

São Paulo
2001

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em
Engenharia.

**SELEÇÃO DE SISTEMA PROPULSOR PARA
NAVIOS OCEANOGRÁFICOS**

ROGÉRIO CAMILLO RIBEIRO

São Paulo
2001

Orientador:
Dr. Hernani Luiz Brinati

Área de Concentração:
Engenharia Naval e Oceânica

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em
Engenharia.

**SELEÇÃO DE SISTEMA PROPULSOR PARA
NAVIOS OCEANOGRÁFICOS**

ROGÉRIO CAMILLO RIBEIRO

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

01	1.1 Definição do problema.
02	1.2 Revisão bibliográfica.
04	1.3 Objetivos do trabalho.
04	1.4 Sequência do trabalho.

CAPÍTULO 2

NAVIOS OCEANOGRÁFICOS

06	2.1 Divisão de pesquisa oceanográfica.
07	2.2 Características básicas da missão
09	2.3. Requisitos de potência.
09	2.4 Ruídos e vibrações
09	2.4.1 Considerações básicas
11	2.4.2 Aplicações à navios oceanográficos
13	2.5. Manobrabilidade e controle
14	2.6 Exemplo de aplicação.
15	2.6.1 Cálculo de potência requerida
16	2.6.2 Atividades de Pesquisa

CAPÍTULO 3

INSTALAÇÕES PROPULSORAS PARA NAVIOS OCEANOGRÁFICOS

20	3.1 Tipos de instalações propulsoras.
24	3.2 Critérios de escolha.
30	3.2.1 Fatores mais importantes em navios Oceanográficos.
31	3.3 Instalações propulsoras empregadas em navios oceanográficos.
32	3.4 Seleção preliminar.

CAPÍTULO 4

PROCEDIMENTO PARA A SELEÇÃO DA INSTALAÇÃO PROPULSORA.

47	4.1 Procedimentos de decisão.
----	-------------------------------

CAPÍTULO 5

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PARA O NAVIO
DO INSTITUTO OCEANOGRÁFICO.

58	5.1 Introdução
58	5.2 Aplicação da proposta
59	5.3 Estudo preliminar dos pesos
60	5.3.1 Atribuição preliminar dos pesos
64	5.3.2 Conclusão do estudo preliminar dos pesos
65	5.4 Votação de Pareto
65	5.4.1 Especialistas consultados
66	5.4.2 Resultado da votação de Pareto
68	5.4.3 Principais comentários feitos pelos especialistas
68	5.5 Atribuição de notas para a matriz preliminar
69	5.5.1 Aplicação
69	5.5.2 Avaliação dos sistemas candidatos
70	5.5.3 Análise das características mensuráveis
78	5.5.4 Análise das características não mensuráveis
83	5.6 Matriz de Decisão preliminar

CAPÍTULO 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

85	6.1 Breve resumo do trabalho
87	6.2 Conclusões e recomendações
89	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS
91	ENDEREÇOS CONTACTADOS
91	E-MAIL CONTACTADOS
92	EMPRESAS CONTACTADAS
	APÊNDICE

LISTA DE FIGURAS

<i>figura</i>		<i>página</i>
2.1	Propagação de ruídos	10
3.1	Tipos de instalações propulsoras	21
4.1	Diagrama de blocos do processo de seleção	57

LISTA DE TABELAS

Etiqueta	5.13	5.12	5.11	5.10	5.9	5.8	5.7	5.6	5.5	5.4	5.3	5.2	5.1	4.1
Escala de notas para uso na matriz de decisão														
Atribuição preliminar dos pesos														
Notas para os custos														
Área requerida pela instalação propulsora														
Notas para o subfator <i>dimensão</i>														
Notas para o subfator <i>peso</i>														
Notas para peso/dimensões														
Notas para o consumo específico														
Notas para ruído/vibração														
Notas para a manutenção														
Notas para o controle de velocidade														
Notas para capacidade de manobra														
Notas para a flexibilidade energética														
Matriz de Decisão preliminar														

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo sobre seleção de instalação propulsora para navios oceanográficos, com uma aplicação específica para o novo navio de pesquisa do Instituto Oceanográfico da USP.

São definidas inicialmente, as características particulares de missões dos navios oceanográficos, com breve citação dos tipos de pesquisa conduzidas por essas embarcações. São examinados, em seguida, as alternativas de propulsão para estes navios, bem como os fatores que devem ser considerados na seleção da instalação propulsora. É feita uma análise dos tipos de instalações empregadas em navios oceanográficos ao longo do século passado, com a finalidade de auxiliar na formulação de soluções para um novo projeto.

A parte principal do trabalho consiste na formulação de um procedimento para escolha da instalação propulsora mais adequada e em sua aplicação ao navio do IOUSP. O procedimento proposto baseia-se no emprego de conceitos, da Votação de Pareto e Matriz de Decisão, e envolve uma realimentação desta segunda parte. O procedimento foi aplicado ao exemplo escolhido mas não foi possível aplicá-lo integralmente, submetendo a matriz de decisão elaborada pelo autor à avaliação dos especialistas, que participaram da votação de Pareto. Acreditando-se, no entanto, que o resultado atingido foi satisfatório, selecionando as duas alternativas mais adequadas para a propulsão do navio

ABSTRACT

This work deals with the selection of the propulsion plant for oceanographic vessels with an specific application to the research ship of the Oceanographic Institute of University of São Paulo.

The main characteristics of the mission profile of oceanographic vessels are defined with a brief citation of the researches carried out. The different options for the propulsion plant, as well as the factors involved in the selection process, are then analysed.

In order to have a preliminary indication of possible candidates for the ship propulsion, it was made an analysis of the data available of oceanographic ships built in the last century.

The main part of work consists in the formulation of a selection procedure and its applicatio to define the most adequate power plant for the research vessel of IOUSP. The procedure is based in the utilization of two concepts: Pareto votation and Decision Matrix, and involves a feedback of the second part.

The procedure was applied to the chosen example but it was not possible to implement all the steps, submitting the decision matrix prepared by the author to the experts who had participated of Pareto votation. It is believed, however, that the results obtained were satisfactory selecting the two most adequate options for the vessel propulsion.

Uma questão de grande relevância no desenvolvimento do projeto de um navio é a definição da instalação propulsora. Para cada tipo de embarcação e para cada tipo de atividade existem diversas alternativas potenciais e há diversos aspectos a serem considerados. Desta forma, fica difícil identificar qual sistema irá atender melhor as necessidades. Não basta somente analisar se um sistema é capaz, ou não, de atender os critérios de velocidade e potência, mas deve-se examinar a interação de todas as características num conjunto harmonioso sistema/embarcação. Para cada tipo de navio, haverá a necessidade de se conhecer os aspectos e requisitos que poderão influenciar a escolha do melhor sistema para a propulsão.

O problema particular deste trabalho concentra-se em um navio oceanográfico, que no momento está em fase de projeto, no Departamento de Engenharia Naval e Oceânica, a pedido do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, com o objetivo de substituição do atual navio de pesquisa, Professor Besnard.

Em princípio, existem diversos tipos de alternativas possíveis para a instalação propulsora deste navio. Como a escolha precisa ser feita considerando todos os aspectos técnicos e econômicos envolvidos na construção e operação do navio, é necessário formular um procedimento consistente para a seleção da melhor opção.

1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

INTRODUÇÃO

CAPÍTULO 1

1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A comparação entre instalações propulsoras para navios tem sido, ao longo dos anos, objetos de diversos estudos. Hewitt (1972) apresentou um trabalho em que estabeleceu uma comparação econômica entre as instalações com máquina principal a Diesel, turbina a vapor e turbina a gás; além de destacar os fatores que influenciam na escolha, ele propunha critérios para selecionar o sistema propulsor.

No trabalho de Palma (1997) foi apresentada uma análise para a seleção de instalação propulsora e localização da praça de máquinas de um SWATH; são analisadas as possibilidades de aplicação de sistemas CODOD, CODAD, Diesel e Diesel Elétrica, Neste trabalho foram examinados também os diversos parâmetros para a aplicação da Matriz de Decisão. Nos trabalhos de Harvald (1970) e Osaka (1981) foram discutidos os efeitos da resistência ao avanço e qual a sua influência na escolha das instalações propulsoras.

É importante conhecer as alternativas que podem ser utilizadas, tanto no que diz respeito às opções de máquinas principais, como mencionado nos trabalhos de Harrington (1992), MER (novembro 1999) e elementos propulsores, MER (novembro 1999), como uso de sistemas azimutais, Asinovsky (1986), e de steering nozzles para aperfeiçoamento do poder de manobra, Powell (1990), quanto a técnicas para o controle de ruídos, MER (abril 1999) formas de emprego de sistemas auxiliares e a possível utilização de sistemas elétricos.

É preciso considerar também uma gama de procedimentos alternativos para selecionar possíveis soluções em problemas de engenharia. Um procedimento bastante indicado segundo Dieter (1983) é o uso da Matriz de Decisão; porém outras técnicas, como

decisão intuitiva, decisão sistemática, decisão intuitiva de um especialista, decisão intuitiva/sistemática, o princípio da satisfação dos objetivos, satisfação percentual de um objetivo, votação de Pareto que aparecem no trabalho de Love S. F. (1986). De acordo com o procedimento da técnica da Matriz de Decisão, Rangel (1991) apresentou em seu trabalho a aplicação desse conceito, para a tomada de decisão, atribuindo pesos e notas à diversas configurações de instalações propulsoras.

Todas essas informações serão de grande valia para orientar a aplicação de um procedimento capaz de selecionar uma instalação propulsora, especialmente, no caso em questão, para navios oceanográficos.

Para uma compreensão dos requisitos específicos de um navio oceanográfico, é importante conhecer as suas particularidades. Rosenblatt (1960) e Daidola (1986) destacaram em seus trabalhos os requisitos básicos de um navio oceanográfico e que para uma embarcação desse tipo os cuidados devem ser redobrados. Também comentam que esse tipo de navio requer um sistema que possibilite uma larga faixa de velocidades, baixo índice de ruídos e vibrações, pois como se trata basicamente de um laboratório flutuante, possui equipamentos especiais e sensíveis, que requerem maiores cuidados.

Outros cuidados e detalhes referentes a navios oceanográficos aparecem nos trabalhos de Hutchison (1987), Strasel (1993), Washio (1994), Orselli (1999) e Oliveira e outros (1999). Este último, além de peculiaridades para este tipo de embarcação, sugere também as dimensões preliminares para o desenvolvimento do novo navio de pesquisa do Instituto Oceanográfico da USP.

1.3 OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo principal do trabalho é propor um procedimento para seleção de instalações propulsoras de navios oceanográficos, para ser utilizado no projeto de concepção da embarcação. No desenvolvimento do estudo será examinada a influência do porte da embarcação, já que existe uma variedade muito grande de perfil de missão para os navios oceanográficos, o que conduz a níveis de deslocamento e de potência muito distintos, sendo que em faixas muito diferentes de potência as alternativas de instalações propulsoras podem ser distintas.

O procedimento a ser definido tem como base o emprego da técnica de votação de Pareto e a matriz de decisão. O trabalho se propõe essencialmente em identificar que tipos de instalações propulsoras são candidatas a solução do problema, definir quais são os fatores que influenciam na escolha, estabelecer os pesos relativos desses fatores e atribuir notas para as diferentes alternativas em cada um destes fatores.

Para minimizar a subjetividade do processo de matriz de decisão, será enviado a um grupo de especialistas, um questionário desenvolvido segundo as técnicas de votação de Pareto.

Neste trabalho o procedimentos acima exposto será aplicado ao projeto de um navio oceanográfico, que está sendo desenvolvido pelo Departamento de Engenharia Naval e Oceânica, atendendo a uma solicitação do Instituto Oceanográfico (I.O) da USP.

1.4 SEQUÊNCIA DO TRABALHO

O capítulo 2 faz uma abordagem dos navios oceanográficos, identificando as principais características desse tipo de navio e as atividades de pesquisa por eles desenvolvidas. São

apresentadas também características específicas definidas preliminarmente para o navio do Instituto Oceanográfico da USP, para o qual será aplicado o procedimento de seleção de instalação propulsora.

No capítulo 3 faz-se uma apresentação das diversas concepções de instalações disponíveis para a propulsão de navios, definindo os fatores que influenciam o seu desempenho e o do navio como um todo.

O capítulo 4 se ocupa com a formulação de um procedimento para a seleção da instalação propulsora de navios oceanográficos que é aplicado no capítulo 5 para o navio de pesquisa do Instituto Oceanográfico da USP.

Finalmente, no capítulo 6 apresentam-se as conclusões do trabalho e recomendações para o aperfeiçoamento do procedimento de seleção.

A função de um navio oceanográfico é levar cientistas e equipamentos para o mar para conduzir programas de investigação. A investigação consiste em estudar o comportamento da superfície do mar, correntes marítimas, temperaturas oceânicas, meteorologia marítima,

- Investigações de recursos pesqueiros.
- Investigações e desenvolvimento militar.
- Investigações oceânicas básicas.

menção a seguir:

Os navios oceanográficos se dedicam a diferentes tipos de atividades como

2.1 DIVISÃO DA PESQUISA OCEANOGRÁFICA.

recolher e processar os mais variados tipos de informações. flutuante, pois transporta para o mar equipamentos, recursos e pessoas com o objetivo de O navio oceanográfico pode ser definido basicamente como sendo um laboratório processo de navegação, operações e pesquisas oceanográficas. no momento de selecionar sua instalação propulsora. Estas informações estão ligadas ao oceanográficos, indicando principalmente alguns pontos importantes a serem considerados Neste capítulo, busca-se reunir algumas informações específicas de navios

NAVIOS OCEANOGRÁFICOS

CAPÍTULO 2

de pesquisa deve permanecer em operação para atender às demandas. A experiência
Por outro lado, 3 semanas parece ser o mínimo período que um navio oceanográfico
em termos científicos.

reduz a eficiência dos pesquisadores e, conseqüentemente, dos retornos obtidos por eles
Experiências mostram que uma estadia no mar de aproximadamente 7 semanas
expedição está ligado diretamente ao limite a que a tripulação pode suportar.

possível de informações científicas (Rosenblatt 1960). Obviamente, este período de
permanecer no mar por um período razoavelmente longo, no qual busca coletar o máximo
Um navio oceanográfico de pesquisa, na maioria das vezes, possui capacidade de
e na potência do navio.

velocidade da embarcação. Essas características vão influir decisivamente no deslocamento
características básicas devem ser definidas, como no caso, a autonomia e a faixa de
Independentemente do tipo de investigação a que se destina a embarcação, algumas

2.2 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE MISSÃO

acompanhar o desenvolvimento e a evolução das tempestades.
ambientais moderadas. No entanto, busca-se formas para desenvolver navios que possam
oceanográfico, porém estes estão limitados a realizar pesquisas somente em condições
Quase todo trabalho científico pode ser realizado a bordo de um navio
oxigênio, nitratos e muito mais) e pesquisas sísmicas.

efeitos ambientais (instrumentos e técnicas), gravidade terrestre e campo magnético,
topografia, atividades biológicas (estudar componentes nucleares, salinidade, fosfatos,

mostram, também, que um navio de pesquisa passa de 25 a 50 por cento do seu tempo da expedição trabalhando raramente acima 3,5 nós.

Existe uma divergência de opinião entre os estudiosos em relação a velocidade desejada de cruzeiro em condições climáticas moderadas. Os requisitos neste aspecto situam-se entre 9 e 13 nós. No entanto, a maioria considera que uma velocidade de 12 nós (Rosenblatt 1960) para estas condições, é adequada para atender as atuais e futuras demandas de pesquisa oceanográfica.

A determinação da máxima velocidade mantida por um navio de pesquisa, em contraste com a velocidade de cruzeiro e máxima velocidade em prova de mar é fortemente influenciada pela tendência de alguns aspectos da moderna oceanografia de efetuar observações em diversos locais de uma vasta área aproximadamente ao mesmo tempo. Enquanto estas observações estão sendo feitas, uma grande autonomia não é necessária, mas uma velocidade relativamente alta é exigida. Este fator pode determinar o nível de potência instalada em um dado navio oceanográfico.

Existem algumas divergências de opinião, por parte dos pesquisadores, no que diz respeito a velocidade máxima utilizada em observações sinóticas. Alguns propõe como sendo uma faixa ideal de 13 a 20 nós, outros já consideram uma faixa mais estreita, de 13 a 14 nós somente.

É importante observar que a determinação da quantidade de combustível necessária para cumprimento da missão do navio, e portanto, do volume dos tanques de combustível, depende do consumo específico para a condição de velocidade de cruzeiro e para a condição de operação de pesquisa.

No caso de navios oceanográficos os requisitos fundamentais, além das velocidades e potências são também manobrabilidade, estabilidade direcional, pouco movimento de “heave”, confiabilidade, autonomia, alto controle de ruído, amplo espaço, facilidade para as pesquisas, alto grau de habitabilidade e versatilidade.

2.3 REQUISITOS DE POTÊNCIA

Para navios mercantes a potência instalada é determinada, em geral, a partir dos requisitos fixados pela operação em velocidade de serviço. Para navios oceanográficos devem ser consideradas também as solicitações de potência para outras condições do perfil de missão da embarcação. Elas serão de grande importância na escolha do tipo de instalação propulsora que precisa atender de forma eficiente a demanda de potência em diferentes velocidades.

2.4 RUÍDOS E VIBRAÇÕES

2.4.1 CONSIDERAÇÕES BÁSICAS

O problema de vibração e ruído tem recebido atenção crescente no projeto de navios, de modo a evitar os efeitos prejudiciais causados sobre o conforto da tripulação (e passageiros) bem como sobre a vida útil da estrutura e de outros componentes. Independentemente do tipo de embarcação, é sempre importante tentar evitar que ocorram vibrações e ruídos. Porém, em navios oceanográficos estes cuidados devem ser muito maiores.

O estabelecimento de critérios (ou especificações) para o nível aceitável de

vibrações e ruídos deve considerar o tipo de navio, a região que este irá operar e a duração da operação.

Especificamente , ao se analisar o problema de ruído, é necessário levar em conta

três elementos básicos do processo: fonte, meio de propagação e receptor. Quando se está preocupado em reduzir a emissão de ruídos junto a um receptor, que está programado para captar um determinado tipo de sinal, pode-se atuar sobre qualquer um dos três elementos.

O ruído tem origem em uma fonte, percorre um certo caminho e chega aos receptores. A figura 2.1 ilustra um exemplo do mecanismo de ruído

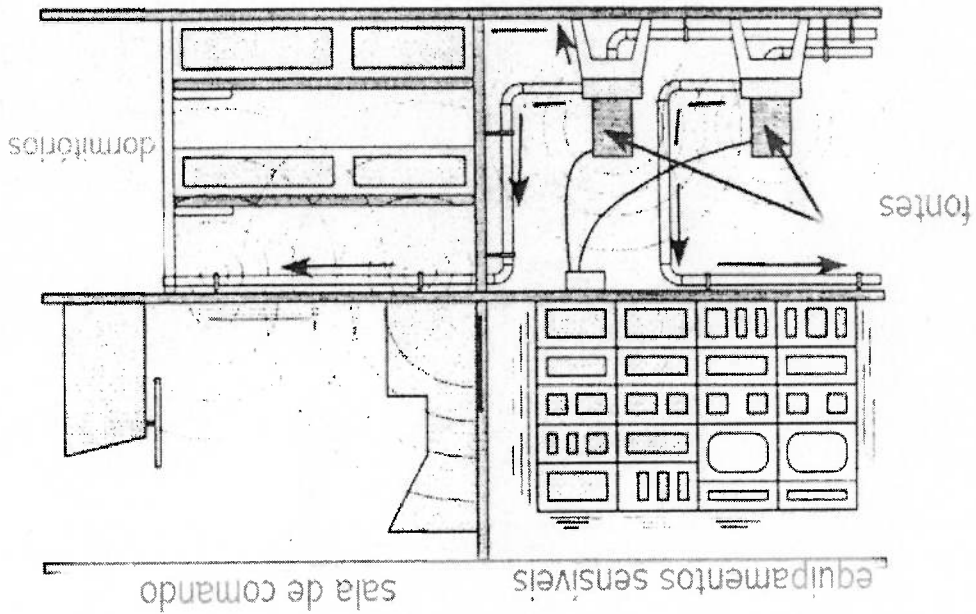


Figura 2.1 - Propagação dos ruídos

Os ruídos e vibrações em navios oceanográficos afetam diretamente os equipamentos científicos e a habitabilidade a bordo. Uma parte significativa do trabalho realizado em navios oceanográficos exige cuidados acústicos. Em geral busca-se a menor emissão de ruído. Isto pode ser resolvido minimizando o próprio ruído do navio, que

2.4.2 APLICAÇÕES À NAVIOS OCEANOGRÁFICOS

- *Estabelecer os requisitos dos níveis de ruído*
- *Identificar as fontes*
- *Determinar os níveis de ruído das fontes*
- *Identificar os meios de propagação e a estimativa de atenuação*
- *Calcular os níveis de ruído recebidos*
- *Comparar com os requisitos*

Nesta figura, o sistema moto-bomba, montado sobre uma fundação é a fonte de ruídos, estes ruídos irão se propagar principalmente através da estrutura e do ar. Os receptores são normalmente, equipamentos de controle do navio ou aparelhos eletrônicos de pesquisa, a identificação desses receptores permite determinar os meios por onde se propagarão os ruídos e as vibrações. Os procedimentos a serem tomados para se controlar a transmissão de ruído aos receptores podem ser frequentemente aplicados para alguns ou todos elementos básicos de um problema. Porém a solução mais efetiva, é geralmente a redução do nível de ruído das fontes. O esquema básico deste procedimento inclui os seguintes passos:

envolve cuidados com ruídos e vibrações não só gerados pela instalação propulsora mas também através das bombas, motores elétricos e turbulências no hélice e no casco.

Os instrumentos científicos utilizados durante estas operações irão determinar o nível de ruído que são aceitáveis. Por exemplo, os hidrofones impõem limitações específicas de frequência em sua operação.

Mais especificamente os ruídos emitidos pelo navio que afetam a operação do sonar são motor principal, hélice, movimento da água ao longo do casco e cavitações na região do hélice, vibração da estrutura e efeitos da ação das ondas.

Para decidir sobre o tratamento que se deve dar ao problema do ruído é necessário conhecer as características dos equipamentos acústicos a bordo do navio e as condições onde serão utilizados.

Relaciona-se abaixo algumas precauções para se reduzir alguns ruídos mais graves:

1. Cavitação do hélice - a geração de ruídos por cavitação no hélice é uma das principais fontes. No que diz respeito a seleção das principais características do hélice, sabe-se que as baixas rotações e os grandes diâmetros são preferíveis, para que haja diminuição do efeito da cavitação.

2. Tipo de thruster - estes propulsores são utilizados para auxiliar as manobras. Porém, cuidados com as cavitações, vibrações e turbulências no seu duto devem ser tomados.

3. Bolhas de ar na superfície da água ao redor da proa - é bem conhecido que o desempenho de vários tipos de equipamentos hidrostáticos instalados no fundo do navio oceanográfico de pesquisa são prejudicados por este fenômeno. Estas bolhas que se formam na proa prejudicam e muitas vezes "mascaram" os resultados recolhidos pelos equipamentos.

Pode-se amenizar este problema melhorando a forma do casco. Dois tipos de forma de casco foram estudados. Um é o casco em "V" com proa convencional e o outro com perfil "U" e proa com bulbo.

4. Base dupla para instalação do motor principal e do conjunto Diesel-gerador é um cuidado indispensável para reduzir a vibrações no casco. A instalação deste sistema deve ser analisada desde as etapas iniciais de projeto.

Além dos cuidados comentados anteriormente, pode-se ressaltar também, que:

- há necessidade de arranjos adequados no navio, para que se possa implantar isolamentos acústicos;
- reforçar a praça de máquinas para evitar propagação de vibrações para o resto da estrutura;
- fornecer rigidez suficiente nos locais de instalação de equipamentos que possam gerar vibrações.

2.5 MANOBRABILIDADE E CONTROLE

Verifica-se que a maioria dos navios oceanográficos possui uma boa capacidade de controle e manobrabilidade. Essas características favorecem algumas atividades de pesquisa, que necessitam ter uma velocidade controlada, estabilidade direcional e satisfatória capacidade de manobra.

Evidentemente, a definição do tipo ou do arranjo da instalação propulsora tem influência direta sobre a manobrabilidade e o controle de velocidade.

Embarcações que possuem como fator de grande importância a manobrabilidade e o controle da velocidade tem como boas opções o uso de bow thrusters, hélices azimutais ou hélices de passo variável.

2.6 EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Conforme mencionado no capítulo anterior o procedimento de seleção de instalação propulsora será aplicado ao novo navio de pesquisa do Instituto Oceanográfico da USP. Para tanto é necessário conhecer os requisitos do armador, como apresentados abaixo.

REQUISITOS

Para esta aplicação, os requisitos são:

- Velocidade de Cruzeiro 12 Nós;
- Velocidade de Pesquisa 2 Nós;
- Pesquisadores 16 pessoas
- Tripulantes 16 pessoas (6 oficiais);
- Autonomia 20 dias;
- Bow thruster para manobras;
- Sistema de posicionamento dinâmico;
- Operação em mares de estado até 4;
- Sistema de ancoragem na proa e na popa.

Considerando os resultados de um primeiro estudo de concepção do navio oceanográfico, foram adotadas as seguintes características básicas da embarcação:

DIMENSÕES PRINCIPAIS

Lpp	Comprimento entre perpendiculares	48,5 m
Loa	Comprimento da linha d'água	50,0 m
B	Boca	10,0 m
d	Calado	03,4 m
D	Pontal	05,0 m
Δ	Deslocamento	800 ton.
Cb	Coefficiente de bloco	0,496
Cp	Coefficiente prismático	0,625
Cm	Coefficiente de seção mestra	0,794

2.6.1 CALCULO DE POTÊNCIA REQUERIDA

Para o calculo de potência requerida, utilizou-se o trabalho desenvolvido por *Oliveira e outros* (1999), Neste estudo a potência efetiva (E.H.P) ($P_{ot.efeiva}$) para o navio oceanográfico foi calculada por diferentes formulações, Holtrop, Ortmerssen, Digernes e FAO.

Para a velocidade máxima, 12 nós, verificou-se diferentes resultados entre os valores obtidos com os diferentes métodos. Os autores consideraram, em vista das discrepâncias encontradas, melhor utilizar uma média dos resultados fornecidos pelos métodos Holtrop e Ortmerssen.

Para o cálculo da potência da máquina (B.H.P) é necessário que se escolha o propulsor e determine a sua eficiência. Para tanto, o procedimento habitual é fixar o maior diâmetro possível e determinar a rotação do hélice.

Verificou-se que a rotação obtida para o hélice ótimo está em torno de 200 rpm. Como os motores disponíveis, na faixa de potência necessária (700 a 900 hp), tem rotação de serviço de 1800 rpm, fica inviável em termos econômicos a utilização deste hélice. O acoplamento do motor a esse hélice exige um redutor com razão de redução da ordem de 9:1 o que recairia no uso de dupla redução, de custo muito elevado.

Desta forma, os autores do trabalho decidiram fixar a maior razão de redução viável 6:1, em um estágio simples o que determinou a rotação do hélice 300 rpm. A partir deste dado determinou-se o diâmetro requerido para a maior eficiência do hélice resultando em $D = 2,00$ m.

Obteve-se também a eficiência do hélice em água aberta, $\eta_{po} = 0,588$, que, juntamente com os valores da eficiência de transmissão, $e_t = 0,97$, e de eficiência relativa rotativa, $err = 1,0$ e a eficiência do casco, $e_h = 1,065$, permite calcular a potência da máquina (Pot_{maq}).

$$Pot_{maq} = Pot_{efetiva} / \eta_{po} \cdot err \cdot e_t \cdot e_h$$

$$Pot_{maq} = 570 \text{ BHP} = 760 \text{ BHP}$$

Portanto, a potência requerida da máquina principal é 760 hp.

2.6.2 ATIVIDADES DE PESQUISA

Abaixo tem-se a descrição das atividades científicas mais comuns realizadas pelo

Instituto Oceanográfico.

São estudados além da biologia marítima, a geologia marítima, a química marítima e a oceanografia física. Os dois processos mais usuais para se realizar a instalação de alguns equipamentos de pesquisa é o *fundείο* e o *guinchamento*.

Medições realizadas a partir dos guinchos baseiam-se na submersão de equipamentos e transmissão dos dados através de cabos para um módulo de processamento instalado na embarcação, porém não impede que os aparelhos submersos através de guinchos façam a leitura e a memorização dos dados sem que haja a necessidade da unidade instalada na embarcação.

Os equipamento instalados através do fundείο ficam presos ao fundo através de uma *poita* (peso) e mantidos na posição vertical através de bóias (fundείο em I).

Esses equipamentos fundeados ficam no mar coletando dados durante semanas, meses e até mesmo anos. Depois são resgatados e levados ao laboratório para que se façam as leituras dos dados coletados.

Os equipamentos fundeados que possuem uma bóia na superfície são resgatados a partir dos guinchos da embarcação, trazendo a tona não só os equipamentos como também a poita. No entanto, os equipamentos que ficam totalmente submersos, sem a presença da bóia de superfície são liberados por um dispositivo acústico que desconecta da poita os equipamentos de pesquisa e as bóias submersas possibilitando que esses retornem a superfície. Este tipo de fundείο é o mais utilizado em águas profundas.

Os equipamentos que costumam ser fundeados são os correntógrafos, termosalinógrafos, mareógrafos e ondógrafos. Os correntógrafos medem as correntes marítimas a partir das informações de direção (uso de bússola) e equipamentos acústicos que medem o fluxo de água que passa pelo aparelho.

O termosalinógrafo mede a temperatura e a salinidade de um determinado ponto no mar através da utilização de termômetros que podem manter registradas suas medições e medidas químicas ou de condutividade elétrica para a identificação da salinidade.

Os maregrafos medem as marés através da comparação das variações de pressão em um determinado ponto, onde se realiza medições. Esses equipamentos podem ser instalados através de fundeio ou através de mergulhadores, que acoplam esses equipamentos em bases apropriadas e fixadas no fundo do mar. Logicamente, para o tipo de instalação onde os mergulhadores conectam o equipamento na base submersa, esta não pode estar situada em águas muito profundas.

O ondógrafo é similar ao correntógrafo. Este realiza as medições através de ondas acústicas geradas e captadas através de antenas no próprio aparelho, no entanto a diferença básica entre o ondógrafo e o correntógrafo é que o ondógrafo realiza leituras da variação de fluxo em três eixos (x, y e z), já no correntógrafo só existem as medições em duas direções (x, y).

Outras atividades científicas que se realizam a partir do navio são as leituras feitas pelos sensores acoplados ao casco, os chamados ADCP (Acoustic Doppler Current Profile). Estes sensores medem correntes marítimas até 200 m de profundidade. Também tem-se o eco-sonda, que mede a profundidade do local e o eco-integrador, que identifica amostras de vidas marinhas e análises de reservas de peixes.

Também se tem, partindo do navio, o lançamento e arraste de redes (redes de Bongô) e equipamentos para a retirada de amostras de solo e animais que vivem enterrados no fundo do mar.

O emprego de todos esses equipamentos serve, de modo geral, para se obter informações mais precisas a respeito das condições de mar, fenômenos climáticos, e recursos pesqueiros e ecológicos.

Cuidados com a operação - Por mais que a instalação propulsora e o navio tenham tido os devidos cuidados de projeto, para que fosse reduzida ao mínimo a emissão de ruídos e vibrações, sempre acabam ocorrendo essas emissões. Prevendo isso, os fabricantes dos novos equipamentos de pesquisa oceanográfica possuem os devidos cuidados para que estes ruídos e vibrações não afetem os resultados obtidos por seu produtos. Esses equipamentos possuem muitas vezes bases flexíveis, caixas de transporte que se tornam bancadas de trabalho apropriadas para o acoplamento dos equipamentos eletrônicos e vidrarias, proteções contra impactos, umidade e respingos. Além do mais, alguns desses equipamentos permitem que sejam feitas amarras de fixação no próprio navio.

Segundo os pesquisadores do Instituto Oceanográfico os ruídos e vibrações que não afetarem a habitabilidade da embarcação dificilmente afetarão os equipamentos de pesquisa, pois esses equipamentos já são projetados para sofrerem locomoções periódicas de um local para o outro e também para estarem trabalhando em ambientes mais agressivos de pressão e temperatura.

Conclui-se, portanto, que os cuidados com a manobrabilidade, controle de velocidades e equilíbrio da embarcação são muito mais significativos para o bom desempenho das pesquisas do que com os ruídos e as vibrações.

INSTALAÇÕES PROPULSORAS PARA NAVIOS OCEANOGRÁFICOS

CAPÍTULO 3

O objetivo deste capítulo é a definição das concepções mais favoráveis de instalação propulsora para navios oceanográficos, deixando para um capítulo posterior a seleção da melhor alternativa. Inicialmente, serão apresentados os diferentes tipos de instalações utilizados na propulsão de navios. Em seguida, será feita uma identificação dos fatores que afetam a escolha de uma instalação propulsora. Apresenta-se depois, um levantamento dos tipos de instalações dos navios oceanográficos existentes. Finalmente, considerando a importância que alguns fatores tem sobre o desempenho de um navio oceanográfico, são definidas as instalações propulsoras mais indicadas para este tipo de navio, eliminando assim algumas alternativas.

3.1 TIPOS DE INSTALAÇÕES PROPULSORAS

Existem diferentes tipos de opções para a instalação propulsora de um navio. Para se entender essa afirmação deve-se considerar que uma instalação propulsora é constituída pela associação de uma máquina principal, um sistema de transmissão e um elemento propulsor, conforme ilustrado na figura 3.1.

A análise dessa figura mostra que existe um número muito grande de alternativas. Por exemplo, a instalação mais simples seria uma instalação Diesel direta, em que a máquina principal é um motor Diesel de baixa rotação, o sistema de transmissão é constituído apenas pelo eixo e o elemento propulsor é um hélice de passo fixo. O grau de

complexibilidade pode ser gradualmente aumentado, chegando-se no extremo a uma instalação propulsora combinada onde a transmissão pode ser feita através de reduções mecânicas com reversores elétricos e hélices de passo variável.

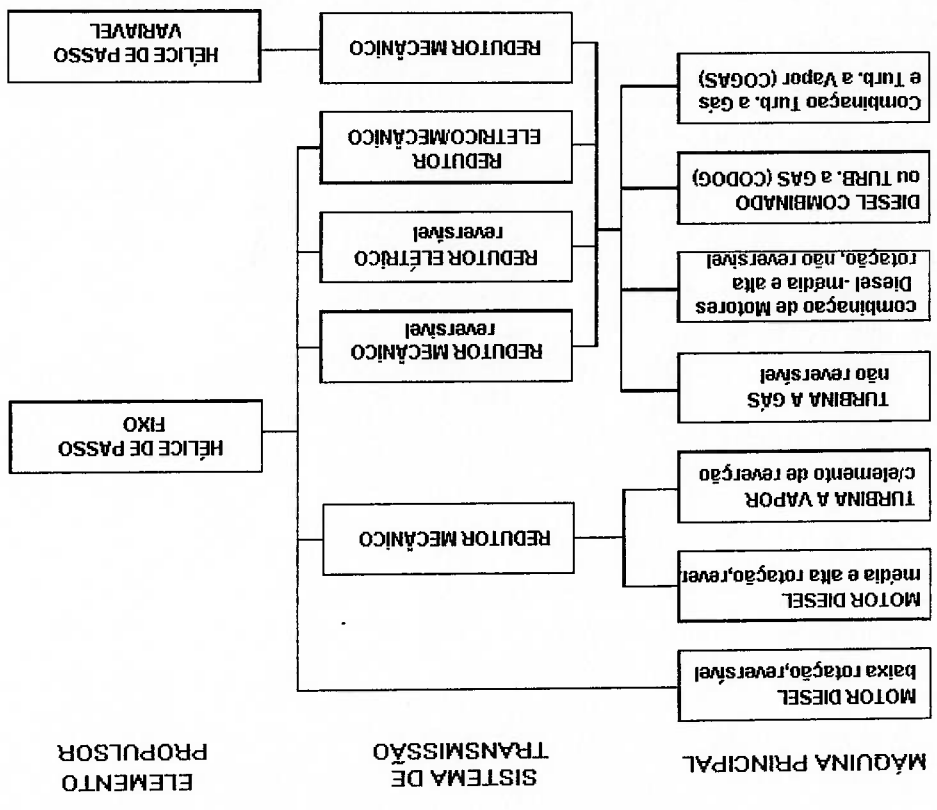


Figura 3.1-Tipos de instalações propulsoras

Essas alternativas devem ser analisadas cuidadosamente para que a combinação selecionada ofereça o melhor desempenho para uma dada missão. É preciso considerar que essas eram as alternativas disponíveis e aplicadas em uma determinada época. Algumas novas alternativas podem ter surgido com perspectiva de serem implantadas, ao mesmo tempo que outras deixam de ser utilizadas.

Ao longo do último século, alguns tipos de instalações exerceram uma supremacia na propulsão de navios. Até a década de 60, instalações a vapor, no início com o emprego de máquinas alternativas, depois com a turbina, constituíram o principal tipo de propulsão. Depois veio a predominância das instalações diesel, especialmente com motores de baixa rotação, principalmente devido a sua alta eficiência térmica e uso de combustível barato.

Para a solução do problema em questão, instalações para navios oceanográficos, e conveniente examinar que fatores têm influência sobre a escolha de uma instalação propulsora, qual o peso que cada fator pode ter no particular caso de navio oceanográfico. De outro lado, é interessante examinar que tipo de instalação tem sido usada em embarcações de pesquisa ao longo dos anos.

Em relação aos elementos propulsores os seguintes comentários devem ser acrescentados:

Hélices de passo fixo. Este grupo é de grande aplicação em quase todos os tipos e portes de embarcação, dividido essencialmente a sua simplicidade construtiva e operacional. Sua principal característica é possuir um passo fixo, determinado em projeto, proporcionando o melhor rendimento para uma dada potência e rotação do eixo.

No entanto, as variações de velocidades, comuns no trabalho com motores de combustão interna fazem com que este tipo de propulsor muitas vezes trabalhe fora do ponto ideal de projeto. Obviamente, este tipo de propulsor é adequado para embarcações que trabalhem com velocidade de serviço constante. Isso não acontece, por exemplo, para os navios oceanográficos, que necessitam de uma faixa de velocidade muito ampla, para realizar as diversas atividades da pesquisa.

Hélice de passo variável – Este tipo de propulsor, um pouco mais complexo no que diz respeito a sua forma construtiva, permite a variação do passo das pás, possibilita a

O propulsor a jato é basicamente uma bomba d'água acionada por um motor, que suciona água e ejeta esta água em alta velocidade. A ação de expelir a água em direção a ré causa uma reação sobre o casco, fazendo-o se movimentar na direção contrária. Esta reação, chamada de empuxo, é basicamente o mesmo tipo de reação que ocorre em um

potência do motor em empuxo para a embarcação.

Propulsores a jato- A propulsão a jato é uma das formas mais antigas de se transformar a componentes sem a necessidade de docagem.

Este tipo de propulsor possui fácil operação e permite reparos no hélice e seus

maior liberdade no projeto, além de emitir menos ruídos e vibrações.

Os hélices azimutais podem ser instalados em qualquer local do navio, permitindo

ao avanço.

As vantagens são melhor manobrabilidade, excelente controle de velocidade quando equipado com hélice de passo controlável, não necessita de leme e possui menor resistência

ganhado mercado, por oferecer algumas vantagens comparado aos demais propulsores

demonstrada por alguns armadores, quanto a incorporação de equipamentos inovadores tem

Hélice Azimutal- Este é um tipo de propulsor que, apesar da desconfiança comum

que necessitam de controle de sua velocidade.

com hélice de passo fixo, tem se mostrado mais eficiente e mais utilizado nas embarcações

Apesar de possuir um custo inicial, e um custo de manutenção maior, comparado

velocidades, este é o tipo de propulsor mais indicado.

motor. Para embarcações que necessitem de um melhor controle, na sua faixa de variação da velocidade do navio, sem que seja necessária a variação da rotação do eixo do

avião com propulsor a jato, exceto que no lugar do ar é utilizado a água como fluido de

trabalho.

O controle da direção do jato de água permite orientar o empuxo para imprimir o movimento da embarcação na direção desejada. Então, o governo da embarcação se dá através do direcionamento do jato de água ao invés do uso de leme. Para operar em reversão, a água que sai no bocal do propulsor a jato é descartada para vante, permitindo uma reação que empurra o casco em direção a ré.

Uma vantagem da propulsão a jato é a ausência de acessórios abaixo da linha d'água, já que não há necessidade do uso de hélices, pés de galincha, escoras e leme.

3.2 CRITÉRIOS DE ESCOLHA

Diversos fatores influenciam na escolha do tipo de instalação propulsora que pode ser utilizado em um navio; no entanto, é importante listar os mais significativos para a embarcação estudada e analisar quais irão pesar mais na hora da tomada de decisão. Para cada tipo de embarcação, a influência desses fatores é maior ou menor dependendo das particularidades da missão e dos requisitos do armador. Algumas vezes a seleção do tipo de instalação propulsora é influenciada por fatores pessoais intangíveis como a experiência ou preferência pessoal dos proprietários ou operadores do navio.

Nesta seção será analisado cada um dos fatores e em seguida, destacadas aqueles que possuem maior importância para os navios de pesquisa oceanográfica. Uma lista de fatores é apresentada a seguir:

Custos- Este fator é muito importante e possui uma influência significativa. Apesar de ser um fator que muitas vezes inviabiliza o uso de uma determinada instalação propulsora logo na primeira análise, pode algumas vezes ser visto em segundo plano, dependendo de outros fatores prioritários. Por exemplo, as vezes o sistema mais caro é o único que satisfaz às necessidades da embarcação ou da missão.

Logicamente, ao se comparar instalações propulsoras que possuem custos diferentes, só poderão participar de uma análise, aquelas que atenderem as necessidades da embarcação e da missão.

Peso/Dimensões- Tanto o peso como as dimensões da instalação propulsora são fatores de suma importância na escolha de um sistema, pois sua incompatibilidade com a embarcação pode torna-lo inviável logo em sua primeira análise.

O peso da instalação implica em um aumento do deslocamento, para um *deadweight* de carga fixa, ou em uma redução do *deadweight* para um deslocamento fixo. Assim, ou penaliza o custo inicial ou penaliza a receita.

Entende-se que, o *peso* não pode ser superior à capacidade suportada pela estrutura do navio. *Peso* excessivo, além de afetar estruturalmente a embarcação, irá gerar também problemas de equilíbrio.

Já o *Volume* da instalação propulsora deve ser tal, que possibilite o alojamento do sistema e seus acessórios na praça de máquinas.

Percebe-se, então, que esses fatores podem inviabilizar o uso de uma determinada instalação propulsora, se na fase de projeto as dimensões principais não tenham sido definidas para acomodar essas características do sistema (Peso e Dimensão).

Ruído e Vibração - Os ruídos, de modo geral, são considerados um problema pois afetam

a habitabilidade do navio; sua influência pode ou não ser significativa, dependendo do tipo de missão do navio ou dos equipamentos que nele operam.

Existem maneiras de se controlar a emissão e propagação desses ruídos, porém isso acarreta custos adicionais. É preferível, muitas vezes, optar por sistemas menos ruidosos do que gastar com o controle e isolamento dos ruídos. Evidentemente, não basta que o sistema seja silencioso se ele não atender outras demandas essenciais.

Pode-se aceitar níveis de ruído mais elevados em navios cargueiros, petroleiros, etc; porém, para navios de passageiros, oceanográficos etc, os níveis devem obedecer limites pré-determinados.

Consumo - Um fator de grande importância na comparação de instalações propulsoras é o consumo específico de combustível, isto é a quantidade de combustível requerida para produzir uma unidade de potência por unidade de tempo.

A unidade propulsora é, essencialmente, uma instalação que converte a energia disponível no combustível em trabalho mecânico para acionar o navio. De uma forma geral, a eficiência térmica varia de um para outro tipo de instalação, resultando em valores diferentes do consumo específico. Observar que quanto maior a eficiência térmica menor é o consumo específico de combustível.

Os gastos com óleo combustível representam uma parcela considerável do custo operacional do navio. Em virtude da grande influência dos gastos de combustível sobre o desempenho econômico da instalação propulsora há um grande atrativo por instalações de baixo consumo específico.

Em alguns navios a velocidade de serviço se mantém, de certa forma, "constante". Em Este fator pode ter maior ou menor importância dependendo do tipo de embarcação. de velocidade.

valores distintos de velocidade pode ser entendida, de uma forma simples, como controle navio opere adequadamente numa larga faixa de velocidade ou, pelo menos, em alguns Controle de velocidades- A capacidade da instalação propulsora de permitir que o

realizar uma missão do que o lucro anual obtido com a redução no custo de combustível. econômico muito maior se, devido a alguma avaria na praça de máquinas, o navio deixar de isto provoca uma diminuição na confiabilidade da maquinaria. Haverá um prejuízo uma atitude economicamente incorreta tentar uma redução no consumo de combustível se custosos e irritantes de uma interrupção no serviço do navio. Dessa maneira, por exemplo, é surpreendentemente insignificantes quando mais tarde comparados com os resultados características podem parecer importantes nos primeiros estágios de projeto, mas tornam-se 1978). Uma avaria na instalação propulsora significa perda de serviço do navio. As outras maquinaria mais adequada, a confiabilidade em serviço é o de maior importância (Brinati, Confiabilidade- De todos os fatores que devem ser considerados na escolha do tipo da

combustível. de consumo específico maior deverá ser a capacidade dos tanques para armazenar o de combustível tem efeito sobre a capacidade de carga do navio uma vez que quanto maior Além de afetar o custo operacional da instalação propulsora, o consumo específico

outros navios, que dependem da variação da velocidade, como os oceanográficos, o controle de velocidades pode tornar-se decisivo, na escolha de instalação propulsora.

A variação da velocidade pode ser obtida mesmo com rotação constante do motor principal. É necessário, para isso, a aplicação de sistemas que permitam reduções, como por exemplo câmbios mecânicos, ou elementos propulsores que permitam a variação do empuxo, como por exemplo os hélices de passo variável. Logicamente, a instalação propulsora precisa proporcionar meios para atender essa exigência.

Sistemas eletrônicos também podem ser utilizados, como por exemplo os inversores de frequência, no caso da utilização de motores elétricos como máquina principal.

Manutenção - No processo de seleção da instalação propulsora devem ser considerados tanto a manutenção preventiva como a corretiva. A manutenção preventiva tem um impacto direto sobre o número de tripulantes e custos operacionais. Se o equipamento instalado requer manutenção preventiva com pequenos intervalos deve-se prover elementos na tripulação para executar essas tarefas. Este é um fator importante pois o custo associado com um tripulante ao longo da vida do navio atinge um valor altíssimo, principalmente no caso de elementos qualificados.

Manutenção corretiva também deve ser considerada à luz dos requisitos de tripulação (tanto no que diz respeito ao número de elementos quanto à qualificação técnica) materiais e ferramentas. Além do mais, os vários modos de avaria dos equipamentos devem ser estudados, de modo a identificar aqueles modos que mais adversamente afetarão o desempenho da instalação.

Em geral, os combustíveis derivados de petróleo com maior viscosidade são mais baratos. Estes óleos, por outro lado, possuem maior concentração de impurezas e componentes prejudiciais. O óleo combustível deve ser selecionado com base no custo global mais baixo levando em consideração os seguintes fatores: custo de combustível, custo de tratamento do óleo e custo de manutenção de equipamentos.

Adaptar as suas máquinas para operarem com combustíveis mais baratos. Paralelamente aos esforços para reduzir o consumo específico, os fabricantes tem procurado consumir especifico mas também do tipo de combustível utilizado. Isto explica porque, assim, os gastos com combustível de uma instalação dependem não só do requerido pela instalação propulsora. O preço do combustível depende diretamente de sua *Tipo de combustível -* Uma outra característica importante é o tipo de combustível

A facilidade com que as peças danificadas possam ser obtidas influi sobre o tipo de instalação que deve ser utilizada. Partes da maquinaria que requerem para seu reparo materiais ou processamento altamente especializados ou que, por qualquer razão, são encontrados em poucas fontes devem ser usados somente onde probabilidade de avaria é desprezível ou onde as consequências não são importantes. O custo de manutenção e reparo depende de muitos fatores tais como facilidades, custos, política de manutenção e reparo, solicitação média da instalação, escolha de combustível e lubrificante e da qualificação da tripulação de máquinas. Se um programa cuidadoso de manutenção for seguido, muitos reparos dispendiosos podem ser evitados.

Os fatores acima descritos possuem maior ou menor importância dependendo do tipo de embarcação e do tipo de missão. Considerando o caso de navios oceanográficos, deve-se priorizar os fatores que tenham implicação direta com o atendimento dos requisitos do

3.2.1 FATORES MAIS IMPORTANTES EM NAVIOS OCEANOGRÁFICOS.

Flexibilidade energética - Este fator indica a capacidade de reaproveitamento da energia ou o seu manejo para outros sistemas instalados no navio. Ter a possibilidade de manipular as sobras energéticas de maneira que estas possam ser utilizadas em outros equipamentos é de suma importância. Este procedimento resulta em economia considerável no que diz respeito ao uso racional da energia dentro da embarcação.

reduzir os gastos com o combustível.

requerido torna-se inútil a instalação de uma máquina cara e complexa com o objetivo de tripulação de máquinas não for capaz de manter o consumo de combustível no mínimo as possibilidades da maquinaria sejam totalmente aproveitadas. Por exemplo, se a dependem apenas do tipo e construção da unidade propulsora. É necessário certificar-se que tripulação que não esteja qualificada para operá-la. Os custos de funcionamento não do pessoal disponível. Não é possível confiar mesmo na melhor maquinaria com uma habilidades exigidos da tripulação e compará-los aos conhecimentos técnicos e habilidades E de grande importância verificar também, quais são os conhecimentos técnicos e deve ser levado em conta na seleção de instalação propulsora.

Tripulação - O número de pessoas necessárias para operar a maquinaria é um fator que deve ser considerado; se o tipo de instalação influir sobre o número de tripulantes este fato

armador e com a operação dos equipamentos e processos de pesquisa. Assim, pode-se dizer que para navios oceanográficos existem fatores que podem ser decisivos na escolha da instalação propulsora.

Os fatores que devem ser analisados para definir a escolha da instalação propulsora de um navio oceanográfico são, os custos do sistema, o peso e as dimensões, os níveis de ruído/vibração, o consumo específico de combustível, a capacidade de controle de velocidades, a flexibilidade energética e os requisitos de manutenção.

3.3 INSTALAÇÕES PROPULSORAS EMPREGADAS EM NAVIOS OCEANOGRÁFICOS

Ao longo dos anos diferentes tipos de instalações propulsoras foram utilizadas em navios oceanográficos. Foram analisados os dados disponíveis na bibliografia, referente a dois períodos: 1926 até 1961 *Rosenblatt* (1960) e de 1970 até 1986 *Daidola* (1986).

Verificou-se no primeiro período a utilização de diversos tipos de instalação propulsora, porém, com predominância do emprego de motores diesel. Dos 76 navios tabelados 57 tem propulsão diesel, sendo que 46 são monohélice com um motor diesel e 11 tem duas linhas de eixo, cada uma com um motor diesel. Em segundo lugar aparece a propulsão diesel-elétrica com um total de 9 navios, 4 com uma linha de eixo e um motor elétrico e 5 com 2 linhas de eixo e um motor elétrico por linha. Em último lugar aparece as instalações a vapor com um total de 10 navios, sendo 8 com propulsão a máquina alternativa e 2 a turbina.

O problema da escolha de um sistema adequado de propulsão para qualquer tipo de navio é fundamentalmente de natureza econômica e operacional, e no seu equacionamento,

3.4 SELEÇÃO PRELIMINAR

instalações diesel-elétricas, com adoção de novas concepções de motores elétricos. necessitam de controle de velocidade e flexibilidade energética, tem crescido o emprego de período mais recente. Sabe-se, porém, que para outros tipos de embarcações, que dispõe de dados sobre emprego deste tipo de instalação em navios oceanográficos em o segundo período, é interessante ressaltar que esta tendência pode se inverter. Não se Embora tenha ocorrido uma redução do uso de instalações elétricas do primeiro para onde o fator peso não é uma restrição séria; aumenta o uso de hélices de passo controlável. utilizadas instalações a vapor, o que é natural pois isto já ocorre em outros tipos de navios Como mudanças principais entre os dois períodos percebe-se que: deixaram de ser uma linha de eixo e um motor elétrico. Por final, apenas 1 navio apresentou turbina a gás. propulsão diesel-elétrica com um total de 6 navios, sendo esses 6 navios constituídos de tem duas linhas de eixo, cada uma com um motor diesel. Em segundo lugar aparece a tabelados 92 tem propulsão diesel, sendo que 63 são monohélice com um motor diesel e 29 diesel, porém, com maior utilização de hélices de passo controlável. Dos 99 navios Na análise do segundo período, percebe-se ainda uma predominância dos motores hélices de passo controlável aparecem apenas na propulsão de 4 navios. Observou-se que na grande maioria dos casos eram utilizados hélices de passo fixo,

devem ser levados em consideração os fatores de maior importância, a fim de que seja alcançada a solução mais favorável.

O tipo de instalação deve ser selecionada levando-se em consideração os diversos fatores técnicos e econômicos envolvidos.

O primeiro passo para uma boa escolha de instalação propulsora é eliminar os sistemas que sejam inviáveis, por apresentar características inaceitáveis, como por exemplo :

- Dimensões superiores às disponíveis;
- Peso não compatível com a estrutura;
- Custo muito superior ao orçamento disponível.

Conhecendo as possíveis alternativas de instalações propulsoras e os critérios de escolha pode-se tirar algumas conclusões de quais sistemas possuem viabilidade de aplicações e quais já podem ser descartados inicialmente. Um exemplo disso é a utilização de turbinas a vapor. Estes sistemas de modo geral são pesados, ocupam um volume significativo, e exigem grandes tanques de combustíveis. Para um navio oceanográfico de pequeno ou médio porte torna-se totalmente inviável. Outro exemplo de sistemas considerados inviáveis para navios oceanográficos são aqueles que se utilizam de motores diesel de baixa rotação. Esses motores também são normalmente grandes e pesados para embarcações desse porte.

Logicamente, para um específico projeto podem surgir restrições que inviabilizam determinadas alternativas.

Primeiramente, pode-se dividir os sistemas em três categorias básicas para uma análise preliminar:

A questão de segurança e confiabilidade do sistema propulsor é extremamente importante porque os navios frequentemente operam em áreas remotas. É essencialmente por esses aspectos que se emprega sistemas de propulsão com duas linhas de eixo. Porém, de energia auxiliar, ao sistema de propulsão que faz uso de um motor elétrico.

Por fim, a terceira alternativa corresponde a uma integração do sistema de geração variantes existe um sistema independente de geração de eletricidade do navio.

freqüência (variador de velocidade), ou então, o hélice de passo controlável. Em ambos os propulsor de passo fixo, com variação de velocidade proporcionada por inversores de base a geração de energia elétrica Ac/Dc para alimentar um motor elétrico acoplado a e inclui um sistema independente de geração de energia. A segunda configuração tem por rotação acoplados ao hélice de passo fixo ou controlável, por meio de um redutor mecânico A primeira categoria se baseia no emprego de motores diesel de média ou alta

ser consideradas.

A partir desta linha de raciocínio, algumas instalações propulsoras podem

principal.

- Sistemas de integração do sistema de geração de energia auxiliar com o sistema auxiliares.

elemento propulsor) e geradores independentes para a utilização dos sistemas

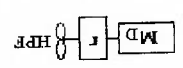
- Sistemas com geração de energia elétrica para a propulsão (motor elétrico acoplado ao

geração independente de energia elétrica.

- Sistemas com redução mecânica entre a máquina principal e o elemento propulsor e

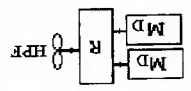
para alguns oceanográficos a dupla linha de eixos não favorecem muito, porque envolvem o uso de um maior número de engrenagens e, conseqüentemente, maior nível de ruído.

Sistema A



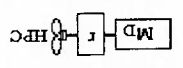
Motor diesel com redução e hélice de passo fixo.

Sistema B



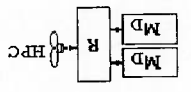
Dois motores diesel com redução e uma linha de eixo com hélice de passo fixo

Sistema C



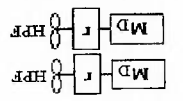
Um motor diesel com redução e hélice de passo controlável.

Sistema D



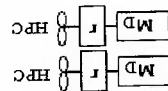
Dois motores diesel, com redução e hélice de passo controlável.

Sistema E



Duas linhas de eixo, cada uma com 1 motor diesel, redutor e hélice de passo fixo.

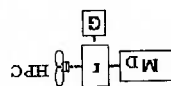
Sistema F



Duas linhas de eixo, cada uma com 1 motor diesel, redutor e hélice de passo

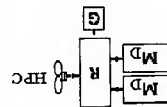
controlável

Sistema G



Um motor diesel com redução, gerador de eixo e hélice de passo controlável

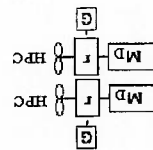
Sistema H



Dois motores diesel com redução, gerador de eixo e um hélice de passo

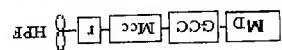
controlável.

Sistema I



Duas linhas de eixo, cada uma com 1 motor diesel, redutor, gerador de eixo e hélice de passo fixo.

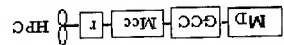
Sistema J



Conjunto diesel gerador de corrente contínua, motor elétrico de corrente

contínua, redução e hélice de passo fixo.

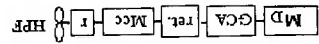
Sistema K



Conjunto diesel gerador de corrente contínua, motor elétrico de corrente

contínua, redução e hélice de passo controlável.

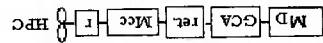
Sistema L



Conjunto diesel gerador de corrente alternada, motor elétrico de

corrente contínua, redução e hélice de passo fixo.

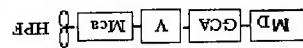
Sistema M



Conjunto diesel gerador de corrente alternada, motor elétrico de

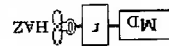
corrente contínua, redução e hélice de passo controlável.

Conjunto diesel gerador, variador eletrônico de velocidades, motor elétrico de corrente alternada e hélice de passo fixo.



Sistema N

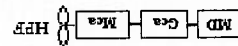
Motor diesel com redução e hélice azimutal.



Sistema O

Serão também discutidas outras formas de instalação propulsora não tão consagradas, mas em grande crescimento no meio naval, como por exemplo:

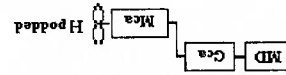
Conjunto diesel gerador, dois motores elétricos síncronos de polos permanentes e dois hélices de passo fixo.



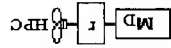
Sistema P

Sistema Q

Conjunto diesel gerador e propulsor tipo podded

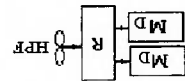


Resta agora analisar quais as vantagens e desvantagens de cada um desses sistemas.



Sistema C

A vantagem deste sistema é a capacidade de operar em baixa solicitação de carga, porém não é tão confiável como os sistemas com duas linhas de eixos. Outros fatores que desfavorecem esse sistema é baixa capacidade de variar sua velocidade como fazem os sistemas que se utilizam de hélice de passo controlável e os sistemas elétricos.



Sistema B

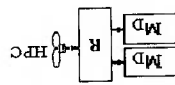
Conforme citado na literatura, navios pesqueiros com este tipo de instalação propulsora foram utilizados nas atividades de pesquisa oceanográfica; no entanto, este sistema mostrou-se muito pouco adequado para esse propósito devido à baixa capacidade de operar em faixas de velocidades variadas. Obviamente, é um sistema de baixo custo e baixa manutenção, porém não atende muito bem um dos principais requisitos de um navio oceanográfico moderno.



Sistema A

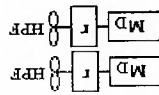
É um sistema que oferece baixa manutenção, baixo custo, simplicidade de operação e controle de velocidades satisfatório. Como deficiência pode-se dizer que não possibilita flexibilidade energética.

Sistema D



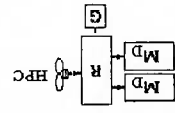
Este sistema possui maior custo inicial comparado a sistemas com um único motor; no entanto, é um sistema que satisfaz muitos dos requisitos necessários à um navio de pesquisa. Este sistema possui satisfatório controle de velocidades e pode trabalhar com um único motor nos momentos de baixa solicitação de carga. No entanto, é um sistema sujeito a níveis de emissão de ruídos e vibrações mais elevados.

Sistema E



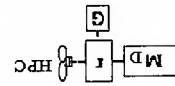
É um sistema que também possui confiabilidade satisfatória, porém menor custo que o sistema de duas linhas de eixo, cada uma com um motor diesel, redutor e hélice de passo fixo. Sua principal desvantagem é que não oferece um controle de velocidade muito adequado.

É um sistema onde pode-se manipular as sobras energéticas do sistema principal quando este não tiver uma solicitação de carga muito grande, convertendo esta energia em



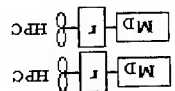
Sistema H

Com esse sistema pode-se compensar as baixas cargas gerando energia elétrica, e economizando uma unidade de geração. Com isso não haverá problemas de carbonização dos cilindros diminuindo consequentemente a manutenção.



Sistema G

Este sistema apresenta um custo inicial um pouco mais elevado que os sistemas de uma linha de eixo, exige mais cuidados com a manutenção e possui maior emissão de ruído e vibração. Porém, destaca-se pela grande confiabilidade, excelente controle de velocidade, capacidade de operar em baixa solicitação de carga com um único motor e além disso, favorece a manobrabilidade devido ao uso de duas linhas de eixo.

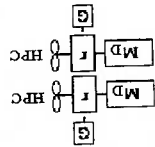


Sistema F

energia elétrica. Porém, implica em maior número de equipamentos com consequente

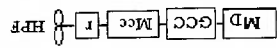
acréscimo de manutenção e do custo inicial do sistema.

Sistema I



Este sistema possui custo inicial bem mais elevado, mais cuidados com a manutenção e mais emissão de ruídos e vibrações. No entanto, apresenta ótima manobrável, excelente controle de velocidades, grande confiabilidade e flexibilidade energética satisfatória.

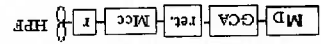
Sistema J



É um sistema que apresenta um custo mais elevado que os sistemas diesel convencionais e necessita de mão de obra mais especializada. Sua maior vantagem é possuir uma flexibilidade energética satisfatória, como os motores do conjunto diesel-gerador que operam com rotação constante, há uma redução da emissão de ruídos e vibrações.

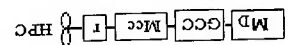
Pode-se notar que não só nesse sistema, mas nos sistemas elétricos de modo geral que os equipamentos de geração de energia não precisam ficar necessariamente próximos dos motores. Com isso também oferece a possibilidade de melhores arranjos.

É um sistema que está sujeito a manutenções que necessitam de mão de obra mais especializada. Os motores elétricos de corrente contínua possuem maior capacidade de variação de velocidade sem comprometimento do torque, porém é um sistema que requer maior espaço na praça de máquinas devido as suas dimensões mais elevadas que os motores de corrente alternada.



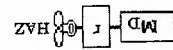
Sistema L

Como este sistema utiliza hélice de passo controlável, este possui a capacidade de trabalhar em uma faixa de velocidade mais ampla. De modo geral, os sistemas diesel elétricos possuem uma grande vantagem, que é trabalhar em regime de rotação constante dos grupos diesel-geradores, aumentando assim o rendimento, pois podem trabalhar em uma rotação ideal de projeto, diminuindo a manutenção e aumentando a vida útil. O motor de corrente contínua de indução comparado as novas configurações de motores de corrente alternada possui algumas desvantagens, principalmente no que diz respeito a suas dimensões.



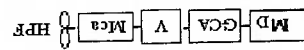
Sistema K

Este outro sistema tem como vantagens baixa manutenção, excelente manobrabilidade, dispensa o uso de leme e sua maquinaria e, de acordo com o próprio



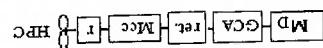
Sistema O

Os motores de corrente alternada possuem dimensões menores que os motores de corrente contínua (Mitcham, 1995) e consequentemente são mais leves. Porém, agora aparece no conjunto o variador de frequência que, logicamente, sendo um equipamento a mais no sistema deverá ser acomodado na praça de máquinas. Este variador garante um controle de velocidades muito bom sem que haja comprometimento do torque, dispensando assim o uso de hélice de passo controlável.



Sistema N

Obviamente, este sistema é muito parecido com o sistema anterior, a diferença é que o uso do hélice de passo controlável pode melhorar o controle de velocidades, mas acaba aumentando um pouco mais a manutenção.



Sistema M

representante do fabricante, não necessita de docagem do navio para manutenções do elemento propulsor, pois este pode ser retirado sem maiores dificuldades.

Sistema F

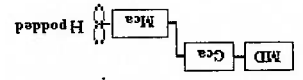


Trata-se de uma nova concepção, que vem sendo utilizado em larga escala em navios de pequeno, médio e grande porte. Possui diversos arranjos e tamanhos, sendo fornecido como uma pacote por empresas como a Kamewa e a Alsthom.

Como houve um grande avanço na eletrônica de potência, estes sistemas possuem alta confiabilidade, baixa manutenção, tanto nos geradores como nos motores síncronos de pólos permanentes que dispõem, em sua própria configuração construída, dispositivos de variação de velocidades.

Portanto, pode-se dizer que é um sistema de alta capacidade de controle de velocidade, boa manobrabilidade, baixo índice de emissão de ruídos e vibração e ótima flexibilidade energética.

Sistema Q



Sistema muito semelhante ao anterior, porém possui seu motor elétrico instalado fora do casco.

Este sistema também pode permitir a movimentação do conjunto motor-hélice como

num sistema azimutal, recebendo nesse caso o nome de Azipod

Em engenharia, frequentemente, é necessário tomar decisões na condução de um projeto, seja porque existe conflito entre os requisitos que devem ser atendidos, seja porque existem diversas alternativas que satisfazem com alguma aproximação o conjunto de requisitos fixados. Nestas circunstâncias é necessário que o engenheiro disponha de procedimentos que o auxiliem na tomada de decisão. São listados abaixo uma série de

4.1 PROCEDIMENTOS DE DECISÃO

Decisão neste trabalho. Propulsora. Finalmente, é mostrado como se pretende aplicar a técnica de Matriz de anteriores são especificados os fatores que serão avaliados na escolha da instalação empregado neste trabalho. Em seguida, com base na análise apresentada nos capítulos objetivo, votação de Pareto e o conceito de Matriz de Decisão, procedimento básico a ser intuitiva/sistemática, o princípio da satisfação dos objetivos, satisfação percentual de um decisão intuitiva, decisão sistemática, decisão intuitiva de um especialista, decisão Inicialmente, serão apresentados alguns métodos de tomada de decisão, como propulsora para navios oceanográficos. Neste capítulo é formulada a proposta de procedimento para a seleção de instalação

PROCEDIMENTO PARA SELEÇÃO DA INSTALAÇÃO PROPULSORA

CAPÍTULO 4

As propriedades do objeto de análise são, nesta técnicas, quantificadas e esses valores utilizados para se tomar a decisão entre diversas alternativas de projeto. Esta é uma forma sistemática de se tomar uma decisão. Esse processo pode ser repetido e revisto por outras autoridades do projeto, ou até mesmo auditorado. Por exemplo, no processo de escolha de um motor, o conhecimento da eficiência desse motor pode ser um parâmetro de comparação entre outros. Pode-se notar que a eficiência é um fator mensurável que pode ser discutido e revisto por outras pessoas.

b) Decisão Sistemática

Podem nem sempre ser tão boas. Porém, a pessoa que é responsável pelo projeto nem sempre é um especialista no assunto, simplesmente é a pessoa que “bate o martelo” ou seja, suas decisões intuitivas não são baseadas em informações lógicas e palpáveis (Fisher 1991).

Essa decisão intuitiva é resultado do trabalho conjunto da lógica e das informações absorvidas e processadas no subconsciente do indivíduo que, através de palpites e sensações que afloram de seu interior, fazem com que essa pessoa possa tomar uma decisão não só se baseando em informações lógicas e palpáveis (Fisher 1991).

a) Decisão intuitiva

1986).

procedimentos num grau crescente de complexibilidade para a tomada de decisão (Love,

Porém, deve-se ter bem claro que a decisão é tomada nesta técnica mediante a quantificação e análise de todos os parâmetros, levando-se em conta a importância de cada uma para o sistema como um todo.

c) Decisão intuitiva de um especialista

A decisão intuitiva se baseia no trabalho conjunto das informações contidas no consciente e no subconsciente das pessoas. Uma pessoa que possua um conhecimento superficial a respeito de um determinado assunto pode até acertar em uma tomada de decisão porém um especialista no assunto possui em seu consciente e em seu subconsciente muito mais informações que um outra pessoa menos conhecedora desse assunto. Isso significa que o especialista possui maiores chances de acertar na escolha da melhor opção do que a outra pessoa menos conhecedora do assunto. Porém, não quer dizer que isso seja regra.

Na verdade não deixa de ser uma decisão intuitiva como a apresentada anteriormente; no entanto, quanto mais informações a pessoa que toma a decisão tiver sobre o assunto a ser decidido, maiores serão as chances de se realizar a melhor escolha na tomada de decisão.

d) Decisão intuitiva/sistemática

Algumas decisões não podem ser baseadas exclusivamente nos parâmetros medidos. Existem algumas características que, para serem, analisadas não podem ser quantificadas através de medidas físicas, como por exemplo a estética.

percentual.

Para se tomar uma decisão sistemática entre alternativas de projeto, deve-se estabelecer uma unidade comum de comparação. A unidade, nesta abordagem, é o

f) A satisfação percentual de um objetivo.

decisão baseada na satisfação dos objetivos.

maior número de características da melhor forma possível. É isto o que se entende por um projeto, porém, deve-se buscar sempre uma solução que possa satisfazer, pelo menos, o Sabe-se que não existe uma decisão que satisfaça totalmente todos os requisitos de necessidades.

propostos são descritos através de uma série de objetivos que decorrem de uma análise de Os projetos reais de engenharia possuem sempre um ou mais propósitos. Estes

e) O princípio da satisfação dos objetivos

procedimento de forma totalmente sistemática.

Logicamente, depois que tiverem sido atribuídas é possível completar o

características não mensuráveis atribui-se escalas numéricas seguindo a intuição.

mensuráveis atribui-se escalas numéricas baseando-se nos métodos sistemáticos e para alguns recebiam avaliações numéricas outros análises intuitivas; ou seja, em características É possível então, que entre vários fatores a serem pontuados ou classificados,

Uma expressão que representa uma forma de decisão é a somatória dos produtos entre o peso estabelecido ao objetivo e o percentual de satisfação desse objetivo. No uso desta técnica recomenda-se que a somatória dos pesos seja sempre igual a um (1,0).

g) Técnica da votação de Pareto

A técnica da votação de Pareto serve para triar uma grande quantidade de idéias geradas (Csillag, 1991).

Após a geração de uma série de idéias, o coordenador do processo de decisão pede aos participantes (especialistas) para votarem naquelas que acharem melhores conforme algumas regras.

- O número de votos por participante é limitado a 20 % do número total de idéias geradas.
- Do número permitido de votos por participante, apenas um é permitido por idéia

escolhida, e todos os votos permitidos devem ser usados ou seja, não é permitido votar duas ou mais vezes na mesma opção e deve-se utilizar sempre todos os votos permitidos.

h) Técnica de matriz de decisão

Quando uma escolha precisa ser feita levando em consideração diversos fatores (isto é, trata-se de uma função de diversas variáveis) não é simples definir a melhor alternativa

(otimização de uma função de múltiplas variáveis). Em geral, não existe uma alternativa que seja melhor de acordo com todos os aspectos.

Nos textos que tratam sobre Teoria de Decisão são apresentados diversos métodos para conduzir um projeto à melhor solução. No entanto, o que mais se adequa à proposta deste trabalho é a técnica chamada *Matriz de Decisão*. Esta matriz é composta de linhas e colunas, onde as características do sistema a ser projetado (selecionado) são expressas nas colunas e as opções de escolha nas linhas

Efetua-se inicialmente uma avaliação da importância relativa de cada uma das características sobre o projeto (desempenho) do sistema atribuindo-se *pesos* correspondentes a cada fator. As alternativas são avaliadas recebendo uma *nota* de acordo com cada um dos aspectos. A opção que obter a maior somatória do produto entre notas e pesos, será a escolhida.

É importante, no entanto, discutir algumas peculiaridades referentes à definição de pesos e notas. Os *pesos* devem ser encarados em termos de proporcionalidade para o sistema como um todo. Como exemplo, ao se atribuir peso 0,1 à uma determinada característica e peso 0,3 a outra, deve ocorrer sempre o seguinte questionamento: será que a segunda característica é três vezes mais importante que a primeira para o sistema ?

No que se refere à avaliação de alternativas, um problema que precisa ser contornado é o emprego de uma única pessoa para atribuição de notas. Muitas vezes, inconscientemente, essa pessoa manifesta, ao atribuir as notas, uma preferência por um dado sistema que não tem fundamento objetivo, favorecendo assim esta alternativa no processo de avaliação.

Logicamente, para determinadas características é possível efetuar uma comparação objetiva, sem riscos de vício de julgamento, é o caso, por exemplo, do custo da instalação propulsora. Aquela que realmente tiver o menor preço no mercado possuirá a nota dez e as demais notas proporcionais. No entanto, para algumas características a avaliação não é tão simples, pois seus comportamentos não lineares muitas vezes podem nos levar a erros indesejáveis.

Então, para as características não mensuráveis deve-se realizar um levantamento de dados suficientemente completo para que o projetista e os especialistas avaliadores possam atribuir notas a cada uma das características para cada uma dos sistemas analisados.

4.2 DESCRIÇÃO DO PROCEDIMENTO

Nesta seção será apresentada uma proposta de procedimento para a escolha de instalações propulsoras de navios.

Este procedimento necessita de um levantamento preliminar das soluções possíveis e de suas características, o encaminhamento da lista de soluções preliminares para uma votação (votação de Pareto) e uma análise final desses dados através de uma matriz de decisão.

ESTUDO PRELIMINAR

O primeiro passo a ser tomado é a realização de um estudo preliminar de viabilidade que defina quais as instalações propulsoras que atendem as exigências de projeto.

Neste estudo deverá ficar bem claro que tipo de requisitos cada instalação propulsora atende ou não atende. A aplicação deste procedimento evita que instalações inviáveis constem na lista enviada para a votação dos especialistas.

VOTAÇÃO DOS ESPECIALISTAS

Uma vez selecionadas as instalações propulsoras viáveis para o emprego em um determinado tipo de embarcação, envia-se estas opções para avaliação por um grupo de especialistas, que irão votar naquelas que julgarem melhores.

Esta votação será individual e realizada sem que haja a necessidade deste grupo estar reunido.

Segundo a teoria de Pareto, 80 % dos melhores atributos concentram-se em apenas 20% das opções existentes. Isso quer dizer que, frente à lista de opções apresentadas aos especialistas, somente 20 % das opções serão assinaladas. Por exemplo, em uma lista de dez alternativas, serão assinaladas somente as duas melhores opções. Portanto, para a próxima fase do processo teremos uma lista constituída pelas duas melhores opções de cada especialista. Nota-se, que após esse processo de votação, a nova lista de opções se tornou bem mais reduzida, fazendo com que o projetista esteja cada vez mais próximo de uma solução.

Outro cuidado a ser considerado é que o número de especialistas deverá variar conforme o número de opções apresentadas no estudo preliminar. Quanto mais opções forem listadas, mais especialistas deverão participar do processo de votação (votação de Pareto).

MATRIZ DE DECISÃO PRELIMINAR

Com um número de opções de instalações propulsores já reduzidos, o responsável pelo projeto atribui notas e pesos para as características levantadas no estudo preliminar. Este processo de atribuição de notas e pesos deverá seguir um critério pré-definido. Os critérios de atribuição de notas e pesos que se adota nesse procedimento é o “Princípio de satisfação percentual de um objeto” (Love, 1986) e podem ser descritos da seguinte forma:

- i) *Pesos* - A soma dos pesos atribuídos a todas as características das instalações propulsores deverá ser igual a “um” (1,0).

- ii) *Notas* - As notas deverão ser expressas de forma percentual, de zero a 100 %, e atribuídas segundo a Tabela 4.1 para as características *não mensuráveis* e calculadas de forma algébrica para as características *mensuráveis*.

Tabela 4.1 – Escala de notas para uso na Matriz de Decisão

100%	satisfação completa (excelente)	Objetivo satisfeito em todos os aspectos.
90%	grande satisfação	Objetivo satisfeito em todos os aspectos importantes.
75%	considerável satisfação	Objetivos satisfeitos na maioria dos aspectos.
50%	moderada satisfação	Um ponto médio entre completa satisfação e não satisfação (também considerado um ponto de incerteza).
25%	menor satisfação	Objetivo satisfeito em alguns , mas com menos da metade dos aspectos.
10%	mínima satisfação	Objetivo satisfeito para uma extensão muito pequena de aspectos.
0%	Não satisfaz	Objetivo não satisfaz em nenhum aspecto.

As notas e os pesos serão atribuídos na configuração típica de uma matriz de decisão (linhas e colunas), onde a somatória do produto do peso de uma característica pela nota a ela atribuída fornecerá o percentual de preferência dessa opção.

Após ter-se em mãos uma matriz de decisão preliminar, construída segundo as opiniões do projetista, esta matriz, com as devidas justificativas de cada nota e peso, será encaminhada aos especialistas. Espera-se que cada um deles possa analisar a avaliação feita pelo projetista e contrapor suas opiniões pessoais frente as notas, os pesos e as justificativas apresentadas nessa matriz de decisão preliminar.

Esta matriz de decisão preliminar terá a frente de cada campo preenchido um espaço para a atribuição das notas e dos pesos de contraposição dos especialistas.

Logicamente, cada especialista deverá justificar as suas notas e pesos também.

Ao término dessa etapa, as matrizes enviadas para a análise dos especialistas retornarão ao projetista, para que este possa realizar um balanço das opiniões de cada um dos especialistas. Dessa maneira, o projetista poderá calibrar os valores das notas e dos pesos, chegando assim a um consenso e a definição da matriz de decisão definitiva.

Abaixo apresenta-se, na figura 4.1, um cronograma de atividades para o processo de geração da matriz de decisão definitiva:

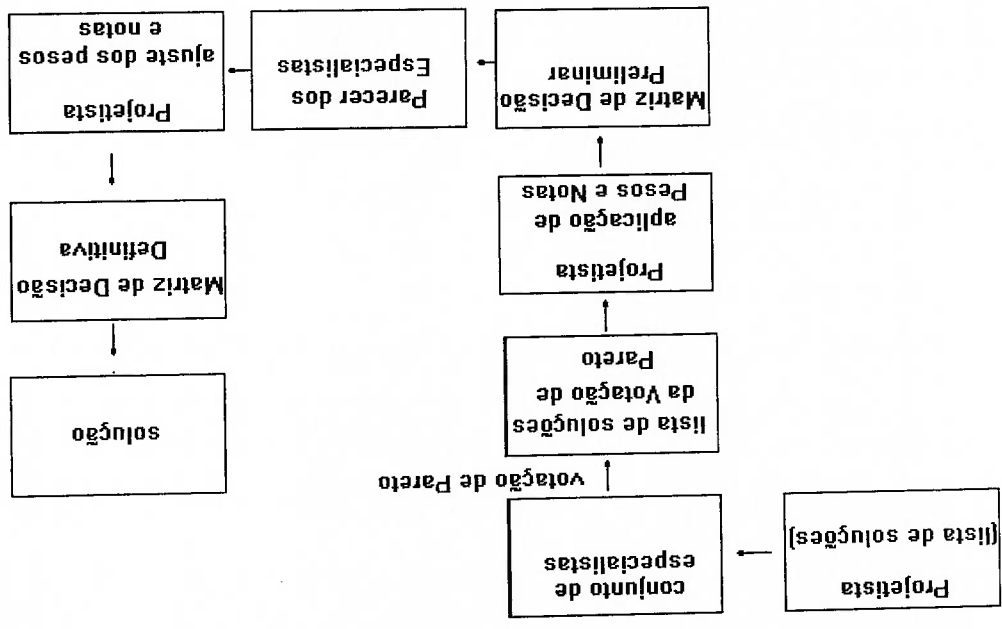


Figura 4.1 Diagrama de blocos do processo de seleção

CAPÍTULO 5 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PARA O NAVIO DO INSTITUTO OCEANOGRÁFICO.

5.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo será apresentada uma aplicação prática do procedimento introduzido no capítulo 4.

Convém, inicialmente, tecer algumas considerações sobre o primeiro enfoque utilizado para efetuar a escolha do sistema propulsor. Como o enfoque se baseava na aplicação da técnica de Matriz de Decisão foram encaminhados questionários apresentados no *APÊNDICE A*, a um conjunto de pessoas: usuários da embarcação (pesquisadores) e seus operadores (comandante e chefe de máquinas).

Foram realizadas, pelo menos duas tentativas frustradas de obter respostas satisfatórias com este esquema. Verificou-se um índice muito baixo de retorno dos questionários encaminhados as instituições de pesquisa oceanográfica. Os poucos questionários que retornaram foram respondidos parcialmente ou de forma incorreta, dificultando a interpretação e a conversão dessas informações em notas e pesos.

A explicação desse fato pode estar ligada, não somente à complexidade dos questionários, mas também a falta de conhecimento técnico dos pesquisadores e chefes de máquinas no que diz respeito a alguns sistemas.

5.2 APLICAÇÃO DA PROPOSTA.

Após um pré-selecionamento dos sistemas mais viáveis desenvolveu-se um questionário para que fosse encaminhado a um grupo de especialistas. Esse questionário

Cada característica possui uma certa importância para o sistema, logicamente, umas mais e outras menos. Por isso, é muito importante que ocorra uma análise inicial dos valores dos pesos que serão atribuídos a cada um dos fatores que foram classificados como significativos para o sistema. Esses pesos, a princípio, são atribuídos pelo responsável do projeto (projetista) segundo sua análise pessoal. Somente após a construção da matriz de decisão preliminar, é que os pesos, juntamente com as notas, serão encaminhadas para uma apreciação dos especialistas convidados a opinarem no projeto. Cada peso será devidamente justificado, e esta análise deverá ser encaminhada em anexo com a matriz de decisão para também passar por uma análise dos especialistas.

5.3 ESTUDO PRELIMINAR DOS PESOS

Logo que a matriz de decisão preliminar fique pronta, ela é submetida aos especialistas para que eles possam fazer um julgamento sobre os pesos estabelecidos e as notas atribuídas. O especialista analisa as críticas recebidas e prepara a matriz de decisão final. Uma vez indicados 20% dos sistemas mais votados inicia-se a montagem da matriz de decisão preliminar, onde se realizará a análise dos pesos e das notas por parte do projetista responsável pelo projeto. Consideram de melhor aplicação para o navio em questão.

Para apresentar aos especialistas tem por objetivo aplicar as teorias da votação de Pareto. Para isso pede-se que o especialista assinale, entre as opções apresentadas, 20% que eles

5.3.1 ATRIBUIÇÃO PRELIMINAR DOS PESOS

O primeiro passo é identificar as características mais significativas para o sistema.

Em seguida, atribui-se os pesos a cada uma delas. Deve-se lembrar que a somatória dos pesos atribuídos para todos os fatores deverá ser igual a "um" (1,0).

As características mais significativas para os navios oceanográficos conforme mencionado no capítulo 3, são:

- Custos;
- Peso / Dimensão;
- Consumo específico de combustível;
- Ruído / Vibração / Habitabilidade;
- Manutenção;
- Controle de velocidades;
- Capacidade de manobra;
- Flexibilidade energética.

Sabe-se que o navio oceanográfico a ser projetado para o Instituto de Oceanografia da USP irá atuar com pesquisas gerais nas áreas físicas, químicas, geológicas e meteorológicas, não só a serviço da universidade mas também podendo ser alugado a outras instituições para usos diversos. Por isso, essa embarcação terá que possuir um controle de velocidades adequado a qualquer tipo de pesquisa oceanográfica. Este navio deverá desenvolver uma velocidade de 12 nós para se deslocar do porto até a área onde serão realizadas as atividades científicas; durante o processo de pesquisa oceanográfica o navio

Uma outra característica de grande importância para o sistema é o nível de manutenção exigida. Segundo informações dadas por tripulantes do navio oceanográfico "Professor Besnard", um problema muito comum é de prejuízos muito elevados e a necessidade de reparos constantes na instalação propulsora. Em geral, ao se parar um navio para uma manutenção, além de se gastar com peças, docagem no estaleiro, e custos de mão de obra especializada, existe o prejuízo, talvez maior, de não se cumprir os contratos firmados, não realizar as pesquisas encomendadas, não cumprindo prazos e executando outras atividades que necessitam do bom funcionamento do navio. Por isso equipamentos de menor complexidade e de baixa manutenção devem ser privilegiados no processo de escolha. Receberá peso 0,20 (20% da importância do sistema).

A capacidade de manobra é outro fator de grande importância para o bom funcionamento do navio oceanográfico, pois essa embarcação deve ter capacidade de se manter posicionada num determinado ponto da região ou seguir uma trajetória pré-determinada, Essa capacidade, porém não depende somente do tipo de instalação propulsora, depende também da maquinaria de leme, formas do casco e utilização de bow thrusters. Por isso não se deve atribuir um peso muito significativo a essa característica, na escolha da instalação propulsora, Decide-se, assim atribuir peso 0,08 (8% de importância para o sistema).

devera ter capacidade de ajustar sua velocidade ao tipo de estudo a ser realizado. Essa velocidade pode variar de 0 a 3,5 nós (Rosenblatt 1960). Esta característica é uma das mais importantes e deve atender de modo satisfatório as necessidades da embarcação. Por esses motivos será atribuído peso 0,30 (30% de importância para o sistema).

Outra característica a ser considerada é o nível de ruídos e as vibrações. Quando os níveis são muito elevados, eles podem afetar a estrutura do navio, seus equipamentos e a habitabilidade da embarcação. Embora existam referências bibliográficas que dão muita importância ao fator ruído e vibração, não foi esta a impressão que nos foi passada pelos técnicos e pesquisadores do Instituto Oceanográfico. Primeiramente, os fabricantes dos instrumentos para pesquisas oceanográficas já levam em consideração que estes equipamentos estarão sujeitos a meios mais agressivos do que um laboratório em terra, ou seja, o próprio fabricante ao desenvolver suportes flexíveis, equipamentos mais robustos e

de 0,08.

Analisando também a característica “*consumo específico de combustível*” para a nossa situação em particular é um fator de importância considerável pois, além de aumentar os custos operacionais da embarcação, irá gerar problemas de acomodação dos tanques, haja visto que quanto maior o consumo maior deverão ser os reservatórios de combustível e consequentemente maior peso para a embarcação. Esta característica receberá então o peso

peso de 0,17.

O custo da instalação propulsora também deve receber um peso significativo nesta análise, pois pelo fato deste navio depender de verbas públicas para sua construção, não deverá exceder limites impostos pelo órgão financiador. Porém, deve-se ter bem claro que não adianta construir um navio com equipamentos de baixa qualidade somente para economizar no processo de construção da embarcação. Sabe-se que as manutenções posteriores acabam gerando prejuízos muito maiores. Sistemas bem projetados e que atendem as reais necessidades da embarcação e seus processos evitam super dimensionamento e excessos desnecessários. Então, para essa característica será atribuído o

Percebe-se que o motor principal, muitas vezes, ao trabalhar em uma rotação abaixo da ideal de projeto pode sofrer problemas com a carbonização e consumo excessivo de combustível. Portanto, o sistema ao trabalhar em uma faixa de potência mais adequada terá um melhor rendimento. Por isso, dependendo da configuração do sistema, por exemplo sistemas com gerador de eixo, é possível que nos momentos de baixa solicitação de

com menos equipamentos que resulta em menos peso e menos manutenção para o navio. respeito à economia de combustível como também a possibilidade de se utilizar sistemas sistema principal para uso em outros equipamentos é muito interessante não só no que diz interessante a ser analisado, pois a possibilidade de se manipular as sobras energéticas do Finalmente, a característica "*flexibilidade energética*" mostra-se como um fator

um peso menos significativo, que será de 0,02. forma, satisfatoriamente às necessidades da embarcação; por isso esta característica receberá leves terão a preferência. Nota-se que, entre as opções possíveis todas atendem, de certa sistemas viáveis para aplicação neste navio oceanográfico, as instalações menores e mais nessa situação são considerados inviáveis logo na primeira análise. Porém, dentre os quando são ultrapassados os limites dimensionais da embarcação. Tanto é que sistemas A característica "*peso/dimensões*" pode ser considerada de grande importância

embarcação. Por isso será atribuído o peso de 0,05, para o nível de ruído e vibrações. gravação. Portanto, os dados não são afetados por eventuais vibrações e ruídos da são acoplados a sistemas de aquisição, de forma capturar as informações e efetuar oceanográfica. Em segundo lugar, em muitas das pesquisas os sensores que estão na água torna menos preocupante a interferência dos ruídos e das vibrações na pesquisa outros sistemas que garantem que o meio externo não afetará o processamento dos dados

Como último comentário, ressalta-se que a característica “peso/dimensão” recebe nesta análise um valor muito baixo, somente 2% de importância para o sistema. Este fator, que na aplicação da matriz de decisão influenciara muito pouco na escolha da instalação propulsora poderia ser excluído. Porém, ela não foi excluída de imediato porque pretende-se submetê-la à apreciação dos especialistas. Se após a análise dos

<i>Características</i>	
Controle de velocidades	0,30
Manutenção	0,20
Custos	0,17
Flexibilidade energética	0,10
Capacidade de manobra	0,08
Consumo específico da instalação	0,08
Ruído / Vibração / Habitabilidade	0,05
Peso / Dimensão	0,02

Tabela 5.1 – Atribuição preliminar dos pesos

cada característica.

É apresentada abaixo a listagem por ordem de importância e os pesos atribuídos a

5.3.2 CONCLUSÃO DO ESTUDO PRELIMINAR DOS PESOS

de 0,10 à esta característica..

necessidade de se racionalizar o uso da energia dentro das embarcações atribui-se um peso utilizada em guinchos, bow thrusters e outros equipamentos. Assim, devido a essa potência pelo hélice, o restante da energia seja transformada em eletricidade que pode ser

especialistas essa característica se mantivesse com um peso muito pequeno ela seria desconsiderada na confecção da matriz de decisão final.

5.4 VOTAÇÃO DE PARETO

Baseando-se nos conceitos da votação de Pareto, foi elaborado um questionário a fim

de se identificar junto a um grupo de especialistas quais seriam as melhores opções de

instalação populosa para a nova embarcação de pesquisa do Instituto Oceanográfico da

USP. Este questionário está apresentado no *APÊNDICE B*.

Do número total de opções pré selecionadas para a construção de um questionário

somente 20% serão assinaladas pelos especialistas. Destas opções, as 20% mais votadas

participarão da matriz de decisão preliminar.

5.4.1 ESPECIALISTAS CONSULTADOS

Foram consultados para a votação de Pareto os seguintes especialistas:

- Dr. Jorge Pinheiro da Costa Veiga – Eng. CTMSP – Centro de Tecnologia da Marinha de São Paulo – Prof. PME – USP.
- Cte. Leonam dos Santos Guimarães – Eng. CTMSP.
- Cte. Luiz Antonio Abdalla Moura – Eng. CTMSP.
- Eng. Vicente Verrone – Eng aposentado do Inst. Oceanográfico – USP – consultor em projetos de embarcação.
- Manoel Cortez Chaves – Engenheiro Naval - Consultor.
- Eng. Roberto Blanco – Diretoria de Engenharia Naval – Marinha do Brasil (M.B).
- Cte. Cleber Siqueira – Engenheiro do Centro de Projetos Navais -M.B.

Após as análises das respostas enviadas pelos especialistas ao questionário apresentado anteriormente, varificou-se que as opções mais votadas foram:

- Propulsão diesel elétrica com duas linhas de eixo, empregando um motor de corrente alternada síncrono de pólos permanentes, por linha, com hélice de passo fixo. (5 indicações) – Instalação com ótima capacidade de controle de velocidade, pouca

5.4.2 RESULTADO DA VOTAÇÃO DE PARETO

- Euclydes A. Santos – Fundação Universidade do Rio Grande – Usuário.
 - Professor Rolf Roland Weber – Diretor do Instituto Oceanográfico da USP.
 - Chefe de máquinas do navio Oceanográfico Professor Besnard.
- Institute Oceanographic
- Keiji Aiura – Principal Oceanographic Data and Information Officer. – Florida
- analisadas. As seguintes pessoas contribuíram com suas opiniões:
- de pesquisa oceanográfica, retornaram com informações que também devem ser
- No entanto, outros questionários, enviados no início deste trabalho, para instituições
- Da Divisão de Tecnologia de Transportes do I.P.T.
- Dr. Odair Caltabelotti – Prof. Do Departamento de Engenharia Naval e Oceânica – Eng.
 - Dr. Carlos Belchior – Prof. Do departamento de Engenharia Oceânica da UFRJ.
 - Eng. Antônio Bernotavicius de Araujo - Centro de Projetos Navais -M.B.
 - Eng. Flavio Santanna Ribeiro - Centro de Projetos Navais -M.B.
 - Dr. Gerson Machado – Consultor em Projetos Navais – Ex-Professor do PNV/USP
 - Eng. Carlos Daher Padovezi – Diretoria de Tecnologia de Transportes – I.P.T

manutenção, alta confiabilidade, considerável capacidade de manobra e excelente

flexibilidade energética.

- Propulsão diesel com duas linhas de eixo, cada uma com um motor, redutor mecânico e hélice de passo controlável. (4 indicações) – Instalação de baixo custo, pouca manutenção, alta confiabilidade, considerável capacidade de manobra e excelente controle de velocidade.

- Propulsão diesel-elétrica com uma única linha de eixo; gerador de corrente alternada, retificador, motor elétrico de corrente contínua e hélice de passo fixo. (4 indicações) – Instalação com ótima flexibilidade energética, controle de velocidade satisfatório.

- Propulsão diesel com duas linhas de eixo, cada uma com um motor, redutor mecânico e hélice de passo fixo. (4 indicações) – Instalação com maior grau de simplicidade – baixo custo de instalação e manutenção e considerável capacidade de manobra.

É importante observar que entre as instalações mais votadas aparece uma que não constava das opções apresentadas no questionário enviado aos especialistas. É a primeira instalação relacionada acima, que obteve o maior número de indicações. Trata-se de uma nova tendência em instalações propulsoras que incorpora um novo avanço tecnológico. O questionário previa a obtenção das 3 opções mais votadas. Porém, devido a um empate no segundo lugar entre três opções, a análise será efetuada com quatro instalações.

5.4.3 PRINCIPAIS COMENTÁRIOS FEITOS PELOS ESPECIALISTAS

De modo geral, a análise está centrada em dois tipos básicos de sistemas: Os sistemas convencionais de duas linhas de eixo acionado por motores diesel e os sistemas diesel elétricos.

Os especialistas que defendem o sistema convencional, com duas linhas de eixo

com motores diesel, redutores mecânicos e hélices de passo controlável, alegam boa

capacidade de manobra, maior segurança no caso de avaria de um dos motores, capacidade

de operar em baixa potência e, finalmente, menor custo de manutenção já que é

considerado um sistema relativamente simples com uma mão de obra especializada e peças

de manutenção farta em relação aos sistemas não convencionais.

No entanto, os defensores dos sistemas diesel - elétricos mostram que houve um

grande avanço nos sistemas eletrônicos de potência, onde através de motores síncronos

pode-se ter um controle fino das rotações do hélice, com baixa manutenção, alta

confiabilidade e sem a necessidade de se utilizar hélices de passo controlável. Porém,

segundo este grupo de especialistas a maior vantagem deste sistema e a possibilidade de se

direcionar as sobras de energia do sistema principal para outros equipamento dentro da

embarcação (flexibilidade energética).

5.5 ATRIBUIÇÃO DE NOTAS PARA A MATRIZ PRELIMINAR

Nesta seção é apresentado um estudo preliminar das notas atribuídas a cada uma

das instalações propuloras pré selecionadas de acordo com cada uma das características.

As notas atribuídas juntamente com os pesos já definidos anteriormente possibilitarão a construção da matriz de decisão preliminar.

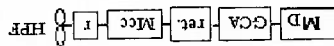
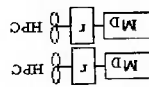
5.5.1 APLICAÇÃO

A princípio serão avaliadas as opções indicadas nos questionários encaminhados aos especialistas. A atribuição de notas será feita a partir de uma análise das informações dos questionários, das informações registradas no texto e de dados levantados em consulta a representantes de fabricantes de equipamentos.

É importante salientar a informação que, em função de avanços tecnológicos, foram consideradas não só opções consagradas mas também alternativas que estão em fase de implantação.

5.5.2 AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS CANDIDATOS

A análise dos questionários da votação de Pareto indicou que as 4 instalações propulsoras preferidas são as seguintes:



reductor mecânico e hélice de passo controlável.

sistema S1.

a) CUSTO

mensuráveis.

São apresentados aqui cálculos para a obtenção das notas para as características

5.5.3 ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS MENSURÁVEIS

de velocidades, Autonomia, Capacidade de manobra e Flexibilidade energética.

No segundo grupo estão: Ruídos / Vibrações / habitabilidade, Manutenção, Controle

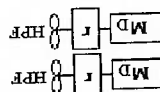
Custos, Pesos / Dimensões e Consumo específico de combustível.

ser classificadas como mensuráveis e não mensuráveis. No primeiro grupo estão incluídos:

Conforme mencionado no capítulo 3 as características a serem analisadas podem

reductor mecânico e hélice de passo fixo.

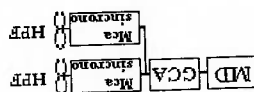
S4 – Duas linhas de eixo, cada uma com um motor diesel,



eixo com hélice de passo fixo.

alternada síncronos de polos permanentes e duas linhas de

S3 Conjunto diesel gerador, dois motores de corrente



01 Motor diesel idem S1R\$ 300.000,00

01 Gerador principal (estimado através do valor do gerador
 CP8530-530 Kva)R\$ 50.000,00
 (fonte – CHICAGO PNEUMATIC LTDA.)

sistema S2.

Os demais componentes do sistema estão sendo omitidos pois se manterão de certa
 forma semelhantes nos demais sistemas a serem comparados.

TotalR\$ 450.000,00

2100 rpm (fonte Volvo Penta)R\$ 300.000,00

02 Hélice de passo controlável (sem referencias)
 (valor estimado a partir do valor do hélice de
 passo fixo).....R\$ 100.000,00

02 Conjuntos diesel /gerador – CP 834 motor
 Scania DSC 1157 – 6c – 306 Kva.....R\$ 50.000,00
 (fonte – CHICAGO PNEUMATIC LTDA.)

02 hélices de passo fixo (idem S2)R\$ 55.000,00

01 Conjunto diesel gerador com 02 motores elétricos síncronos de polos permanentes (Fonte mitcham, 1995 – 15% a mais que um sistema elétrico convencional)R\$ 510.000,00

Sistema S3

01 Conjunto diesel gerador com 02 motores

elétricos síncronos de polos permanentes

(Fonte mitcham, 1995 – 15% a mais que um

Total R\$ 467.000,00

01 Conjunto diesel/gerador (idem S1)R\$ 25.000,00

(fonte – NAVALSUL EQUIP. NAVAIS DO SUL LTDA.)

01 Hélice de passo fixo (tipo Troost B3 – 3 pás - Ø 2,3 m).....R\$ 27.000,00

(fonte – HELICOM REDUTORES HELICOIDAS LTDA.)

01 Motor elétrico de corrente contínua WEG c/ redutor Helicon 1:6 – 1750 rpmR\$ 55.000,00

01 Retificador (estimado sem referências)R\$ 10.000,00

Sistemas		Notas
S1	80%	
S2	80%	
S3	60%	
S4	100%	

Tabela 5.2 – notas para os custos

abaixo.

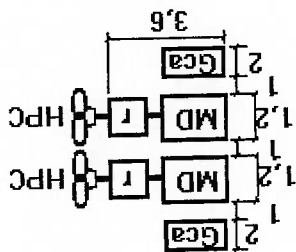
Para a atribuição de notas a esta característica adotou-se como premissa atribuir nota máxima a alternativa de menor custo. As notas das demais alternativas são inversamente proporcionais ao custo. Obteve-se, então, os resultados mostrados na tabela

01 Motor Diesel c/ redutor (idem S1)	R\$ 300.000,00
01 Hélice de passo fixo (tipo Troost B3 – 3 pás - Ø 2,3 m).....	R\$ 27.000,00
(fonte – NAVALSUL EQUIP. NAVAIS DO SUL LTDA).	
02 conjuntos diesel/gerador (Idem S1).....	R\$ 50.000,00
Total	R\$ 377.000,00
sistema S4	
01 Conjunto diesel gerador (idem S1)	R\$ 27.000,00
Total	R\$ 592.000,00

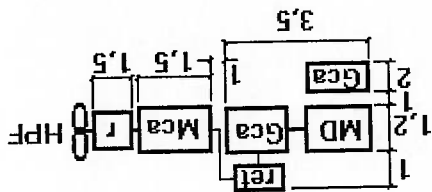
b) PESOS / DIMENSÕES

Serão utilizados como parâmetro para esta avaliação a área (comprimento x largura) da praça de máquinas requerida pela instalação propulsora e o seu peso. São apresentados a seguir arranjos esquemáticos das instalações propulsoras com medidas, em metros, dos principais componentes alojados na praça de máquinas.

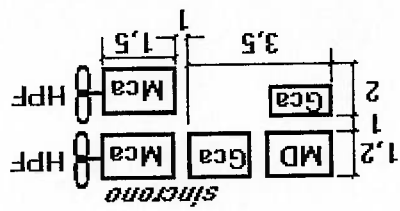
Sistema S1



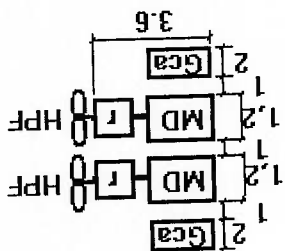
Sistema S2



Sistema S3



Sistema S4



De acordo com as figuras esquematizadas acima foi feito o cálculo da área requerida chegando-se aos valores indicados na tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Área requerida pela instalação propulsora

Área (m ²)	S1	S2	S3	S4
	33,8	33,8	25,2	33,8

Como resultado final, obtém-se as notas para esse subfator.

Tabela 5.4 – Notas para o subfator dimensões

Notas	Sistemas
75 0%	S1 MD - r - HPC MD - r - HPC
75 0%	S2 MD - GCA - FEL - MCC - r - HPP
100%	S3 MD - GCA - HPC - HPC MD - HPC - HPC
75 0%	S4 MD - r - HPP MD - r - HPP

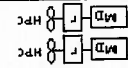

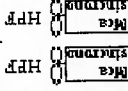
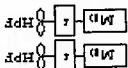
Sistemas		Notas
S1		95%
S2		90%
S3		90%
S4		100%

Tabela 5.5 – notas para o subfator peso

A tabela 5.5 mostra as notas atribuídas ao subfator “*peso*”.

essas considerações pode-se atribuir as seguintes notas para esse subfator. Comparando agora os sistemas S1 e S4 com S2 e S3 pode-se dizer que as instalações diesel-elétricas pesão um pouco mais do que as instalações diesel. Devido a compensado pelo uso de dois motores síncronos de corrente alternada no sistema S3. S2 possui, devido ao uso de motor elétrico de corrente contínua, acaba sendo pesado que os motores de corrente alternada (síncronos). No entanto, o peso adicional que entre os motores elétricos, pois sabe-se que os motores de corrente contínua são mais que o hélice de passo fixo. Já para os sistemas S2 e S3 percebe-se uma diferença de pesos propulsores, que no caso do hélice de passo variável oferece mais peso para o sistema do semelhança constitutiva entre si. A única diferença mais marcante são os elementos Analisando o subfator “*peso*”, pode-se perceber que S1 e S4 possuem uma grande

constante, pois a variação de velocidade da embarcação se dá no hélices de passo controlável. Devido ao trabalho em rotação constante, os motores irão trabalhar num regime de melhor eficiência térmica e consequentemente consumir menos combustível. Logicamente, os sistemas S1, S2 e S3 pelo fato de trabalharem com rotação constante em seus motores diesel terão notas com valores muito próximos. Somente o sistema S4 possuirá diferença considerável em sua nota, pelo fato de sofrer variações de velocidades nos motores principais para satisfazer os requisitos da embarcação.

As notas serão:

Tabela 5.7 – notas para o consumo específico

Notas	Sistemas
100%	S1
95%	S2
95%	S3
80%	S4

5.5.4 ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS NÃO MENSURÁVEIS.

a) RUÍDO / VIBRAÇÃO E HABITABILIDADE

Todos os sistemas analisados inclui motores diesel que, normalmente, são considerados uma fonte de ruído considerável, juntamente com os redutores e os hélice.

Ao se atribuir nota 100% a alguma característica, supõe-se que esta esteja de acordo

com o que se espera em termos de satisfação; porém, nenhum destes sistemas, S1, S2, S3 ou S4 satisfazem cem por cento às características *Ruído/Vibração*. Todos esses sistemas

possuem um nível de ruído e vibração elevado. Existem outros sistemas que satisfazem muito melhor essa característica em particular, como por exemplo a turbina a gás que tem

um nível de ruído e vibração bem abaixo dos produzidos por motores diesel. Porém, esta opção apresenta outras incompatibilidades que a excluem do processo de seleção.

Mesmo assim, dentre as alternativas S1, S2, S3, S4, pode-se utilizar como

parâmetro de análise a possibilidade de se trabalhar em velocidades constantes. De modo

geral, os sistemas S1, S2 e S3 permitem que os motores diesel trabalhem em rotação

constante o que diminui a possibilidade de excitação de vibrações.

O sistema S1, devido a um número maior de engrenamentos, conexões físicas e

atuação das pás do hélice, gera um nível de ruídos e vibração um pouco mais elevado que

S2 e S3. O sistema S4, por não permitir o trabalho em rotação constante do motor principal

é o que recebe a pior avaliação nesta questão. A tabela 5.8 apresenta as notas para os 4

sistemas.

Tabela 5.8 – Notas para ruído / vibração

Notas	Sistemas
70%	S1
80%	S2
80%	S3
50%	S4

b) MANUTENÇÃO

Os sistemas S1 e S4 são sem dúvida, os que oferecem maior simplicidade no

processo de manutenção. Além de possuírem equipamentos mais simples, de baixo custo e

disponíveis, muitas vezes no mercado nacional, requerem mão de obra disponível no país.

A pequena diferença que existe entre eles nesse aspecto se refere aos tipos de propulsores.

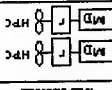
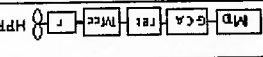
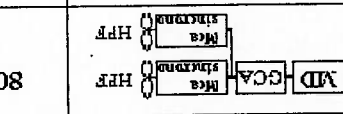
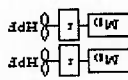
Os sistemas S2 e S3, por outro lado oferecem segundo os fabricantes um baixo

índice de manutenção e grande confiabilidade; porém há dificuldades de se obter peças de

reposição e mão de obra especializada.

A tabela 5.9 mostra as notas atribuídas para esta característica.

Tabela 5.9 – Notas para manutenção

Notas	Sistemas
95%	S1 
80%	S2 
80%	S3 
100%	S4 

c) CONTROLE DE VELOCIDADES

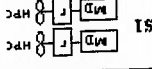
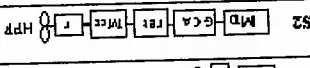
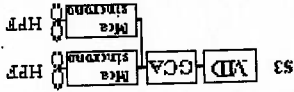
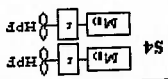
Os sistemas S1, S2 e S3 atendem de forma satisfatória esta característica; portanto,

receberão nota 100%. Somente o sistema S4 está sujeito a uma faixa restrita de

velocidades.

As notas atribuídas estão mostradas na tabela 5.10

Tabela 5.10 – Notas para controle de velocidade

Notas	Sistemas
100%	S1 
100%	S2 
100%	S3 
20%	S4 

d) CAPACIDADE DE MANOBRA

O navio oceanográfico necessita de uma grande capacidade de manobra; no entanto, conforme comentado no capítulo 3, a capacidade de manobra é um fator que depende pouco do sistema de propulsão. Somente uma pequena parcela da manobrabilidade pode ser atribuída ao sistema, o restante estará ligada ao leme e sua maquinária, às formas do navio e bow thrusters.

Existem sistemas propulsores, como os azimutais, em que a capacidade de manobra está quase toda centrada na instalação propulsora. Essa instalação, então poderia receber uma nota 100% para essa característica. Já as demais instalações, como S1, S2, S3 e S4, por melhores que sejam, estarão sempre limitadas a exercer uma menor influência na capacidade de manobra.

No entanto, analisando as características particulares dos 4 sistemas, pode-se dizer que os sistemas que tem duas linhas de eixo possuem uma capacidade de manobra melhor que os sistemas monohélices.

Com base nestas considerações apresenta-se a tabela 5.11, com as notas atribuídas

às 4 alternativas.

Tabela 5.11 – Notas para capacidade de manobra

Sistemas		Notas
S1		80%
S2		70%
S3		80%
S4		80%

e) FLEXIBILIDADE ENERGÉTICA

Indiscutivelmente, os sistemas S2 e S3 oferecem muito maior possibilidade de manipulação das sobras energéticas da população do que os sistemas S1 e S4. Os sistemas S2 e S3, quando em serviços que requerem pouca potência da máquina principal, permitem que o restante de potência do gerador principal seja empregado para acionamento de guinchos, bow thrusters e equipamentos de pesquisa.

Pode-se, então, atribuir nota 10 (100%) para S2 e S3 e nota (0%) para os sistemas

S1 e S4, uma vez que, para esses sistemas, não existe a possibilidade de se transferir potência da máquina principal para outras aplicações. A tabela 5.12 sintetiza esta avaliação.

Tabela 5.12 – notas para flexibilidade energética

Sistemas		Notas
S1		0%
S2		100%
S3		100%
S4		0%

5.6 MATRIZ DE DECISÃO PRELIMINAR

Na seção anterior foram examinados os méritos/deficiências das 4 alternativas

selecionadas pela votação de Pareto, em relação aos fatores escolhidos para comparação

das instalações propulsoras. As Tabelas 5.2 a 5.12, preparadas para sintetizar a avaliação

feita, podem ser utilizadas, juntamente com os pesos definidos para cada característica, para

contribuição da Matriz de Decisão conforme explicitado no capítulo 4, a Matriz de Decisão,

assim obtida, deveria se constituir em uma versão preliminar. Ela seria submetida ao

juízo do mesmo conjunto de especialistas que participou da votação de Pareto

gerando então uma versão final da Matriz de Decisão.

Não foi possível, porém, por limitação de tempo, completarmos todos os passos do

procedimento. Assim a Matriz de Decisão, que deveria ser entendida como preliminar, será

utilizada para efetuar a seleção da instalação propulsora do navio do Instituto

Oceanográfico.

A Tabela 5.13 apresenta a Matriz de Decisão preparada com base nas avaliações

efetuadas.

Tabela 5.13 - Matriz de Decisão Preliminar

Objetivo	Custo	Peso / Dimensão	Consumo	Ruído / Vibração	Manut.	Controle de Velocidade	Capacidade De manobra	Flexibil. Energética	\sum peso x nota
Alternativa	0,17	0,02	0,08	0,05	0,20	0,30	0,08	0,10	-----
S1	80%	85%	100%	70%	95%	100%	80%	0%	82,2%
S2	80%	83%	95%	80%	80%	100%	70%	100%	88,5%
S3	60%	95%	95%	80%	80%	100%	80%	100%	86,1%
S4	100%	88%	80%	50%	100%	20%	80%	0%	60,0%

Examinando a Tabela 5.13 percebe-se que a solução S4 deve ser descartada porque

é, realmente, pior que as outras.

O sistema S1, apesar de ter tido uma nota muito próxima das notas atribuídas aos

sistemas S2 e S3 também pode ser eliminada.

Em relação aos sistemas S2 e S3 a diferença é muito pequena para caracterizar uma

preferência significativa de uma em relação a outra. Neste caso é importante que se proceda

uma consulta aos especialistas para definir uma escolha. Seria também conveniente fazer

um levantamento mais preciso sobre custos, consumo específico, pesos e dimensões dos

diferentes sistemas.

CAPÍTULO 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 BREVE RESUMO DO TRABALHO

Neste trabalho foi proposto um procedimento para efetuar a seleção de instalação de propulsora de navios oceanográficos.

Foi feita inicialmente uma revisão das características de navios oceanográficos a partir de seu perfil de missão, procurando estabelecer requisitos a serem satisfeitos pelas instalações propulsoras. Em seguida foi feita uma discussão sobre o tipo de instalação propulsora empregadas em navios, apontando-se os fatores que influem na escolha das diversas alternativas. Em particular foi feita uma pesquisa do tipo de instalação propulsora empregada em navios oceanográficos.

A parte central da dissertação consiste na definição de um procedimento para efetuar a seleção. Sabe-se que em problemas deste tipo, onde há múltiplos fatores (critérios) de mérito, a escolha é complexa e requer o uso de um procedimento adequado.

Foram examinadas algumas alternativas de procedimento, tomando como base o conceito de Matriz de Decisão. Reconhecendo a subjetividade que é inerente a aplicação da técnica de Matriz de Decisão, procurou-se, em um primeiro momento, submeter a atribuição de pesos aos diversos fatores de comparação e a aplicação de notas, às opções previamente selecionadas, a um conjunto de árbitros, constituídos por comandantes, chefes de máquinas de navios oceanográficos e pesquisadores. O resultado não foi satisfatório.

Poucos dos questionários encaminhados retornaram e, mesmo assim, com respostas incompletas. Uma análise deste fato mostrou que os questionários não eram suficientemente claros para permitir uma compreensão precisa por parte dos avaliadores. Também o nível de conhecimento exigido para a resposta das questões estava acima do que seria possível esperar de pesquisadores e operadores de embarcações oceanográficas.

Foi, então, proposto um outro procedimento que não pode ser aplicado integralmente. Dividiu-se o processo de escolha em duas etapas:

1º) Votação de Pareto - Processo a qual submeteu-se aos especialistas um questionário, com a finalidade de se escolher 20% do número de opções pre-selecionadas.

2º) Matriz de decisão - processo de atribuição de pesos e notas para as características de cada uma das instalações propulsoras indicadas pela votação de Pareto, sendo que esta etapa teria um processo de realimentação.

O procedimento foi aplicado ao novo navio que está sendo projetado para o IOUSP. Os resultados da votação de Pareto apontaram quatro alternativas para análise através da técnica de matriz de decisão, correspondendo a:

- S1 - Duas linhas de eixo, cada uma com um motor diesel, redutor mecânico e hélice de passo controlável;
- S2 Conjunto diesel-gerador, motor elétrico de corrente contínua e hélice de passo fixo;
- S3 - Conjunto diesel-gerador, dois motores de corrente alternada síncronos de pólos permanentes e duas linhas de eixo com hélice de passo fixo;
- S4 - Duas linhas de eixo, cada uma com um motor diesel, redutor mecânico e hélice de passo fixo.

Hoje em dia os motores síncronos de pólos permanentes ainda são 15% mais caros que os mais influenciou a classificação final entre estes dois sistemas comentados foi o fator custo. o segundo lugar são instalações diesel-elétricas. Porém, percebe-se que a característica que Tanto a instalação que tirou primeiro lugar na pontuação da matriz de decisão como elétricos tomam o lugar das convencionais instalações diesel.

navios. Devido ao grande avanço da eletrônica de potência, cada vez mais os sistemas novas configurações ganhando a confiança dos armadores, construtores e usuários de Com relação as alternativas de instalação propulsora, constatou-se que existem decisão, que não foi possível realizar durante a elaboração desta dissertação.

(concepção) do navio. Ela deve incluir, necessariamente, a realimentação da matriz de constituiu uma ferramenta adequada para emprego nas fases iniciais do projeto Em relação ao procedimento de seleção entende-se que a proposta apresentada instalações propulsoras e em sua aplicação a um exemplo prático.

O trabalho consistiu, essencialmente, na formulação de um procedimento para seleção de

6.2 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

especialistas.

mais preciso de dados; ii) submissão dos pesos e notas utilizados à avaliação dos restringida a esta alternativa antes de estudos mais detalhados que incluam: i) levantamento diferença de pontuação entre este sistema e o S3 é muito pequena, a escolha não deve ser o sistema S2 como aquele que conduz a um maior grau de satisfação. No entanto, como a A aplicação do conceito de Matriz de Decisão para estes quatro sistemas selecionou

88

que favorecem a capacidade de manobra das embarcações.

Percebe-se também um crescimento na aplicação de sistemas azimutais e azipod, dois sistemas.

mais próximo essa diferença diminua e se inverta a situação de classificação entre estes sistemas diesel - elétricos com motores de corrente contínua. Isso mostra que num futuro

BIBLIOGRAFIA

- 01 Rosenblatt, L. The Design of modern oceanographic research ships, Transactions SNAMÉ, vol.68, 1960
- 02 Daiola, J., e Griffin, J.J. Developments in the Design of Oceanographic Ships, Transactions SNAMÉ, vol 94, 1986
- 03 Washio, Y. Miyoshio, M., Takekuma, K., Yamada, K. e Kobayashi, K. Recent Research and Development in the Design of Oceanographic Research Vessel, Marine Technology, vol. 31, n.1 Jan, 1994, p.1-19
- 04 Dieter, George, E., Engineering Design, Decision Theory, Mc Grawhill 1983, p. 84-96
- 05 Hewitt, W.C., Dissertação de Mestrado, Ship Power Plant Selection, 1972
- 06 Rangel, Ten. J.C.F., Attie, Ten.S.S., Projeto de Instalações de Máquinas, Dezembro 1991
- 07 Orselli, R.M., Projeto de Instalações de Máquinas para navios oceanográficos, Março 1999
- 08 Osaka, Note on how to obtain minimum hull resistance and maximum propulsion efficiency on a ship design, Papers Series, 1981
- 09 MER, Abril 1999, Tankers, p. 14
- 10 MER, Novembro 1999, Containership, p. 15
- 11 Problem Formulation (Cap II)
- 12 COLEMAN-Marine Engineering- Vol I cap. 2 – (Diesel engines)
- 13 Harvald, S.V.A., Resistance and Propulsion of Ships, cap. 4
- 14 Asinovsky, V., Marine technology, Features of Maneuverability of Ships with Steerig Nozzles, vol.23, n.1, Janeiro 1986, p.23-34
- 15 DEUTZ, Catalogo, 1º ed. 1998
- 16 MER, Directory of Marine Diesel Engines, Abril 1997
- 17 MER, Ship Types, CRUISE (Azimuthal), Novembro 1999
- 18 Powell, M.L., Marine Engineering, Noise Control Fundamentals, cap. 13
- 19 Harrington, R.L., Marine Engineering, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, Electric Propulsion Drives, 1992
- 20 Volvo Penta, Catalogos, 1999/2000
- 21 ANDRADE, e Outros - Projeto de navio oceanográfico-1999 -trabalho da disciplina PNV
- 22 NAPROCEERVICE, Catalogos, 2000
- 23 HRP – Holland Roerpropeller, Catalogos, 2000.
- 24 Hutchison, B.L. e Laible, D.H. Conceptual Desing of a Medium-Endurance Research Vessel Optimized for Mission Flexibility and Seakeeping, Marine Technology, vol. 24, n.2 abril, 1987, p. 170-190.
- 25 Strasel, E.S., Bebar, M.R. e Lee, H. Reasibility Studies for na Ice - Capable Oceanographic Survey Ship FY92 T-AGS Ocean (ICE), Marine Technology, april, 1993, p. 120-134.
- 26 Sem, P. e Yane, J. B., Multiple Criteria Decision Support in Engineering Design, Springer , 1998

- Witt, G.L. e Hankinson, K., Inboard Motor Installations, Jet Drives, Cap 6, 1978
- Csillag, J.M., Análise do Valor, Técnicas de Seleção e Avaliação, Ed. Atlas, p160-166, 1991
- Love, S.L., Advanced Professional Developed inc, Los Angeles, p-150-166, 1986
- Fisher, M., Intuição, estratégias e exercícios, Nobel, 1991
- Mitcham, A.J., et al., Motors and drives for surface ship propulsion, The Institute of Marine Engineers – 1995
- Letellier, P., - Electrical propulsion motors, The Institute of Marine Engineers-1995
- Nurni, J., The electric concept, The Institute of Marine Engineers-1995
- MER, Marine Engineers Review, R&D to remove bugs from pods – artigo, pp.13e14, março, 2001.

ENDERÇOS CONTACTADOS (INTERNET)

1. <http://www.imarpe.gob.pe/imarpe.html>
2. <http://www.melim.com.br/~oceano>
3. <http://www.unp.edu.pe/ingpesqueira/pesqueria.html>
4. <http://www.cicimar.ipn.mx/intraes.htm>
5. <http://www.imarpe.gob.pe/index2.html>
6. <http://www.iti.unicamp.br/jornal-da-ciencia/msg00315.html>
7. <http://www.furg.br/furg/depart/oceano/labs.html>
8. <http://spo.nwr.noaa.gov/mcontent.html>
9. <http://www.iim.csic.es/FaroDeVigo/MaryPescaa/Mayo97/Mayo97.html>
10. <http://www.madryn.com/guestbook/guestbook98.html>
11. <http://cenamb.rect.ucv.ve/siamnaz/dir-inww/brasil4.htm>
12. <http://home.its.com.br/~cavalcan/index.htm>
13. <http://www.geocities.com/colleges/Park/Gym/8585>
14. <http://www.horta.uac.pt/>
15. <http://membro.intermega.com.br/boatase/boatase.html>
16. <http://www2.nerj.br/~oceano>
17. <http://www.octopus.furg.br/dipolvo/disc1-welc.htm>
18. <http://leptocephala.lei.furg.br/lei>
19. <http://www.cepemar.com>
20. <http://aquanamodelo.com.br>
21. <http://www.nodc.noaa.gov>
22. <http://www.whoiedu>
23. <http://nemo.ucsd.edu>
24. <http://www.aodc.gov.au/AODC.html>
25. <http://www.joi-odp.org/>
26. <http://www.nbi.ac.uk.bodc/bodcmail.html>
27. <http://aoml.noaa.gov/>
28. <http://gcmd.nasa.gov/pointers/ocean.html>
29. <http://www.env.duke.edu/marinelab/hatteras/duncoc.html>
30. <http://www.navo.hpc.mil/>
31. <http://ioc.unesco.org/iocweb/IOCInfoCervice/activites.htm>
32. <http://www.soc.soton.ac.uk/LIB/index.html>
33. <http://www.coastal.ufl.edu/>

ENDERÇOS DE E-MAIL

1. services@nodc.noaa.gov
2. biology@whoiedu
3. po@whhoiedu
4. meg@whoiedu
5. marineops@whoiedu

EMPRESAS CONTACTADAS.

6. development@whoi.edu
7. dnewton@ucsd.edu
8. siocomm@sio.ucsd.edu
9. toi@brook.edu
10. bodycmail@ccms.ac.uk
11. webmaster@aoml.noaa.gov
12. olsen@gcmd.gsfc.nasa.gov
13. joen@duke.edu
14. schatzle@navo.hpc.mil
15. p.pissierssens@unesco.org
16. noi@soc.soton.ac.uk
17. HUDSON@cc.ufl.edu
18. heriquepestanana@spnavais.pt
- 19.

VOLVO PENTA – WWW.VOLVO.COM

SCANIA – WWW.SCANIA.COM

CUMMINS – WWW.CUMMINS.COM

MAC – WWW.MAC.COM

DEUTZ – WWW.DEUTZ.COM

NAVALSUL – WWW.NAVALSUL.COM.BR

HELICON redutores helicoidais

YANMAR – WWW.YANMAR.COM.BR

CHICAGO PENUMATIC

HOSSODA (representante WEG)

São apresentados neste apêndice cópias dos formulários preparados para obter avaliação sobre importância dos fatores relacionados com a escolha da instalação propulsora e sobre os méritos de cada alternativa.

Os formulários foram preparados em 3 versões: Português, Inglês e Espanhol.

APÊNDICE A

FORMULÁRIOS INICIAIS

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA
Departamento de Engenharia Naval e Oceânica

Nosso departamento está trabalhando em um projeto de navio oceanográfico. Este navio será utilizado pelo Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo.

Para podermos determinar o melhor sistema de propulsão deste navio necessitamos da sua ajuda.

Para escolhermos o melhor sistema iremos aplicar um método chamado “*matriz de decisão*” esta matriz e calculada a partir da interação de *notas* e *pesos*. Estas notas e pesos deverão ser atribuídas levando-se em conta o melhor desempenho de cada característica em cada sistema.

Abaixo estamos enviando dois pequenos questionários. Responda estes

questionários e ajude-nos a desenvolver novas opções de propulsão naval.

Agradecemos desde já.

Rogério C. Ribeiro
Pós-graduando

PESQUISA PARA DETERMINAÇÃO DE PESOS

Das 12 características abaixo, classificar as de maior importância para o sistema buscado interligar essas importâncias entre si através dos valores de (0 a 10) podendo repetir conceitos. (obs. Estes valores de 0 a 10 estão relacionados as porcentagens de importância)

Pesos

Características

- Custos ()
- Dimensões ()
- Peso ()
- Ruídos ()
- Vibrações ()
- Autonomia ()
- Rendimento ()
- Consumo ()
- Confiabilidade ()
- controle de velocidade ()
- Manutenção ()
- Possibilidade de utilizar a energia do sistema principal para outros fins. ()

Relacione outras características da instalação propulsora que você acha importante, juntamente com seus respectivos pesos.

()

()

()

PESQUISA PARA DETERMINAÇÃO DE NOTAS PARA SISTEMAS DE PROPULSÃO

Os sistemas de propulsão descritos abaixo poderão ser utilizados em um navio oceanográfico de pesquisa. Atribua notas de 0 a 10 para as características abaixo.

Características	01 Diesel	01 Diesel	02 Diesel +	02 Diesel +	02 Diesel	02 Diesel
02 Diesel + Redutor + hélice de passo variável	01 Diesel + Redutor + hélice de passo variável	01 Diesel + Redutor de eixo + hélice de passo variável	02 Diesel + Redutor + gerador de eixo + hélice de passo variável	02 Diesel + Redutor + gerador de eixo + hélice de passo variável	02 Diesel + Redutor + gerador de eixo + hélice de passo variável	02 Diesel + Redutor + gerador de eixo + hélice de passo variável
Linha de eixo (quantidade de eixos) – marcar "X" para melhor opção	() ()	() ()	() ()	() ()	() ()	() ()
Ruídos	() ()	() ()	() ()	() ()	() ()	() ()
Vibração	() ()	() ()	() ()	() ()	() ()	() ()
Confiabilidade	() ()	() ()	() ()	() ()	() ()	() ()
Controle de velocidade	() ()	() ()	() ()	() ()	() ()	() ()
Custos de Manutenção	() ()	() ()	() ()	() ()	() ()	() ()
* Flexibilidade Energética	() ()	() ()	() ()	() ()	() ()	() ()

Outras características que julgar relevantes:

_____ () () () () () () () () () ()

_____ () () () () () () () () () ()

_____ () () () () () () () () () ()

_____ () () () () () () () () () ()

- Flexibilidade energética – capacidade de converter energia para ser utilizado para outras finalidades sem comprometimento do sistema principal.

São Paulo University
Naval Architecture and Ocean Engineering Department

Dear Sirs,

The Naval Architecture and Ocean Engineering Department of the São Paulo University- Brazil is developing, in cooperation with the Oceanographic Institute of the same University, the project of a research vessel.

One of the main concerns in the definition of the ship design is the selection of the ship propulsion plant. Since there are many factors which influence the selection of the best alternative, we are working with a kind of *decision matrix* procedure. Using this approach we feel that it is very important to ask the opinion of people involved with the design and operation of oceanographic vessels.

Therefore we would ask your kindly cooperation with our work in answering the inclosed questionnaire.

We thank you in advance for your attention.

Hernani Brinati - Thesis Supervisor
Rogério Ribeiro – Graduate Student

RESEARCH QUESTIONNAIRE.

The propulsion system would be used in a oceanographic vessel. Could you give us the grades (0 to 10) according each characteristics for the different power plant alternatives.

Characteristics	Shaftline (number) - mark with "X" for the best option	Noise	Vibration	Autonomy	Speed control.	Maintenance	Onversion to another energy forms *
02 Diesel engines + Reduction gear + controllable pitch propeller	*	()	()	()	()	()	()
01 Diesel engines + Reduction gear + controllable pitch propeller	() () 1 2	()	()	()	()	()	()
01 Diesel engines + Reductor gear+ shaft generator + pitch propeller	() () 1 2	()	()	()	()	()	()
02 Diesel engines + Reductor gear+ shaft generator + controllable pitch propeller	*	()	()	()	()	()	()
02 Diesel engines+ Reductor gear + azimuthal	*	()	()	()	()	()	()
02 Diesel generator+ electric motor +reductor gear+ controllable pitch propeller	() () 1 2	()	()	()	()	()	()

Other characteristics.

	()	()	()	()	()	()
	()	()	()	()	()	()
	()	()	()	()	()	()
	()	()	()	()	()	()

Agradecemos anticipadamente su atención.

El departamento de ingeniería naval de la Universidad de São Paulo, está trabajando un proyecto de construcción de un buque de investigación para el instituto Oceanográfico. En este proyecto, la selección del sistema propulsor es de especial importancia y para llegar a la decisión más adecuada estamos utilizando un tipo de matriz de decisión. Por lo tanto necesitamos la opinión de personal involucrado con proyectos similares y operación de embarcaciones oceanográficas. Por lo expuesto, solicitamos la inestimable cooperación de su institución para responder el cuestionario del anexo.

Departamento de Engenharia Naval e Oceânica

Universidade de São Paulo
ESCOLA POLITÉCNICA

PESQUISA PARA DETERMINAÇÃO DE PESOS

Das 12 características abaixo, classificar as de maior importância para o sistema buscado interligar essas importâncias entre si através dos valores de (0 a 10) podendo repetir conceitos. (obs. Estes valores de 0 a 10 estão relacionados as porcentagens de importância)

- Custos ()
- Dimensão ()
- Peso ()
- Ruído ()
- Vibrações ()
- Autonomia ()
- Rendimento ()
- Consumo ()
- Confiabilidade ()
- Controle de velocidade ()
- Manutenção ()
- Possibilidade de utilizar a energia do sistema principal para outros fins. ()

Relacione outras características da instalação propulsora que você acha importante, juntamente com seus respectivos pesos.

- () _____
- () _____

PESQUISA PARA DETERMINAÇÃO DE NOTAS PARA SISTEMAS DE PROPULSAO

Os sistemas de propulsão descritos abaixo poderão ser utilizados em um navio oceanográfico de pesquisa. Atribua notas de 0 a 10 para as características abaixo.

Características	02 Diesel + Redutor + hélice de passo variável	01 Diesel + Redutor + hélice de passo variável	02 Diesel + Redutor de eixo + hélice de passo variável	02 Diesel + Redutor + azimutal	02 Diesel + Motor elétrico + hélice de passo variável
Linha de eixo (quantidade de eixos) - marcar "X" para melhor opção	*	() () 1 2	() () 1 2	*	() () 1 2
Ruídos	() ()	() ()	() ()	() ()	() ()
Vibração	() ()	() ()	() ()	() ()	() ()
Confiabilidade	() ()	() ()	() ()	() ()	() ()
Controle de velocidade.	() ()	() ()	() ()	() ()	() ()
Custos de Manutenção	() ()	() ()	() ()	() ()	() ()
* Flexibilidade. Energética	() ()	() ()	() ()	() ()	() ()

Outras características que julgar relevantes:

_____ () () () () () () () ()

_____ () () () () () () () ()

_____ () () () () () () () ()

DADOS DA EMBARCAÇÃO.

Abaixo são listadas algumas informações preliminares da embarcação. identificar alguns dos melhores sistemas para participar de uma análise mais aprofundada. A técnica utilizada neste questionário se refere à votação de Pareto, a qual busca isto não impede, porém, que novos sistemas sejam propostos e analisados. através de uma análise baseada em navios semelhantes e viabilidades técnicas/econômicas, oceanográfico apresentado abaixo. Os sistemas indicados a seguir foram pré selecionados o objetivo de definir instalações propulsoras que possam satisfazer as demandas do navio Este texto contém um questionário que está sendo enviado para sua apreciação com

OCEANOGRÁFICOS DE PEQUENO PORTE

INSTALAÇÕES PROPULSORAS PARA UTILIZAÇÃO EM NAVIOS

selecionadas que foi enviado aos especialistas. Apresenta-se neste apêndice o questionário formulado com as opções pré-

FORMULÁRIO PARA A VOTAÇÃO DE PARETO

APÊNDICE B

- Flexibilidade energética – capacidade de converter energia para ser utilizado para outras finalidades sem comprometimento do sistema principal.

_____ () () () () () () () () () ()

Trata-se de um navio de pesquisa que está sendo projetado a pedido do Instituto Oceanográfico da USP e irá atuar com pesquisas gerais nas áreas físicas, químicas, geológicas e meteorológicas, não só a serviço da universidade mas também podendo ser alugado a outras instituições para usos diversos.

Lpp - comprimento entre perpendiculares	48,5 m
Loa - comprimento na linha d'água	50,0 m
B - boca	10,0 m
d - calado	3,4 m
D - pontal	5,0 m
Δ - deslocamento	800,0 ton
Cb - coeficiente de bloco	0,496
Cp - coeficiente prismático	0,625
Cm - coeficiente de seção mestra	0,794
Pot _{maq} - potência de máquina	760 hp
Comprimento da praça de máquinas	8,5 m
Altura da praça de máquinas	4,0 m

REQUISITOS A SEREM SATISFEITOS PELA INSTALAÇÃO PROPULSORA

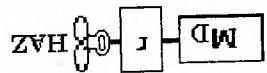
- O navio deve ser capaz de manter qualquer velocidade na faixa de 0 a 12 nós;
- Adequada manobrabilidade para que este navio possa se manter posicionado num determinado ponto da região pesquisada ou seguir uma trajetória pré-determinada;

- Níveis de ruído e vibração que não afetem a habitabilidade, a estrutura da embarcação e os equipamentos e sensores utilizados na pesquisa;
- Sistemas que possuam dimensões compatíveis com as dimensões da praça de máquinas e peso compatível com o deslocamento da embarcação.

QUESTÃO PROPOSTA

Considerando as opções de instalações propulsoras abaixo indicadas e os requisitos estabelecidos para o navio oceanográfico, assinale as três melhores alternativas:

- ()
- ()
- ()
- ()
- ()
- ()
- ()
- ()
- ()
- ()
- ()
- ()



()

LISTAR MAIS OPÇÕES PARA
VOTAÇÃO, SE DESEJAR.

()

()

()

()

ABREVIATURAS

- M_D – motor diesel média rotação;
- r – redutor de uma entrada e uma saída;
- R – redutor de duas entradas e uma saída;
- HPF- hélice de passo fixo;
- HPC- hélice de passo variável;
- HAZ – hélice azimutal com passo variável;
- G – gerador de eixo;
- GCC – gerador de corrente contínua;
- GCA – gerador de corrente alternada;
- Me – motor elétrico;
- Ret. – retificador ac/dc;
- Mcc- motor elétrico de corrente contínua;
- Mca – motor elétrico de corrente alternada;
- V – variador eletrônico de velocidades.