAGRAMA DE BLOCOS SIMPLIFICADO DA SUB-ROTINA DE ÁREAS E VOLUMES

CAPÍTULO 10

MODELOS MATEMÁTICOS

DA SUB-ROTINA DE PESOS E CENTROS DE GRAVIDADE

A sub-rotina calcula os pesos e centros da maneira indicada a seguir, seguindo basicamente a classificação SWBS, porém com algumas simplificações. Outros detalhes estão apresentados no Estudo Técnico da referência [26].

10.1 - CÁLCULO DE PESOS

$$P = \sum_{i=1}^8 P_i$$

onde:

- P = peso do navio.
- P1 = peso da Estrutura (grupo 100).
- P2 = peso da Propulsão (grupo 200).
- P3 = peso da Eletricidade (grupo 300).
- P4 = peso de Comunicações e Controle (grupo 400).
- P5 = peso de Auxiliares (grupo 500).
- P6 = peso do Mobiliário e Acessórios (grupo 600).
- P7 = peso do Armamento (grupo 700).
- P8 = peso da Carga Variável (grupo 800).

Por sua vez, o peso dos itens que compõem os grupo, P_i , foram divididos nos sub-grupos:

- P1A = peso da estrutura básica.
- P1B = peso da superestrutura.
- P1C = peso das fundações da propulsão.

- P1D = peso das fundações dos sistemas auxiliares.
- P2A = peso do grupo 200, exceto o sub-grupo 203.
- P2B = peso do sub-grupo 203 - eixos, mancais e propulsores.
- P4A = peso dos equipamentos de comunicações e controle relacionados com a missão do navio.
- P4B = peso dos equipamentos de comunicações e controle relativos ao navio.
- P6A = peso do mobiliário e acessórios relativos ao navio.
- P6B = peso do mobiliário e acessórios relativos à tripulação.
- P8A = peso da tripulação e seus pertences, passageiros, e comando da esquadra.
- P8B = peso da munição para o navio.
- P8C = peso da munição para aviação.
- P8D = peso dos equipamentos de aviação (helicóptero).
- P8E = peso das provisões.
- P8F = peso do material consumível de bordo.
- P8G = peso da água doce.
- P8H = peso do óleo lubrificante para o navio.
- P8I = peso do combustível para o navio.
- P8J = peso do combustível para aviação.
- P8K = peso dos demais itens não considerados acima.

A formulação adotada para cálculo dos pesos é função de NC, VSUP1, VSUP2, SHPM, LPP, KWG, NG, VOL, NAC, OF, SUB, MAR, TRIP, AUT.

onde:

NC = número cúbico (m^3).

VSUP1 = volume interno da superestrutura, exclusive han

gar (m³).

VSUP2 = volume do hangar.

SHPM = potência total máxima contínua nos eixos.

LPP = comprimento entre perpendiculares (m).

KWG = potência nominal de cada gerador (KW).

NG = número de geradores.

VOL = volume total do navio (m³).

NAC = número total de acomodações.

OF = número de oficiais.

SUB = número de suboficiais.

MAR = número de marinheiros.

TRIP = OF+SUB+MAR = número de tripulantes.

AUT = autonomia em víveres (dias).

10.2 - DETERMINAÇÃO DO PESO DO NAVIO LEVE

O peso do navio leve (PLEV), considerando as margens e a sistemática de projeto da DEN, é deduzido da expressão:

$$PLEV = \left(\sum_{i=1}^7 P_i \right) + M_2 \cdot PLEV + M_1 (P_4 + P_7)$$

onde:

PLEV = peso do navio leve.

P_i = peso de cada grupo, de acordo com o item 10.1.

M_2 = margem de projeto, construção e futuro crescimento do navio.

M_1 = margem de futuro crescimento dos grupos de comunicações, controle e armamento.

Daí vem:

$$PLEV = \frac{1}{(1-M_2)} \left[\left(\sum_{i=1}^7 P_i \right) + M_1 (P_4 + P_7) \right]$$

As margens são dados de entrada opcionais do programa e, quando não forem fornecidas pelo usuário, o programa adota os valores recomendados pela Marinha do Brasil:

Margem de projeto	:	0,05	(5% de PLEV)
Margem de construção	:	0,03	(3% de PLEV)
Margem de crescimento futuro	:	0,015	(1,5% de PLEV)
Margem de crescimento futuro dos grupos 4 e 7	:	0,15	(15% de $(P_4 + P_7)$)

Daí vem:

$$M_1 = 0,15$$

$$M_2 = 0,05 + 0,03 + 0,015 = 0,095$$

Neste caso, a expressão de PLEV fica:

$$PLEV = 1,105 \left[\left(\sum_{i=1}^7 P_i \right) + 0,15 (P_4 + P_7) \right]$$

10.3 - DETERMINAÇÃO DO PESO TOTAL DO NAVIO CARREGADO E DA DISCREPÂNCIA DE DESLOCAMENTO

A expressão utilizada é:

$$PCAR = PLEV + P_8$$

onde:

PCAR = peso total do navio carregado.

PLEV = peso do navio leve.

P_8 = peso da Carga Variável (grupo 800).

A discrepância de deslocamento é dada por:

$$\text{RES D} = \frac{\Delta - \text{PCAR}}{\Delta}$$

onde:

RES D = discrepância de deslocamento.

Δ = deslocamento carregado da alternativa analisada.

PCAR = peso total do navio carregado.

Observe-se que, quando $\text{RES D} < 0$, o peso total do navio carregado é maior do que o deslocamento carregado e a alternativa é inviável. Neste caso, é impressa uma mensagem de inviabilidade.

Quando $\text{RES D} > 0$, significa que o navio tem uma certa reserva para aumento de pesos, sem ultrapassar o deslocamento carregado desejado. Isto significa um mérito para a alternativa analisada, permitindo maior flexibilidade para futuros crescimentos do navio. No entanto, quando $\text{RES D} > (\text{RES D})_{\text{máximo}}$, a alternativa é considerada inviável, por não haver convergência de Δ e PCAR.

$(\text{RES D})_{\text{máximo}}$ é um dado de entrada opcional e quando não é fornecido, o programa adota 0,20.

10.4 - ESTIMA DAS POSIÇÕES DOS CENTROS DE GRAVIDADE

A formulação para estima da posição do centro de gravi-

dade de cada um dos itens e sub-itens é expressa em função de DMN, DMDT, DPM, HCV, AC1, ACO1, ACO2, ASUP, HCON e ZGARM.

onde:

- ZG = altura em relação à linha de base do centro de gravidade do item.
- DMN = pontal a meio navio.
- DMD = pontal médio.
- DPM = pontal da praça de máquinas.
- HCV = distância entre conveses (m). É um dado de entrada opcional; quando não fornecido, o programa assume $HCV = 2,60m$.
- AC1 = área coberta do convés 1 (m^2).
- ACO1 = área coberta do convés 01 (m^2).
- ACO2 = área coberta do convés 02 (m^2).
- ASUP = $AC1+ACO1+ACO2$.
- HCON = altura do hangar.
- ZGARM = altura do armamento acima do convés principal a MN (dado de entrada).

O centro de gravidade do navio leve é dado por:

$$ZGL = \frac{MKG}{(1-M_2)} \left[\left(\sum_{i=1}^7 P_i \cdot ZG_i \right) + M_1 (P_4 \cdot ZG_4 + P_7 \cdot ZG_7) \right] \cdot \frac{1}{PLEV}$$

onde:

- PLEV = peso do navio leme.
- ZGL = altura do centro de gravidade do navio leve.
- ZG_i = altura do centro de gravidade do grupo i. (i=1 até 7).
- P_i = peso do grupo i (i=1 até 7).
- MKG = margem de KG para o projeto e a construção. É um dado de entrada opcional; quando não fornecido o

programa assume $MKG = 1,066$.

M_1 = margem de crescimento futuro dos grupos 4 e 7 do navio.

M_2 = margem de projeto, construção e futuro crescimento do navio.

O centro de gravidade do navio carregado é dado por:

$$ZGC = \frac{ZGL \cdot PLEV + P_8 \cdot ZG(8)}{PCAR}$$

onde:

ZGC = altura do centro de gravidade do navio carregado

ZGL = altura do centro de gravidade do navio leve.

PLEV = peso do navio leve.

P_8 = peso da Carga Variável (grupo 800).

PCAR = peso total do navio carregado.

10.5 - DIAGRAMA DE BLOCOS DA SUB-ROTINA DE PESOS E CENTROS

É apresentado na figura 10.1, a seguir.

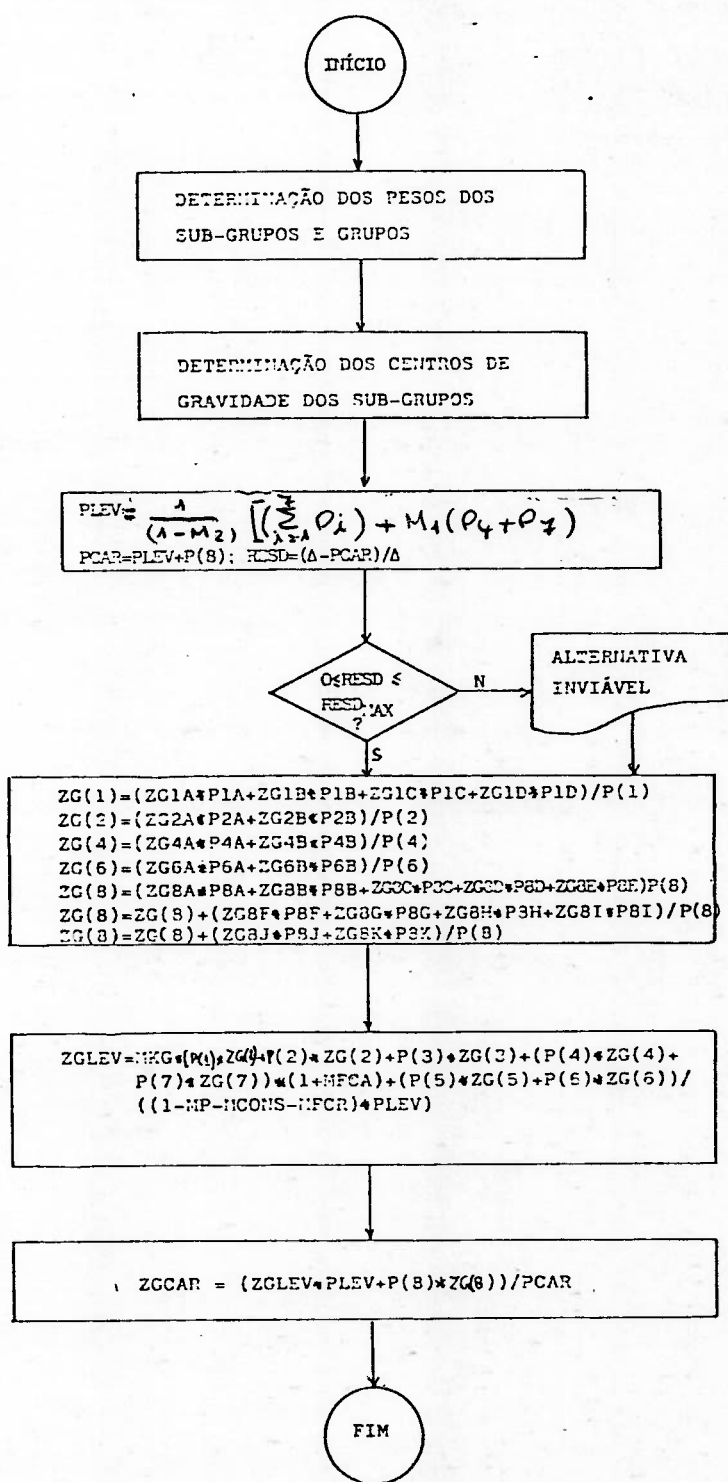


FIGURA 10.1 - DIAGRAMA DE BLOCOS SIMPLIFICADO DA SUB-ROTINA DE PESOS E CENTROS

CAPÍTULO 11

MODELOS MATEMÁTICOS

DA SUB-ROTINA DA ESTABILIDADE

A sub-rotina da estabilidade efetua os cálculos a seguir, para as séries "C" e de Taylor:

$$GM = KB + BM - KG - GGv$$

onde:

GM = altura metacêntrica transversal.

KB = altura do centro de carena do navio em relação a linha de base (m).

BM = raio metacêntrico transversal (m).

KG = altura do centro de gravidade do navio carregado, em relação à linha de base = ZGC (m).

GGv = correção da altura metacêntrica transversal devido ao efeito de superfície livre (m).

11.1 - ESTIMA DE BM E KB

BM é estimado pela expressão a seguir, de acordo com [3]:

$$BM = C3 \cdot B^3$$

onde:

B = boca moldada (m).

$$C3 = \frac{L \cdot CIT}{12V}$$

L = comprimento entre perpendiculares (m).
 CIT = coeficiente de inércia transversal.
 V = volume do deslocamento (m³).

KB é estimado pela fórmula de Morish:

$$KB = \frac{1}{3} \left(2,5 - \frac{C_B}{C_W} \right) \cdot H$$

onde:

C_B = coeficiente de bloco.
 C_W = coeficiente de linha d'água.
 H = calado carregado moldado (m).

11.2 - ESTIMA DE GGv

A correção devida ao efeito da superfície livre foi estimada em função da boca, de acordo com [8]:

$$GGv = 0,018 \cdot B$$

11.3 - DETERMINAÇÃO DA RESERVA DE ESTABILIDADE

Após o cálculo do GM, o programa determina o quociente (GM/B) e efetua sua comparação com o (GM/B) mínimo requerido, que é um dado de entrada opcional, calculando uma reserva de estabilidade.

$$RE = (GM/B) - (GM/B)_{\text{mín.req.}}$$

onde:

RE = reserva de estabilidade.

(GM/B) = razão (altura metacêntrica transversal/boca moldada), calculada para a alternativa em estudo.

$(GM/B)_{\text{mín.req.}}$ = razão (altura metacêntrica transversal/boca moldada) mínima requerida pelo usuário.

Se $RE < 0$, ou seja, $(GM/B) < (GM/B)_{\text{mínimo requerido}}$, a alternativa é considerada sem estabilidade inicial e, portanto, inviável. Nesse caso, é impressa a mensagem correspondente.

Quando o usuário não fornece o $(GM/B)_{\text{mínimo requerido}}$, o programa assume:

$$(GM/B)_{\text{mín.req.}} = 0,52$$

(Este valor foi obtido de [33], que sugere para navios de guerra: $0,052 \leq (GM/B) \leq 0,070$).

Evidentemente, se o usuário quiser ficar a favor da segurança, pode dar como entrada valores requeridos maiores. Isto implicará, no entanto, na inviabilização de certo número de alternativas que poderiam mostrar-se viáveis em ciclos posteriores do projeto.

Ele pode, também, dar valores menores de $(GM/B)_{\text{mínimo requerido}}$ e escolher a alternativa mais adequada para o seu projeto, selecionando apenas entre aquelas de menores BHPs e que apresentem substanciais reservas de estabilidade.

11.4 - DIAGRAMA DE BLOCOS DA SUB-ROTINA DA ESTABILIDADE

É apresentado na figura 11.1, a seguir.

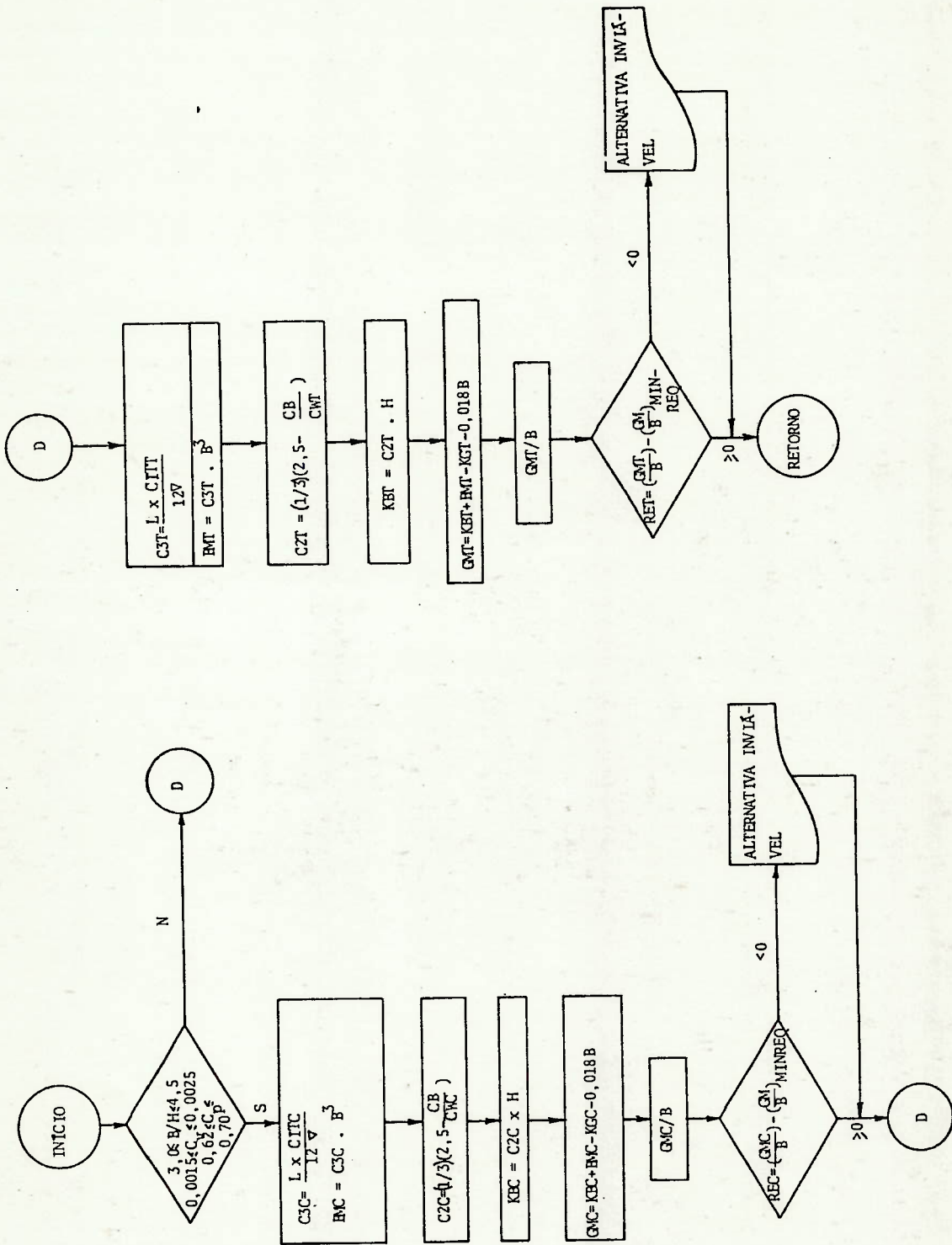


FIGURA 11.1 - DIAGRAMA DE BLOCOS DA SUB-ROTINA DA ESTABILIDADE

CAPÍTULO 12

SUB-ROTINA DE AVALIAÇÃO

A sub-rotina de Avaliação é bastante simples, efetuando as seguintes operações, para cada deslocamento estudado:

- a) Comparação entre os BHPs máximos ou de cruzeiro calculados pela série de Taylor e pela série "C" e seleção do menor deles, para cada alternativa.

Obs.: Quando uma das séries não é aplicável, embora a listagem registre $BHP = 0$, este valor não é considerado nesta comparação.

- b) Comparação entre os BHPs selecionados em a, para todas as alternativas estudadas e ordenação das 20 melhores alternativas, em ordem crescente de BHP máximo ou de cruzeiro.

Fica a critério do usuário estabelecer se a comparação vai ser feita pelo BHP máximo ou pelo BHP de cruzeiro.

CAPÍTULO 13

SUB-ROTINA DE SAÍDA COMPLETA

Esta sub-rotina opcional permite a impressão de todos os dados de entrada e aqueles calculados ou assumidos pelo programa, para as n melhores alternativas viáveis, para cada deslocamento considerado, ficando n a critério do usuário, desde que $n \leq 20$.

Para economia de memória no computador, a sub-rotina seleciona apenas os dados das variáveis independentes das n melhores alternativas entre as 20 ordenadas no capítulo 12, efetuando de novo todos os cálculos previstos no programa principal e suas sub-rotinas, já sem a preocupação de verificar inviabilidades, porque todas as alternativas consideradas são viáveis.

Daí, manda imprimir todos os dados em questão, para essas n melhores alternativas, para cada deslocamento.

CAPÍTULO 14

SUB-ROTINA DE RE-ORDENAÇÃO

A sub-rotina opcional de Re-Ordenação compara, quando desejado pelo usuário, todas as 20 melhores alternativas viáveis de todos os deslocamentos estudados, colocando-as em ordem crescente de BHP máximo ou BHP de cruzeiro e imprimindo os seus dados principais. Assim, esta sub-rotina permite a impressão de relação das novas melhores alternativas viáveis (com menor BHP máximo ou BHP de cruzeiro, a critério do usuário), dentre todos os deslocamentos estudados.

Com isso, o usuário poderá usar toda a sua experiência, para selecionar a(s) alternativa(s) de interesse, dentre aquelas listadas, escolhendo a(s) mais conveniente(s) para o prosseguimento da procura ou finalizando a busca e elegendo aquele que será adotada no projeto em desenvolvimento.

Conforme verificado nos testes efetuados, diferentes alternativas podem apresentar BHP máximos próximos entre si, conduzindo à escolha dos mesmos motores propulsivos. No entanto, uma delas pode apresentar vantagens em relação às demais, como menor BHP de cruzeiro, menor calado, maior boca, maiores reservas de volume ou de deslocamento, ou maior estabilidade inicial. Assim, o projetista terá a chance de analisar os resultados das melhores alternativas selecionadas pelo computador e escolher aquela(s) que julgar mais conveniente, usando nesse processo de decisão os fatores subjetivos ou objetivos provenientes da sua experiência no projeto de navios de guerra.

CAPÍTULO 15

EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

Para permitir o aprimoramento do Modelo de Síntese até o estágio atual foram efetuados dezenas de testes, que possibilitaram inúmeras análises e a correção de problemas existentes, com a inclusão de alguns aperfeiçoamentos.

Este capítulo apresenta dois exemplos de aplicação, com o Programa final.

15.1 - PRIMEIRO EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Neste exemplo, a principal finalidade é coletar dados para uma análise de sensibilidade do BHP máximo, com relação a cada uma das variáveis independentes, em torno de uma das alternativas possíveis de serem escolhidas.

15.1.1 Valores Adotados para as Variáveis Independentes e Dados Fornecidos ao Programa

Os seguintes valores foram adotados para as variáveis independentes:

Δ = deslocamento carregado: 910 a 990t; incremento:

$$\delta\Delta = 20t.$$

L = comprimento entre perpendiculares: 74 a 86; incremento: $\delta L = 3m$.

C_p = coeficiente prismático longitudinal: 0,61 a 0,67; incremento: $\delta C_p = 0,02$.

C_x = coeficiente de secção mestra: 0,72 a 0,87; incremento: $\delta C_x = 0,03$.

B/H = razão boca moldada/calado carregado moldado: 3,25 a 4,50; incremento: $\delta(B/H) = 0,25$.

Após análise de dados de navios semelhantes e de equipamentos e do armamento possíveis de serem utilizados nesta classe de navios, foram fornecidos ao programa os dados apresentados a seguir. Observe-se que alguns deles, especialmente aqueles referentes a centros de gravidades, devem ser refinados em novos processamentos do programa, quando já se dispuser das dimensões principais aproximadas do navio a ser selecionado.

Dados de entrada fornecidos:

Velocidade máxima = 22 nós.

Velocidade de cruzeiro = 10 nós.

Utilização apenas de casco da série de Taylor.

Raio de ação = 6000 milhas.

Autonomia em víveres - 30 dias

Calado máximo = 3,5 metros

Capacidade para helicóptero tipo LYNX.

Comprimento do hangar = 11,0 metros.

Comprimento do hangar e convão = 30,0 metros.

Superestrutura e hangar de aço.

Utilização de hélice de passo fixo.

Existência de 1 canhão na proa e de 2 metralhadoras.

Potência elétrica dos sistemas eletrônicos = 70 KW.

Potência elétrica do armamento = 50 KW.

Pesos e centros:

- Equipamentos de comunicações e controle relacionados com a missão:

Peso-P4A = 17,0t

CG-ZG4A = 11,6m

- Armamento - canhão:

Peso-P7 = 7,2t

CG-ZG7 = 3,5m, acima do convés principal

- Munição para aviação:

Peso-P8C = 2,0t

CG-ZG8C = 3,7m

- Helicóptero e acessórios:

Peso-P8D = 8,0t

CG-ZG8D = 9,4m

- Combustível para aviação:

Peso-P8J = 4,6t

CG-ZG8J = 2,0m

- Demais itens não considerados nos outros grupos:

Peso-P8K = 0

Requisitos de áreas cobertas:

- Equipamentos de comunicação e detecção:

Área total-A11 = 32,0m²

Área na superestrutura-AS11 = 10,0m²

- Áreas ligadas ao armamento:

Total-A12 = 33,0m²

Na superestrutura-AS12 = 6,0m²

- Áreas ligadas à aviação:

Total-A13 = 15m²

Na superestrutura-AS13 = 5,0 m²

- Áreas destinadas a cargas especiais:

Total-A15 = 15m²

Na superestrutura-AS15 = 0

- Áreas destinadas a sistemas especiais:

Total-A18 = 15m²

Na superestrutura-AS18 = 3m²

- Áreas para equipamentos anfíbios, comando da esquadra e passageiros especiais:

Zero

- Reservas de áreas estabelecidas ainda sem finalidade es
pecífica:

Total-A19 = 15m²

Na superestrutura-AS19 = 0

15.1.2 Dados de Saída, Relevantes para a Análise de Sensibilidad e

A listagem de saída foi analisada e foi escolhida a altern
ativa viável com menor BHP máximo, que tem as seguintes caracter
ísticas:

Δ	=	970t	B/H	=	3,50
L	=	83m	H	=	2,61
C_p	=	0,63	B	=	9,13
C_x	=	0,75	BHP_{max}	=	7307 HP
			BHP_{cruz}	=	401 HP

Esta alternativa foi escolhida como referência e em torno dela se fez a análise de sensibilidade.

Os dados necessários para essa análise constam das tabelas 15.1 e 15.2, tendo sido obtidos na listagem de saída do programa.

15.1.3 Análise de Sensibilidade do BHP, com Relação às Variáveis Independentes

Esta análise é importante para verificar-se a influência da variação de cada uma das variáveis independentes isoladamente, no BHP máximo e de cruzeiro.

A figura 15.1 foi elaborada com base nos dados constantes das tabelas 15.1 e 15.2. Nessa figura, o ponto de referência é o correspondente ao deslocamento carregado de 970t, comprimento entre perpendiculares de 83m, C_p de 0,63, C_x de 0,75 e B/H de 3,50. Em torno desse ponto, foi feita a variação de cada variável independente, isoladamente, mantendo-se as outras constantes iguais às do ponto de referência.

A tabela 15.3 mostra os incrementos do BHP máximo para os incrementos de cada variável independente, isoladamente. Essa tabela foi elaborada a partir dos dados obtidos das tabelas 15.1 e 15.2.

TABELA 15.1-DADOS DE INTERESSE PARA A ANÁLISE DE SENSIBILIDADE, PARA
 $\Delta=970t$, $V_{max}=22$ NÓS e $V_{cruz}=10$ NÓS

L (m)	C _p	C _x	B/H	BHP _{max} (HP)	BHP _{cruz} (HP)	INVIABILIDADES
83	0,63	0,75	3,25	7231	393	Falta de estabilidade
			3,50	7307	401	-
			3,75	7402	409	Excesso de peso
			4,00	7512	418	Excesso de peso
			4,25	7634	428	Excesso de peso
			4,50	7767	438	Excesso de peso
83	0,63	0,72	3,50	7310	401	-
		0,75		7307	401	-
		0,73		7306	401	Falta de estabil.
		0,81		7308	401	Falta de estabil.
		0,84		7313	401	Falta de estabil.
83	0,61	0,75	3,50	7289	393	Falta de estabil.
	0,63			7307	401	-
	0,65			7397	405	-
	0,67			7530	408	-
74	0,63	0,75	3,50	11879	391	Excesso de peso
77				10390	394	Excesso de peso
80				8044	397	-
83				7307	401	-
86				6703	404	Falta de estabil.

TABELA 15.2-DADOS DE INTERESSE PARA A ANÁLISE DE SENSIBILIDADE, COM
RELAÇÃO À VARIAÇÃO DO DESLOCAMENTOL=83m; $C_p=0,63$; $C_x=0,75$; B/H=3,50 $(V_{max}=22 \text{ nós}; V_{cruz}=10 \text{ nós})$

Δ (t)	BHP _{max} (HP)	BHP _{cruz} (HP)	INVIABILIDADES
910	6794	387	Excesso de peso e falta de estabilidade
930	6963	392	"
950	7134	396	"
970	7307	401	————
990	7482	405	————

TABELA 15.3-INCREMENTOS DO BHP MÁXIMO COM A VARIAÇÃO DE CADA UMA
DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES, MANTENDO-SE AS OUTRAS CONS-
TANTES(Alternativa em torno da qual foi feita a análise: $\Delta=970t$; $L_{pp}=83m$; $C_p=0,63$; $C_x=0,75$; B/H=3,50; $V_{max}=22 \text{ nós}$).

VARIÁVEL INDEPENDENTE CONSIDERADA	PONTOS CONSIDERADOS		δ VARIÁVEL (2)-(1)	δ BHP _{max} (HP)	$\frac{\delta \text{BHP}_{max}}{\delta \text{VARIÁVEL}}$
	(2)	(1)			
Δ	990t	950t	40t	+348	+8,70 HP/t
L_{pp}	86m	80m	6m	-1336	-222,67 HP/m
C_p	0,65	0,61	0,04	+108	+27,00 HP/ (0,01 C_p)
C_x	0,78	0,72	0,06	-4	-0,67HP/(0,01 C_x)
B/H	3,75	3,25	0,50	+171	+34,20HP/{0,1 · (B/H)}

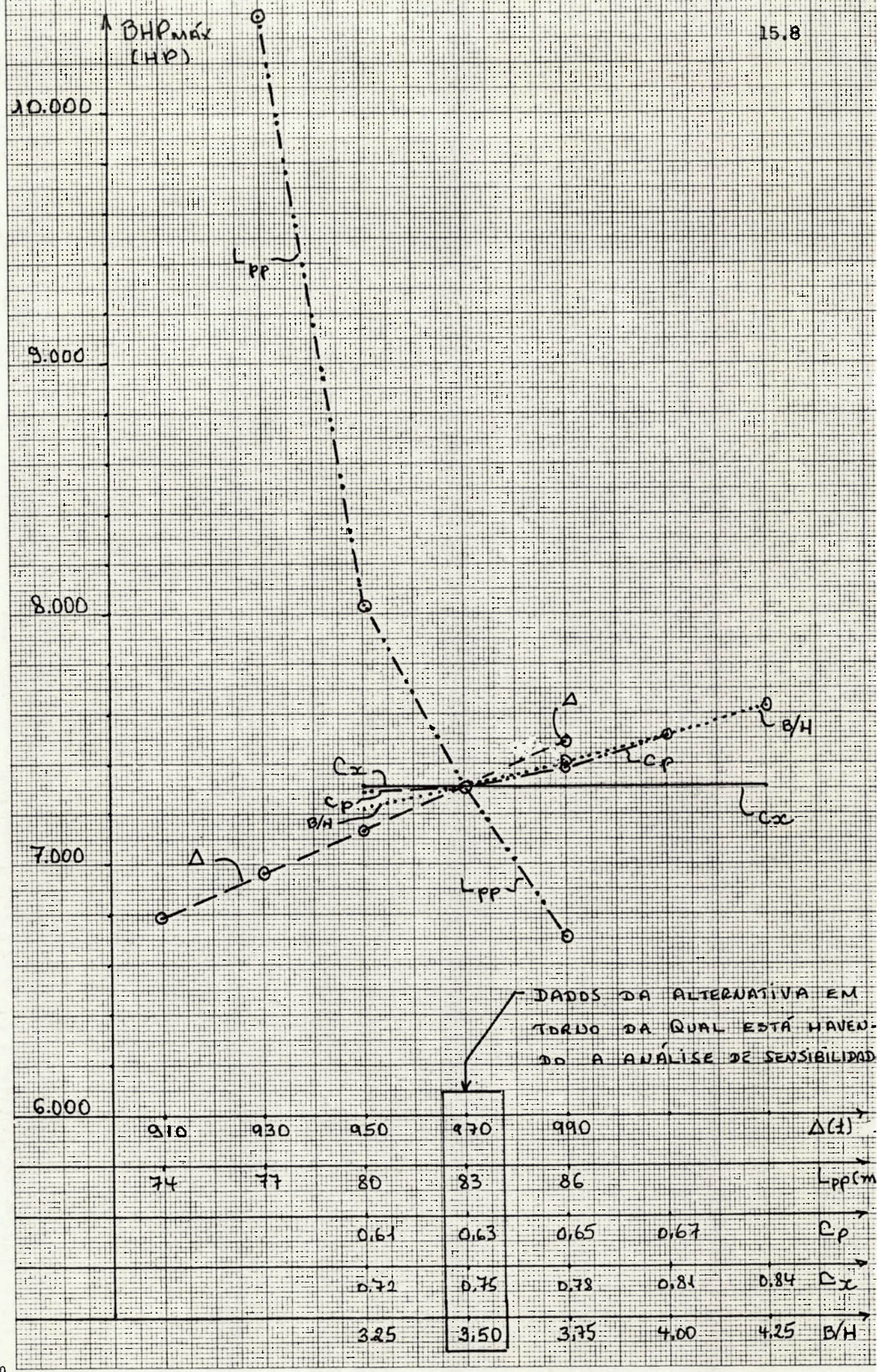


FIGURA - 15.1 - VARIAÇÃO DO BHP_{max} COM CADA VARIÁVEL INDEPENDENTE MANTIDAS AS OUTRAS CONSTANTES.

Os pontos considerados para a verificação da variação do BHP máximo foram aqueles imediatamente à direita e à esquerda do ponto correspondente à alternativa de referência.

Conforme pode-se observar na figura 15.1, a variação do BHP máximo é praticamente linear com a variação individual do deslocamento carregado, da razão (B/H) e do coeficiente C_x . Quanto ao comprimento entre perpendiculares e ao coeficiente C_p , os valores de incremento do BHP máximo são ligeiramente diferentes à esquerda e à direita do ponto de referência.

A variável independente que mais influencia o BHP máximo em torno da alternativa de referência é o comprimento entre perpendiculares. Conforme pode-se observar na figura 15.1 e tabela 15.3, existe uma redução substancial do BHP máximo quando esse comprimento é aumentado. Assim, do ponto de vista estritamente da potência máxima necessária para a instalação propulsora é recomendável a escolha da alternativa viável com o maior comprimento entre perpendiculares. No entanto, o comprimento é normalmente a dimensão mais cara do navio, pois seu aumento traz uma elevação dos custos da construção estrutural. Assim, a vantagem da diminuição do BHP máximo e a decorrente redução de custos da instalação propulsora devem ser confrontados com a desvantagem do aumento de custos da fabricação estrutural. No caso deste exemplo como a redução do BHP máximo é substancial, é bastante provável que haja vantagem no aumento do comprimento entre perpendiculares, porque haverá a redução do custo de uma instalação que é cara; contra um aumento de peso de aço e mão-de-obra estrutural, que no Brasil são relativamente baratos. Observe-se, no entanto, que a partir de certos comprimentos, o navio se torna inviável, como o deste exemplo que passou a não ter estabilidade inicial com 86m.

O BHP máximo é praticamente constante com a variação de C_x . No entanto, quanto maior o valor desta variável, menor a estabilidade inicial, pois a altura do centro de carena do navio (KB) é estimada através da fórmula de Morish e, para um C_p fixado, quanto maior o C_x , maior o C_B e menor o KB. Assim, a redução do valor de C_x pode viabilizar uma alternativa. No caso em questão, para valores de C_x maiores do que 0,78, as alternativas são inviáveis.

A variação do BHP máximo é praticamente linear com o aumento do deslocamento carregado. No entanto, para navios com deslocamentos iguais ou inferiores a 950t, existem inviabilidades de excesso de deslocamento e falta de estabilidade. Isto ocorre porque o navio fica com pouco deslocamento para conter tudo aquilo que normalmente deve ter e porque seu calado e boca são insuficientes para prover a estabilidade necessária. Para demonstrar esta última afirmativa deve-se recorrer à seção 6.2: Para L_{pp} , C_B e B/H fixados, C_1 será menor e, conseqüentemente H e B serão menores. Como o navio fica com formas mais finas ele passa a ter problemas de estabilidade inicial.

Com relação à razão (B/H) verifica-se que existe vantagem na escolha de alternativas com menores valores, que conduzam a menores BHP máximos. No entanto, com a redução da boca o navio começa a apresentar problemas de estabilidade. No exemplo dado, isto ocorre para valores iguais ou inferiores a 3,25.

Situação análoga ocorre com relação ao coeficiente C_p , pois quanto menor o seu valor, menor o valor do BHP máximo. No entanto, verifica-se que a variação do BHP máximo entre C_p de 0,61 e 0,63 é pequena e para baixos C_p s, o navio também começa a ter problemas de estabilidade. No exemplo, isto ocorre para

C_p igual a 0,61.

Quanto à velocidade de cruzeiro de 10 nós, pode-se verificar na tabela 15.4 também elaborada com base nos dados das tabelas 15.1 e 15.2, que a variação do BHP de cruzeiro é muito pequena, praticamente desprezível dentro das faixas consideradas.

TABELA 15.4—INCREMENTOS DO BHP DE CRUZEIRO COM A VARIAÇÃO DE CADA UMA DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES, MANTENDO-SE AS OUTRAS CONSTANTES

(Alternativa em torno do qual foi feita a análise: $\Delta = 970t$; $L_{pp} = 83m$; $C_p = 0,63$; $C_x = 0,75$; $B/H = 3,50$; $V_{cruz} = 10$ nós)

VARIÁVEL INDEPENDENTE CONSIDERADA	PONTOS CONSIDERADOS		δ VARIÁVEL (2)-(1)	δ BHP _{cruz} (HP)	$\frac{\delta BHP_{cruz}}{\delta VARIÁVEL}$
	(2)	(1)			
Δ	990t	950t	40t	+9	+0,23 HP/t
L_{pp}	86m	80m	6m	+7	+1,17 HP/m
C_p	0,65	0,61	0,04	+7	+1,75HP/(0,01C _p)
C_x	0,78	0,72	0,06	0	0 HP/(0,01C _x)
B/H	3,75	3,25	0,50	+15	+3,00HP/[0,1·(B/H)]

O BHP de cruzeiro cresce quando se aumenta qualquer das variáveis independentes, inclusive o comprimento entre perpendiculares, exceto C_x . Em todos os casos, os incrementos são praticamente desprezíveis.

Para baixas velocidades, o aumento do comprimento entre perpendiculares traz como consequência um pequeno aumento do BHP. Para altas velocidades, esse aumento provoca uma redução substancial do BHP, porque a resistência residual diminui bas

tante, muito mais do que o aumento respectivo da resistência de atrito.

Houve também interesse em pesquisar se a variação do BHP máximo com o comprimento entre perpendiculares também tão grande para outros valores das variáveis independentes. Para isto foi elaborada a tabela 15.5.

TABELA 15.5-INCREMENTOS DO BHP MÁXIMO COM A VARIAÇÃO DO COMPRIMENTO ENTRE PERPENDICULARES, PARA DIFERENTES VALORES DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES.

VARIÁVEL INDEPENDENTE CONSIDERADA	PONTO EM TORNO DA QUAL É FEITA A ANÁLISE	BHP _{max} (HP)		δBHP_{max} (HP) (2)-(1)	$\delta BHP_{max} / \delta L_{pp}$ (HP/m)
		PARA 30m (1)	PARA 36m (2)		
Δ	910	7455	6258	-1197	-199,50
	970	8044	6708	-1336	-222,67
	990	8244	6850	-1334	-230,67
C_p	0,61	8043	6679	-1369	-228,67
	0,63	8044	6708	-1336	-222,67
	0,67	8219	6954	-1255	-209,17
C_x	0,72	8043	6711	-1337	-222,83
	0,75	8044	6708	-1336	-222,67
	0,84	8051	6713	-1333	-223,00
B/H	3,25	7787	6556	-1231	-205,17
	3,50	8044	6708	-1336	-222,67
	4,00	8311	6860	-1451	-241,83

OBS.: 1) Dados retirados das tabelas 15.1 e 15.2 e da listagem de saída do programa.

2) Os valores das variáveis independentes não mencionadas em cada linha foram fixado em: $\Delta=970t$; $C_p=0,63$; $C_x=0,75$ e $B/H=3,50$.

Conforme pode-se observar nesta tabela, existe sempre uma redução substancial do BHP máximo quando o comprimento entre perpendiculares é aumentado. Essa redução é maior para

maiores deslocamentos, menores C_p s e maiores (B/H)s. A influência de C_x na variação do incremento do BHP máximo é praticamente desprezível.

15.2 - SEGUNDO EXEMPLO DE APLICAÇÃO

O objetivo deste segundo exemplo é a seleção de um navio com deslocamento carregado entre 940 e 1020 toneladas.

15.2.1 Valores Adotados para as Variáveis Independentes e Dados Fornecidos ao Programa

Os seguintes valores foram adotados para as variáveis independentes:

Δ = deslocamento carregado: 940 a 1020t; $\delta\Delta = 20t$.

L_{pp} = comprimento entre perpendiculares: 76 a 84m;

$\delta L_{pp} = 2,00m$.

C_p = coeficiente prismático longitudinal: 0,60 a 0,69;

$\delta C_p = 0,003$.

C_x = coeficiente de secção mestra: 0,70 a 0,85;

$\delta C_x = 0,05$.

B/H = razão boca moldada/calado carregado moldado: 3,25 a 4,25; $\delta(B/H) = 0,25$.

Os dados de entrada fornecidos foram os mesmos do item 15.1.1, exceto que foi estabelecido que as duas séries sistemáticas (Taylor e "C", de Hamburgo) poderiam ser usadas, e que deveriam ser usados 2 motores para a propulsão.

15.2.2 Dados de Saída

Os dados principais das 20 alternativas com menores BHPs máximos são apresentados no anexo A, com as alternativas em ordem crescente de BHP máximo.

A melhor alternativa tem as seguintes características:

Δ	=	1020t	B	=	9,09m
L_{pp}	=	84m	H	=	2,60m
C_p	=	0,66	BHP _{max}	=	7330
C_x	=	0,75	BHP _{cruz}	=	442
B/H	=	3,50	Série escolhida:	"C", de Hamburgo	
Reserva de deslocamento = 0,01					
Reserva de volume = 0,13					
Reserva de estabilidade = zero					
2 motores de 3900 HPs					

A segunda melhor alternativa tem as seguintes características:

Δ	=	960t	B	=	9,05m
L_{pp}	=	80m	H	=	2,41m
C_p	=	0,66	BHP _{max}	=	7686
C_x	=	0,80	BHP _{cruz}	=	421
B/H	=	3,75	Série escolhida:	"C", de Hamburgo	
Utilizar 2 motores de 3900 HPs					
Reserva de deslocamento = zero					
Reserva de volume = 0,14					
Reserva de estabilidade = 0,01					

Imaginando-se que o usuário escolhesse a segunda alternativa, por ser um navio menor, com menor comprimento e, possivelmente menor custo, ele poderia obter os seus dados completos na própria listagem de saída, tal como consta do anexo B.

CAPÍTULO 16

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O Modelo de Síntese desenvolvido para o Projeto de Concepção de navios de guerra do tipo Patrulha foi concluído e inplantado nos computadores B-6900 da EPUSP e VAX-VMS, do Centro de Análise de Sistemas Navais, do Ministério da Marinha, no Rio de Janeiro.

Os méritos das alternativas foram considerados através do menor deslocamento e da menor potência propulsiva requerida. Foram assegurados os índices mínimos de habitabilidade estabelecidos pela Marinha Brasileira. Com a seleção do navio viável de menor deslocamento e de menor potência requerida, o usuário estará levando em conta, indiretamente, o valor de mérito de menor custo inicial.

O menor deslocamento foi escolhido porque é um índice tradicional para avaliação de uma alternativa de projeto. Entre vários navios com instalações análogas capazes de desempenhar uma determinada missão, o de menor deslocamento terá provavelmente menor tripulação, menores dimensões principais, instalação propulsora menor e mais barata, menor custo do aço, etc., o que possivelmente vai conduzir a um menor custo inicial da plataforma navio e a menor custo operacional.

A menor potência propulsiva requerida foi escolhida por que proporcionará a possibilidade de menor consumo de combustível e menor espaço ocupado pelas peças de máquinas, com suas vantagens decorrentes.

O diagrama de blocos simplificado do programa principal

é dado na figura 3.1.

O processo de otimização adotado foi o da Busca Exaustiva, com o programa fazendo uma varredura completa na região de interesse. O programa apresenta as 20 melhores alternativas viáveis, porém a seleção final deve ser sempre feita pelos projetistas; proporcionando que eles utilizem, nesse processo de seleção, todos os fatores objetivos e subjetivos provenientes das suas experiências no projeto de navios de guerra.

Existem dados de entrada que devem ser fornecidos obrigatoriamente pelo usuário do programa, relacionados na seção 4.1. Outros são opcionais, sendo adotados valores fixados pelo programa ou calculados de acordo com formulação apresentada. Eles estão relacionados na seção 4.2.

A análise das faixas de aplicabilidade do capítulo 4 indicou as seguintes restrições para as principais variáveis:

A) Deslocamento carregado (Δ)

800 a 1300t

B) Coeficiente volumétrico (C_v)

- Quando utilizar a série de Taylor [18]:

$$0,001 \leq C_v \leq 0,003, \text{ para } 0,91 \leq V/\sqrt{L} \leq 1,81$$

$$0,001 \leq C_v \leq 0,005, \text{ para } 1,81 < V/\sqrt{L} \leq 2,35$$

$$0,001 \leq C_v \leq 0,002, \text{ para } 2,35 < V/\sqrt{L} \leq 3,62$$

- Quando utilizar a série "C", de Hamburgo [19]:

$$0,0015 \leq C_v \leq 0,0025, \text{ para } 0,61 \leq V/\sqrt{L} \leq 4,87$$

C) Comprimento entre perpendiculares (L_{pp})

De acordo com a tabela 4.7.

D) Coeficiente prismático longitudinal (C_p)

Quando utilizar a série de Taylor: 0,43 a 0,36

Quando utilizar a série "C", de Hamburgo: 0,32 a 0,70

E) Coeficiente de secção mestra

Quando utilizar a série de Taylor: 0,70 a 0,975

Quando utilizar a série "C" de Hamburgo: 0,54 a 0,35

F) Relação boca/calado (B/H)

Quando utilizar a série de Taylor: 2,00 a 4,00

Quando utilizar a série "C", de Hamburgo: 3,00 a 4,50

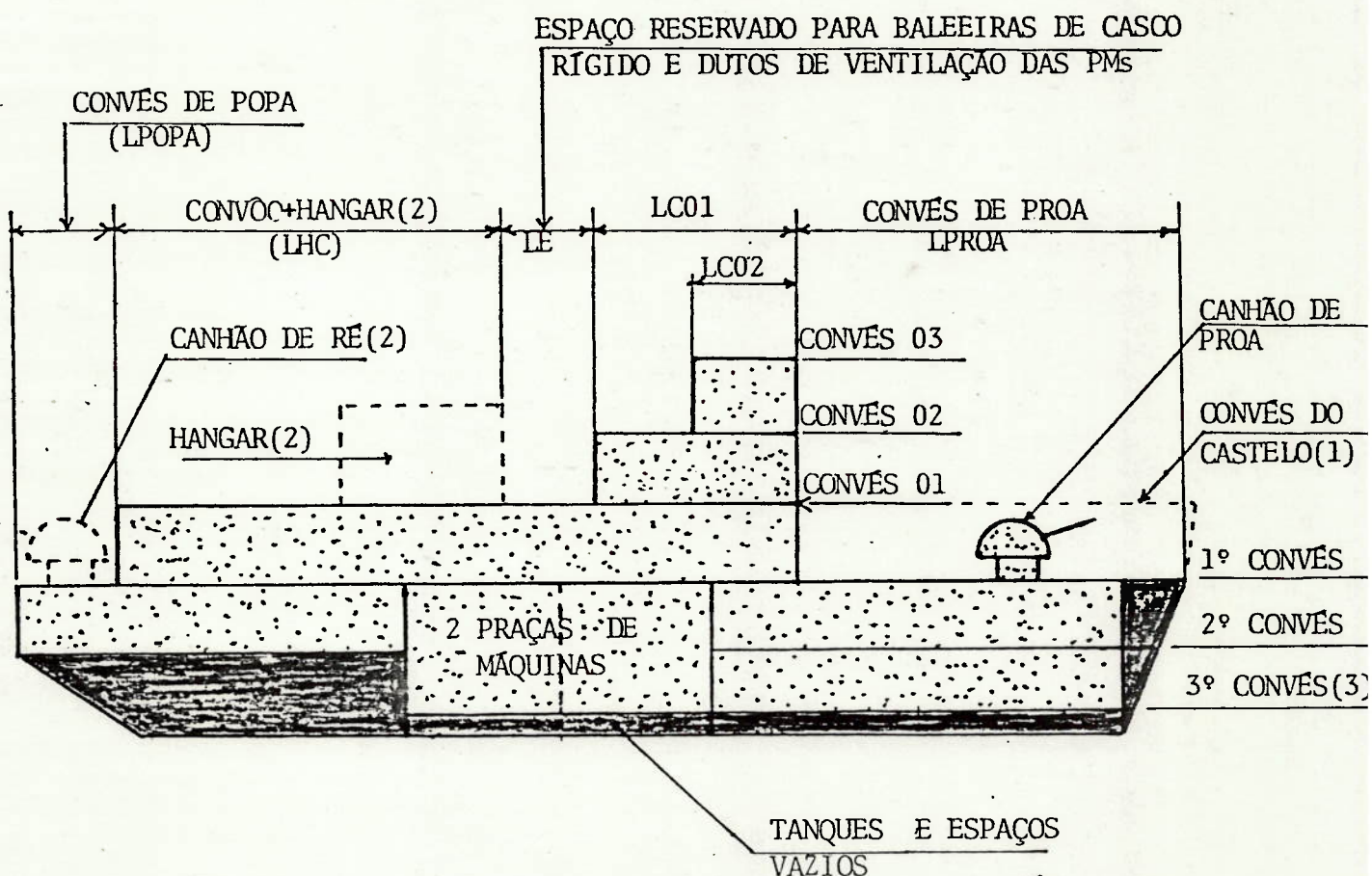
Os modelos matemáticos adotados no programa principal e suas subrotinas são apresentados nos capítulos 5 a 11. Foram estudadas as formulações fornecidas pelas referências [2, 3, 4 e 5] e feitas novas análises de regressão, levando em conta os dados disponíveis de 71 navios semelhantes, obtidos dos documentos relacionados em [6].

O programa permite a introdução de dados em lugar da utilização das fórmulas mencionadas, ensejando que o Modelo de Síntese possa ser usado em outras fases do projeto, quando já se disponha de dados mais concretos e confiáveis a respeito de pesos, áreas e volumes, etc., dos vários itens componentes do sistema. Isto dá uma flexibilidade ao programa, tornando-o de real utilidade até o fim do projeto do navio.

As estimas de potências propulsivas são efetuadas com a

utilização das séries de Taylor [13] e "C", de Hamburgo [19]. As margens previstas foram de 3% devido aos eixos e pés-de-galinha, 3% devido ao leme, 3% devido ao estabilizador, 2% devido à bolina e 15% devido às incrustações. Os modelos matemáticos adotados constam do capítulo 7. A configuração da instalação propulsora é dada na figura 7.1.

O arranjo básico do navio é apresentado na figura 13.1.



NOTAS:

1. O convês do castelo existirá apenas quando houver necessidade.
2. O canhão de ré, o hangar e o convôo são opcionais, a critério do usuário.
3. O 3º convês existirá apenas quando o pontal permitir, e será localizado apenas a vante das PMS.

FIGURA 13.1 - ARRANJO BÁSICO DO CASCO

Para permitir o aprimoramento do Modelo de Síntese foram efetuados dezenas de testes, que possibilitaram inúmeras análises e a correção de problemas existentes, com a inclusão de alguns aperfeiçoamentos. O capítulo 15 apresenta dois exemplos de aplicação, com o programa final.

O primeiro permitiu uma análise de sensibilidade de BHP com relação a cada uma das variáveis independentes, em torno de uma alternativa possível de ser escolhida. Os resultados constam da figura 15.1 e tabelas 15.3 a 15.5 e são comentados no item 5.1.3. Verificou-se que o BHP máximo, para a velocidade de 22 nós, é fortemente influenciada pelo comprimento entre perpendiculares, havendo uma redução substancial quando essa variável é aumentada.

Para a velocidade de cruzeiro em torno de 10 nós, verificou-se ser desprezível a variação do BHP com a alteração de qualquer variável independente.

Assim, do ponto de vista estritamente da potência máxima necessária para a instalação propulsora é conveniente a escolha do navio viável com maior comprimento entre perpendiculares. Esta vantagem, no entanto, deve ser confrontada com a desvantagem de aumento dos custos da fabricação estrutural, que crescem com esse comprimento.

O segundo exemplo de aplicação indica como pode ser feita a seleção de um navio com deslocamento carregado em torno de 1000 toneladas. Os dados de entrada e de saída constam respectivamente dos anexos A e B.

Como recomendação para o prosseguimento do projeto de uma alternativa escolhida, sugere-se que sejam feitos os necessá

rios estudos a respeito de Manobrabilidade, Comportamento no Mar, Estabilidade Dinâmica e Análise Detalhada de Custos, não abordados por este Modelo de Síntese.

ANEXO A

LOGRO DE SIMIESTE TO ANFAC - 1984 ETON - SP DEN - 3J

VELOCIDAD = 22.

REFLEXION DE LAS UNIDADES CON MENORES POTENCIAS INSTALADAS

REFL	AL	CR	CX	HTH	I	B	IMPPT	IMPCC	REFIL	BPIC	BPFT	BPPO	VLMAX	FCS	CSV	FE	PM	ADPM
1020	34	C-56	C-75	3.75	2.60	9.09	7636	7566	420	447	3900	3900	33-2	C-01	0.13	C-00	5.45	77
980	34	C-56	C-80	3.75	2.41	9.09	8181	7536	411	421	4220	3900	32-4	C-00	0.14	C-01	5.13	72
1020	34	C-56	C-80	3.75	2.41	9.11	7601	7591	430	454	3900	3900	32-2	C-01	0.14	C-00	5.29	74
980	32	C-56	C-80	3.75	2.41	9.04	7637	7728	418	447	4220	3900	32-8	C-00	0.14	C-00	5.20	74
1020	32	C-56	C-80	3.75	2.52	9.44	8121	7755	420	435	4220	3900	32-8	C-01	0.13	C-01	5.30	75
1020	32	C-56	C-80	3.75	2.46	9.22	8273	7826	428	432	4220	3900	32-1	C-02	0.14	C-01	5.25	75
1020	34	C-56	C-80	4.00	2.35	9.41	7924	7828	441	406	4220	3940	32-1	C-00	0.13	C-03	5.25	78
1000	32	C-57	C-75	3.50	2.60	9.11	7551	7428	413	450	4220	3940	32-1	C-00	0.13	C-01	5.30	75
980	30	C-57	C-80	3.75	2.34	8.70	8214	7348	413	423	4220	3940	32-4	C-00	0.16	C-00	5.06	71
980	30	C-56	C-80	3.75	2.44	9.15	8380	7377	415	423	4220	3940	32-4	C-01	0.14	C-01	5.16	72
1000	32	C-56	C-80	3.75	2.43	9.13	8079	7905	423	450	4220	4220	32-8	C-01	0.14	C-01	5.22	74
1000	32	C-53	C-85	4.00	2.34	9.36	8089	7954	426	467	4220	4220	32-8	C-01	0.15	C-00	5.13	75
1020	30	C-56	C-75	3.50	2.63	9.20	8139	7782	417	460	4220	4220	32-3	C-01	0.13	C-01	5.42	76
980	30	C-55	C-85	4.00	2.27	9.07	8354	7796	423	393	4220	4220	32-4	C-01	0.16	C-00	5.00	71
1000	32	C-55	C-80	4.00	2.36	9.43	8234	7798	434	402	4220	4220	32-2	C-00	0.15	C-04	5.14	75
980	32	C-67	C-75	3.50	2.52	8.82	8015	8000	412	422	4220	4220	32-3	C-00	0.14	C-00	5.31	74
1000	30	C-53	C-80	3.75	2.52	9.36	8431	8025	413	423	4220	4220	32-4	C-00	0.13	C-02	5.24	74
980	30	C-57	C-80	3.75	2.36	8.56	8434	8056	415	427	4220	4220	32-4	C-01	0.16	C-01	5.06	71
1020	34	C-59	C-70	3.25	2.73	8.77	7847	8061	413	417	3940	4220	32-2	C-01	0.13	C-00	5.58	77
980	32	C-59	C-80	3.75	2.36	8.56	8172	8065	424	420	4220	4220	32-3	C-01	0.15	C-00	5.14	75

SAIDA COMPLETA DAS MELHORES ALTERNATIVAS

 * N A V I O *

CARACTERISTICAS GERAIS

DESLOCAMENTO (TJM)	=	960.00	VOLUME (M3)	=	923.52	BORDA LIVRE A MEIA VAU (M)	=	2.72
COMPRIMENTO ENTRE PP (M)	=	80.00	PONTAL MEDIO (M)	=	5.17	BORDA LIVRE A VANTE (M)	=	3.52
Boca (M)	=	9.05	PONTAL A MEIA NAU (M)	=	5.13	BORDA LIVRE A RE (M)	=	2.12
CALADO (M)	=	2.41	PONTAL A VANTE (M)	=	5.93	ALTURA ENTRE CONVESES (M)	=	2.60
NUMERO CURICO	=	3.74	PONTAL A RE (M)	=	4.53	VELOCIDADE DE CRUZEIRO (NOS)	=	10.00
AUTONOMIA (DIAS)	=	25.00	RAIO DE ACAJ(PILHAS)	=	6000.00	VELOCIDADE MAXIMA (NOS)	=	22.00

MATERIAL DA SUPERESTRUTURA = ACO

COEFICIENTES DE FORMA

COEF. DE BLOCO	=	0.5280	COEF. DE SECO MESTRA	=	0.8000	COEF. VOLUMETRIC	=	0.0018
COEF. PRISMATICO LONG.	=	0.6600	COEF. DE LINHA D'AGUA	=	0.7878	RAZAO COMPRIMENTO/BOCA	=	8.9351
RAZAO BOCA/CALADO	=	3.7500	RAZAO COMPRIMENTO/PONTAL	=	15.5806			

ESTABILIDADE

ALTURA METACENTRICA-GM (M)	=	0.70	RAZAO GM/B YIMO	=	0.0700	ALT.DC CENTRO DE CARENA-KB(M)	=	1.47
RAIO METACENTRICO-BY (M)	=	3.42	RAZAO GM/B CALCULADO	=	0.0768	ALT.DC CENTRO DE GRAV.-KGCH	=	4.93
EFEITO DE SUP.LIVRE (M)	=	0.16	COEF.-DE INERCIA TRANSVERSAL	=	0.638	MARGEM DO KG	=	1.070
RESERVA DE ESTABILIDADE	=	0.0068						

 CARACTERISTICAS DE POTENCIA

V/L**0.5(CRUZ)(NO/M**0.5) =	1.118	BHP MAXIMO (HP)	=	7686.	COEF. PROPULSIVO MAXIMO	=	0.650
V/L**0.5(CMAX)(NO/M**0.5) =	2.460	BHP DE CRUZEIRO (HP)	=	421.	COEF. PROPULSIVO DE CRUZEIRO	=	0.650
COMPRIMENTO DA PM	=	21.6000		3731.	CONS.-ESPECIFICO(CMAX)(G/BHP*H)=		152
PONTAL MIN. DA PM (M)	=	4.21		244.	COFAECAJ DO COEF. DE ATRITO	=	0.00030
NUMERO DE MOTORES	=	2.		3843.	CONS.-ESPECIFICO(CRUZ)(G/BHP*H)=		200
MARGEM DE POTENCIA	=	1.00		14.23	CONS.COMB.(CRUZ)(T/DIA)	=	2.02
MOTOR SELECIONADO	=	111		3900	FABRICANTE	=	1
ROTACAO DO MOTOR(RPM)	=	500		39000	LARGURA DO MOTOR(MM)	=	1795
ALTURA DO MOTOR(MM)	=	3065		6880			

 PLANTA ELETRICA

NUMERO DE GERADORES	=	4	POT. TOTAL (INSTALADO (KW)	=	1000.	MARGEM DE POTENCIA ELETRICA	=	1.150
POTENCIA POR GERADOR (KW)	=	250.	C.E.C.DOS GERADORES(G/KW*H)=	=	260.000	POT. ELETR. MEDIA DIARIA(KW)	=	208.03
CONS.-COMB.-DIARIO(T/DIA)	=	1.30						

 DADOS DE PESSOAL

TRIPULACAO TOTAL	=	66	NUMERO DE OFICIAIS	=	7	PESSOAL LIGADO AO ARMAMENTO	=	9
RESERVA DE TRIPULACAO	=	6	NUMERO DE SUB-OFFICIAIS	=	11	PESSOAL LIGADO AO HELICOPTERO	=	6
NUMERO DE ACOMODACOES	=	72	NUMERO DE MARINHEIROS	=	48			

MODELO DE SINTESE DO NAPADC - 1983
 ETCN - SP
 IEN - RJ

TABELA DE PESOS E CENTROS

GRUPO 1 - ESTRUTURA		GRUPO 2 - PROPULSAO	
P1A (TON) =	229.27	ZG1A (M) =	2.84
P1B1 (TON) =	57.72	ZG1B1 (M) =	7.53
P1B2 (TON) =	12.50	ZG1B2 (M) =	13.58
P1C (TON) =	12.97	ZG1C (M) =	1.39
P1D (TON) =	12.36	ZG1D (M) =	3.80
P1 (TON) =	341.06	ZG1 (M) =	3.95
GRUPO-3 ELETRICIDADE		GRUPO-4 COMUNICACOES E CONTROLE	
P3 (TON) =	72.93	ZG3 (M) =	1.21
GRUPO-5 AUXILIARES		GRUPO-6 MOBILIARIO E ACESSORIOS	
P5 (TON) =	106.78	ZG5 (M) =	3.41
		P2A (TON) =	106.72
		Z2A (M) =	2.27
		P2B (TON) =	6.37
		Z2B (M) =	0.82
		P2 (TON) =	115.70
		Z2 (M) =	2.19
		P4A (TON) =	7.00
		Z4A (M) =	7.00
		P4B (TON) =	5.07
		Z4B (M) =	5.08
		P4 (TON) =	12.37
		Z4 (M) =	6.20
		P6A (TON) =	39.05
		Z6A (M) =	6.23
		P6B (TON) =	29.53
		Z6B (M) =	4.98
		P6 (TON) =	68.58
		Z6 (M) =	5.69

TABELA DE PESOS E CENTROS

GRUPO-7 ARMAMENTOS		GRUPO-e CARGA VARIÁVEL	
P7 (TON) =	9.20	ZG7 (M) =	5.13
PESO LEVE (TON)	= 806.09	ZG LEVE (M)	= 4.41
PESO CARREGADO (TON)	= 957.16		
DISCREP. DE DESL.	= 0.0030	ZG CARREGADO (M)	= 4.03
DISCR. MAX DE DESL	= 0.200		
		P8 (TON) =	151.08
		ZG8 (M) =	2.01
		P8A (TON) =	7.71
		ZG8A (M) =	4.67
		P8B (TON) =	9.40
		ZG8B (M) =	3.50
		P8C (TON) =	1.60
		ZG8C (M) =	8.00
		P8D (TON) =	12.70
		ZG8D (M) =	8.00
		P8E (TON) =	5.12
		ZG8E (M) =	3.09
		P8F (TON) =	1.80
		ZG8F (M) =	3.70
		P8G (TON) =	15.02
		ZG8G (M) =	0.35
		P8H (TON) =	11.11
		ZG8H (M) =	1.23
		P8I (TON) =	63.12
		ZG8I (M) =	0.19
		P8J (TON) =	10.00
		ZG8J (M) =	1.50
		P8K (TON) =	13.50
		ZG8K (M) =	3.80

MARGENS DE PESO E KG

MARGEM DE PESO PARA PROJETO	=	0.050
MARGEM DE PESO PARA CONSTRUÇÃO	=	0.030
MARGEM DE PESO PARA FUTURO CRESCIMENTO	=	0.015
MARGEM DE PESO PARA FUTURO CRESCIMENTO DO ARMAMENTO	=	0.150
MARGEM DE KG	=	1.070

TABELAS DE AREAS E VOLUMES

TABELA DE AREAS

GRUPO 1 - AREAS RELATIVAS A MISSEAO		GRUPO 2 - AREAS RELATIVAS A PESSOAL	
A11(M2) =	25.00 AS11(M2) =	25.00	A21(M2) = 164.23 AS21(M2) = 25.00
A12(M2) =	48.00 AS12(M2) =	2.00	A22(M2) = 30.77 AS22(M2) = 12.00
A13(M2) =	0.00 AS13(M2) =	0.00	A23(M2) = 36.00
A14(M2) =	0.00 AS14(M2) =	0.00	AREA TOTAL REQUERIDA(GRUP02) (M2) = 231.00
A15(M2) =	20.00 AS15(M2) =	0.00	AREA MINIMA ALOCADA A SUP.(GRUP02) (M2) = 37.00
A16(M2) =	0.00 AS16(M2) =	0.00	
A17(M2) =	0.00 AS17(M2) =	0.00	GRUPO 3 - AREAS RELATIVAS AO NAVIO
A18(M2) =	0.00 AS18(M2) =	0.00	A31(M2) = 100.20 AS31(M2) = 29.20
A19(M2) =	0.00 AS19(M2) =	0.00	A32(M2) = 115.67
			A33(M2) = 50.00
			A34(M2) = 0.00
			A35(M2) = 154.40 AS35(M2) = 9.32
AREA TOTAL REQUERIDA(GRUP01) (M2) =	93.00		AREA TOTAL REQUERIDA(GRUP03) (M2) = 420.27
AREA MINIMA ALOCADA A SUP.(GRUP01) (M2) =	27.00		AREA MINIMA ALOCADA A SUP.(GRUP03) (M2) = 38.52
AREA TOTAL ALOCADA AO CASCO (M2) =	449.18		AREA TOTAL ALOCADA A S/PPESTRUTURA (M2) = 339.07
RESERVA DE AREA NO CASCO (M2) =	-71.29		RESERVA DE AREA NA SUPERESTRUTURA (M2) = 114.82
AREA DO SEGUNDO CONVES (M2) =	449.18		AREA COBERTA DO CONVES PRINCIPAL (M2) = 266.41
AREA DO TERCEIRO CONVES (M2) =	0.00		AREA DO CONVES 01 DA S/PPESTRUTURA (M2) = 68.44
AREA DO CONVES DO CASTELO (M2) =	0.00		AREA DO CONVES 02 DA S/PPESTRUTURA (M2) = 24.22

ANEXO B - FOLHA 6/7

)EN - RJ

ETCN - SP

MODELO DE SINTESE DO NAPPAC - 1983

TABELA DE AREAS PARA CADA CONVES

CONVES	AREA DISPONIVEL	AREA REQUERIDA	DIFERENCA
02 DA SUPERESTRUTURA	24.22	18.75	5.47
01 DA SUPERESTRUTURA PRINCIPAL	48.44	51.51	-3.07
CASTELO	266.41	153.99	112.42
CONVES 2 A RE	0.00	0.00	0.00
CONVES 2 A VANTE	209.75	249.74	-39.99
CONVES 3	237.98	269.28	-31.30
	0.00	0.00	0.00

TABELA DE VOLUMES

VOLUME PARA ARMAZENAGEM DE OLEO COMBUSTIVEL PARA O NAVIO (M3) =	38.49
VOLUME PARA ARMAZENAGEM DE OLEO LUBRIFICANTE PARA O NAVIO (M3) =	14.19
VOLUME PARA ARMAZENAGEM DE OLEO COMB- PARA O HELICOPTERO (M3) =	13.29
VOLUME PARA ARMAZENAGEM DE AGUADA (M3) =	17.80
VOLUME DE ESPACOS VAZIOS DO DUPLO FUNDO E COFFERDANS (M3) =	27.15
VOLUME EXTRA (M3) =	362.48
VOLUME TOTAL DE TANQUES (M3) =	525.80
VOLUME DA PRACA DE MAQUINAS (M3) =	898.26
VOLUME DA SUPERESTRUTURA (M3) =	1300.45
RESERVA DE VOLUME =	0.1440

ETCN - SP DEN - RJ

MODELO DE SINTESE DO NAPAOC - 1984

INFORMACOES ADICIONAIS

COMPLEMENTO DO CONVES DE PROA (M) = 18.54 :OMP. DA PARTE COBERTA DO CONVES PRINC.(M) = 64.00
 COMPLEMENTO DO CONVES DE POPA (M) = 22.71 :OMPLEMENTO DO CONVES 01 DA SUPERESTRUTURA (M) = 8.00
 :OPPIMENTO DO CONVES 02 DA SUPERESTRUTURA (M) = 4.00
 :OMP. DO HANGAR = 12.50

O NAVIO DISPORA DE HELICOPTERO (ORGANICO)
 O CONVES DE POPA NAO SERA COBERTO
 O NAVIO NAO DISPORA DE UM CONVES DO CASTELO
 O NAVIO POSSUIRA UM CONVES INTERMEDIARIO
 AREA DO SEGUNDO CONVES = 449.18
 O NAVIO FOI CALCULADO SEGUNDO A SERIE C DE HAMBURGO

CONDICOES DE MAR = 3
 CONDICOES DO CASCO = 3 PESES AFOS A SAIDA DO DIQUE

AS SEGUINTES VARIAVEIS, SENAO FOFAM ESPECIFICADAS PELO USUARIO, FORAM CALCULADAS PELO PROGRAMA:
 NTRIP, P14, P101, P182, P1C, P1D, P2A, P2B, P3, P4, P5, P6, P8B, P8A, P8E, P8F, P8G, ZG1A, ZG1B, ZG12, ZG1C
 ZG1D, ZG2, ZR28, ZC1, ZG4B, ZG5, ZG6A, ZG6B, ZG8A, ZG8E, ZG8F, ZG8G, ZG8H, ZG8I, ESL, YPM, DPM, AZ1, AZ2
 AZ3, AZ4, AZ5, AS35

AS SEGUINTES VARIAVEIS, SE NAO FOFAM ESPECIFICADAS PELO USUARIO, FOFAM ASSUMIDAS PELO PROGRAMA:
 RESTR, VARN, NHEL, HCV, C5, C10, CPC, CFN, CPT, RGNB, MK3, PP, AMPEL, CECG, ANHOT, ANPOT, CMNN, CPTAN
 HDFA, ALF, LPOPA, A33, A34, AS21, AS22, AS31, DESLC, DESF, DCESL, ACV, CVO, CVF, ALO, ALF, DAL
 CPO, CPF, CCP, CXC, CXF, DCX, RSHO, REHF, DREN, ALP, AL, 01, ALC02, DISCR, MP, MCONYS, MFCF
 MFA, CTAN1, CTAN2

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [01] Especificação de Modelo de Síntese para o Projeto de Concepção de Navios Patrulha Costeiros - Proposta à Diretoria de Engenharia Naval, ETCN-SP, 1983.
- [02] GALLETI, R. - Modelo de Síntese para Navios Militares da Classe Corveta e Fragata (MS-01), IPT, 1979.
- [03] GOODWIN, M.J. - Ship Synthesis Model for Coast Guard Cutters, Thesis of Master of Science at the Massachusetts Institute of Technology, 1975.
- [04] REED, M.R. - Ship Synthesis Model for Naval Surface Ships, Thesis of Master of Science at the Massachusetts Institute of Technology, 1976.
- [05] EAMES, M.C. & PRAMMOND, T.G. - Concept Exploration - An Approach to Small Warship Design, Royal Institution of Naval Architects, London, 1976.
- [06] CALEGARE, A.J.A., DIAS FILHO, G.L.S. & ARAUJO, E.F.R. - Estudo Técnico nº 0487/1983 - Análise de Navios Semelhantes, do Armamento, de Helicópteros e de Sistemas Adicionais a serem considerados Modelo de Síntese para o Projeto de Concepção de NAPACOS, ETCN-SP, 1983.
- [07] ARAUJO, E.F.R. - Estudo Técnico nº 0480/1983 - Análise do Modelo de Síntese Elaborado pelo IPT para Navios da Classe Corveta e Fragata e sua Implantação no ETCN-SP, ETCN-SP, 1983.
- [08] CALEGARE, A.J.A., ARAUJO, E.F.R. & DIAS FILHO, G.L.S. - Estudo Técnico nº 0508/1983 - Desenvolvimento da Formulação referente à Fase 3 - Arquitetura Naval - para o Modelo de Síntese do Projeto de Concepção de NAPACOS, ETCN-SP, 1983.

- [09] CALEGARE, A.J.A., ARANHA, S.B.A. & DIAS FILHO, G.L.S. - Estudo Técnico nº 0529/1983 - Análise das Faixas de Aplicabilidade de Algumas das Principais Variáveis Utilizadas no Modelo de Síntese de NAPACOS, ETCN-SP, 1983.
- [10] ARANHA, S.B.A. - Estudo Técnico nº 0577/1983 - Manual de Uso do Subprograma ARQNAV - Cálculo de Arquitetura Naval para o Modelo de Síntese para o Projeto de Concepção de NAPACOS, ETCN-SP, 1983.
- [11] ARANHA, S.B.A. - Estudo Técnico nº 0579/1983 - Manual de Uso do Subprograma ESTAB - Verificação da Estabilidade do Navio para o Modelo de Síntese para o Projeto de Concepção de NAPACOS, ETCN-SP, 1983.
- [12] COMSTOCK, J.P. - Principles of Naval Architecture, SNAME, New York, 1967.
- [13] RAWSON, K.L. & TUPPER, E.C. - Basic Ship Theory, Logman Inc., New York, 1976.
- [14] DIAS FILHO, G.L.S., ARAUJO, E.F.R. & CALEGARE, A.J.A. - Estudo Técnico nº 0526/1983 - Estudo da Instalação Propulsora e Desenvolvimento das Subrotinas da Fase IV - Propulsão, para o Modelo de Síntese do Projeto de Concepção de NAPACOS, ETCN-SP, 1983.
- [15] ARAUJO, E.F.R. - Estudo Técnico nº 0511/1983 - Roteiro para a Estima do EHP utilizando-se a Série Sistemática de Hamburgo (Série C), ETCN-SP, 1983.
- [16] ARAUJO, E.F.R. - Estudo Técnico nº 0522/1983 - HPC - Programa de Computador para a Estima do EHP em Mar Calmo utilizando a Série Sistemática de Hamburgo (Série C), ETCN-SP, 1983.

- [17] DIAS FILHO, G.L.S. & ARANHA, S.B.A. - Estudo Técnico nº 0564/1983 - Manual de Uso do Subprograma PROPUL - Caracterização da Planta Propulsora, ETCN-SP, 1983.
- [18] GERTLER, M. - A Reanalysis of the Original Test Data for the Taylor Standard Series, David Taylor Modelo Basin, Report nº 806, 1954.
- [19] KRACHT, A. - Resistência, Propulsão, Dinâmica e Tensões de Cascos Rápidos de Deslocamento, em Águas Calmas e em Mar de Ondas Regulares (Séries Sistemática de Hamburgo "C"), Ministério da Defesa da Alemanha, Bonn, Tradução de 1980.
- [20] DIAS FILHO, G.L.S., ARAUJO, E.F.R. & CALEGARE, A.J.A. - Estudo Técnico nº 0496/1983 - Desenvolvimento da Formulação referente à Instalação Elétrica a ser considerada no Modelo de Síntese para o Projeto de Concepção de NAPACOS, ETCN-SP, 1983.
- [21] DIAS FILHO, G.L.S. & ARANHA, S.B.A. - Estudo Técnico nº 0543/1983 - Manual de Uso do Subprograma PLET, referente à Instalação Elétrica a ser considerada no Modelo de Síntese para o Projeto de Concepção de NAPACOS, ETCN-SP, 1983.
- [22] Estudo Técnico EST-300-03 - Verificação do Balanço Elétrico - Navio Escola, Diretoria de Engenharia Naval, 14.09.1982.
- [23] Estudo Técnico s/nº - Corveta - Análise da Carga Elétrica - Fase Contratual, Diretoria de Engenharia Naval, 14.09.1982.
- [24] BV-30 - Technical Requirements for Ships of the Bundesweher Marine - 30 Electrical System - Planning and General Guidelines (Preliminary), BV, 26.09.1981.
- [25] CAMINADA NETO, A. - Estudo Técnico nº 0563/1983 - Acréscimos Marginais de Itens de Habitabilidade para Navios Patrulha Costeiros, ETCN-SP, 1983.

- [26] DIAS FILHO, G.L.S., HORTA, A.C., SALLA, C.T., CALEGARE, A.J.A. & CAMINADA NETTO, A. - Estudo Técnico nº 0581/1984 - Desenvolvimento da Formulação referente à Fase 6 - Áreas e Volumens, para o Modelo de Síntese para o Projeto de Concepção de NAPACOS, ETCN-SP, 1984
- [27] DIAS FILHO, G.L.S. & SALLA, C.T. - Estudo Técnico nº 0590/1984 - Manual de Uso do Subprograma ARVOL, referente ao Cálculo de Áreas e Volumes a ser considerado no Modelo de Síntese para o Projeto de Concepção de NAPACOS, ETCN-SP, 1984.
- [28] SALLA, C.T. - Estudo Técnico nº 0550/1983 - Estima do Número de Tripulantes de um Navio Tipo NAPACO, ETCN-SP, 1983.
- [29] NS0933-005-8010 - U.S. Navy Habitability Manual, Washington, Naval Ship Systems Command, U.S. Navy, 01.09.1969.
- [30] DIAS FILHO, G.L.S., ARANHA, S.B.A. & CALEGARE, A.J.A. - Estudo Técnico nº 0542/1983 - Desenvolvimento da Formulação referente à Fase 7 - Pesos e Centros, para o Modelo de Síntese para o Projeto de Concepção NAPACOS, ETCN-SP, 1983.
- [31] NAVSEA-0900-LP-039-9010 - Ship Work Breakdown Structure, The Naval Ship Engineering Center, USA, 01.08.1977.
- [32] Norma Técnica nº PRC-0005 - Margens de Peso e Posição Vertical do Centro de Gravidade para Navios de Superfície, Diretoria de Engenharia Naval, 15.04.1980.
- [33] STRAUBINGER, E.K., CURRAN, W.C. & FIGHERA, V.L. - Fundamentals of Naval Surface Ship Weight Estimating, Naval Engineer Journal, maio 1983.
- [34] CALEGARE, A.J.A, DIAS FILHO, G.L.S., HORTA, A.C. & SALLA, C.T. - Estudo Técnico nº 0598/1984 - Programa Principal do Modelo de Síntese do Projeto de Concepção de NAPACOS, ETCN-SP, 1984.

- [35] DEIANA, F.R.P. - Estudo Técnico nº 0518/1983 - Levantamento de Dados de Canhões e Metralhadoras para Uso Naval, com Calibres de 13 a 120mm, ETCN-SP, 1983.
- [36] DEIANA, F.R.P., PAULA FILHO, A.B. & SILVA, P.M. - Estudo Técnico nº 0561/1983 - Projeto de Concepção de um NAPACO de 1250t., ETCN-SP-1983.
- [37] SALLA, C.T., HORTA, A.C., CALEGARE, A.J.A. & DIAS FILHO, G.L.S. - Estudo Técnico nº 0608/1984 - Manual do Usuário do Modelo de Síntese para o Projeto de Concepção de NAPACOS, ETCN-SP, 1984.
- [38] JANE'S FIGHTING SHIPS 82/83, Jane's Publishing Camp. Ltd, Inglaterra, 1983.
- [39] SCHETELMA, R.F. de HEERE & BARRER, A.R. - Buoyancy and Stability of Ships. Technical Publications H. Stam, Culembrog, Cologne, 1969.
- [40] CALEGARE, A.J.A., DIAS FILHO, G.L.S., HORTA, A.C. & SALLA, C.T. - Estudo Técnico nº 0611/1984 - Manual de Engenharia do Modelo de Síntese para o Projeto de Concepção de NAPACOS, ETCN-SP, 1984.
- [41] MARIOTTO, M. - Método para Otimização de Características Principais de Navios Graneleiros, EPUSP, 1972.