

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola Politécnica
Engenharia Naval e Oceânica



**Avaliação de Sistemas Diesel Elétrico, Mecânico e
Híbrido para embarcações de Apoio a
Plataformas.**

Projeto de Graduação

**Felipe Arcoverde Coelho de Souza
DRE: 108041881**

**Professor Orientador
Luiz Antônio Vaz Pinto**

Rio de Janeiro, RJ- Brasil

Setembro, 2013

“Avaliação de Sistemas Diesel Elétrico, Mecânico e Híbrido para embarcações de Apoio a Plataformas”

Felipe Arcoverde Coelho de Souza
DRE: 108042219

Projeto Final apresentado ao Departamento de Engenharia Naval e Oceânica, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Naval e Oceânica.

Luiz Antônio Vaz Pinto, D. Sc., (Orientador).

Rio de Janeiro, RJ- Brasil

Setembro, 2013

“Avaliação de Sistemas Diesel Elétrico, Mecânico e Híbrido para embarcações de Apoio a Plataformas”

Felipe Arcoverde Coelho de Souza

DRE: 108042219

PROJETO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA NAVAL E OCEÂNICA DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRA NAVAL E OCEÂNICA.

APROVADO POR:

Luiz Antônio Vaz Pinto, D. Sc.
(ORIENTADOR)

Carlos Rodrigues Pereira Belchior, D. Sc, Prof. Adjunto UFRJ

Antonio Carlos Ramos Troyman, D.Sc. Eng Pesquisador COPPE/UFRJ

Rio de Janeiro, RJ- Brasil

Setembro, 2013

Agradecimentos:

Essa é mais uma conquista, que só foi possível, graças ao apoio e esforço de uma grande família. Agradeço ao meu pai George, que sempre esteve ao meu lado, me dando apoio para prosseguir em todos os momentos, principalmente naqueles em que eu pensava em desistir. A minha mãe Renata que sempre me doou palavras de carinho e incentivo. A minha irmã, Daniella, por ser minha melhor amiga e sempre vibrar com minhas conquistas. E aos meus familiares que me acompanharam nessa jornada, em especial minha querida tia Eli, sempre torcendo pelo meu sucesso e por minhas conquistas. Muito obrigado. Amo vocês demais.

Agradeço imensamente aos professores, pesquisadores e funcionários dos laboratórios LEME e LEDAV por toda a orientação que recebi, principalmente ao meu orientador Luiz Vaz, pela paciência e presteza com que me acompanharam nesses últimos meses.

Agradeço também o auxílio dos Gerentes da empresa Wartsila, Mário Barbosa e Renato Barcellos, que com muita paciência, experiência de mercado e sabedoria me ensinaram os passos a seguir na elaboração da metodologia do projeto em questão.

Agradeço a cada um dos meus amigos. Aos da infância pelo companheirismo e amor sempre demonstrados, e aos da faculdade pela união e ajuda nos momentos de estudo. Cada um ajudando de uma forma diferente, mas não menos importante.

Agradeço a minha segunda família, a família Naval, com a qual convivi a maior parte da minha vida nesses cinco anos. Espero que continuem a fazer parte da minha história, e que possamos comemorar mais vitórias, unidos e felizes.

Por fim, agradeço aquele que eu não tenho dúvidas que está e sempre estará ao meu lado, em todos os momentos, me protegendo e mostrando os caminhos que devo seguir. Obrigado, meu Deus.

Sumário

1. Introdução:	7
2. Objetivo:.....	7
3. Motivação:.....	7
4. Navios de Apoio a Plataforma:	8
4.1. Navios AHTS:.....	8
4.2. Navios PSV:.....	8
5. Sistemas Propulsivos:.....	10
5.1. Sistema Diesel Mecânico:.....	10
5.2. Sistema Diesel Elétrico:.....	11
5.3. Sistema Híbrido (Diesel Mecânico + Diesel Elétrico):	13
6. Comparação Sistemas Propulsivos:	15
7. Cálculo de Consumo de Combustível: Navio AHTS.....	20
7.1. Sistema Propulsivo Híbrido:	20
7.2. Sistema Propulsivo Diesel Mecânico:	46
7.3. Sistema Propulsivo Diesel Elétrico:.....	53
8. Cálculo Consumo de Combustível navio PSV:	59
8.1. Sistema Propulsivo Híbrido:.....	59
8.2. Sistema Propulsivo Diesel Mecânico:	73
8.3. Sistema Propulsivo Diesel Elétrico:.....	78
9. Resultados:	82
10. Comparações:	83
11. Conclusão:	86
12. Referências:	87

Resumo do Projeto apresentado à Escola Politécnica/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção da graduação em Engenharia Naval e Oceânica.

“Avaliação de Sistemas Diesel Elétrico, Mecânico e Híbrido para embarcações de Apoio a Plataformas”

Felipe Arcoverde Coelho de Souza

DRE: 108042219

O sistema propulsivo de uma embarcação é de suma importância, pois além de ser o elemento funcional responsável por promover o deslocamento da embarcação, influencia na viabilidade econômica da mesma, uma vez que esta intimamente ligada ao custo operacional dela.

Navios do tipo PSV e AHTS são embarcações de apoio a plataformas. O primeiro é responsável pelo transporte de suprimentos em seus tanques e em seu convés e o segundo de reboque e ancoragem de unidades flutuantes. O sistema propulsivo dessas embarcações pode ser de três tipos diferentes; Sistema Diesel Elétrico, Sistema Diesel Mecânico ou Sistema Híbrido. O primeiro é composto por geradores elétricos e cabos de transmissão, o segundo por motores diesel e linhas de eixo e o terceiro é mescla dos dois primeiros, sendo composto tanto por motores diesel quanto por geradores elétricos.

A escolha do sistema propulsivo a ser utilizada em uma embarcação esta intimamente ligada ao perfil operacional e contexto geográfico ao qual essa embarcação esta inserida, onde o perfil operacional são as atividades que a embarcação estará sujeita a realizar e o contexto geográfico a área de atuação dela.

No presente projeto serão avaliados e explicitados os diferentes tipos de Sistema Propulsivo, mostrando suas características e suas especificidades, comparando-os quanto ao consumo de combustível de acordo com seu perfil operacional demonstrando assim os impactos em seu custo operacional. Para isso serão feitos Cálculos do consumo de combustível para um navio do tipo AHTS e outro do tipo PSV que operem na Bacia de Campos, para sistemas de transmissão diesel-elétrico, mecânica e híbrido. Nos cálculos serão consideradas as perdas dos sistemas, bem como o perfil operacional real de cada embarcação.

1. Introdução:

Os avanços tecnológicos existentes hoje em dia fazem com que existam diferentes tipos de sistemas propulsivos. Isso proporciona uma redução no consumo de combustível, redução nos impactos ambientais, simplificam tanto o projeto quanto a construção, torna a utilização dos espaços a bordo melhor aproveitados, além de melhorar o ambiente de trabalho da tripulação (vibração e ruído).

2. Objetivo:

Avaliar e explicitar os diferentes tipos de Sistema Propulsivo, mostrando suas características e suas especificidades, comparando-os quanto ao consumo de combustível de acordo com seu perfil operacional. Serão avaliadas embarcações do tipo AHTS (Anchor Handling Tug Supply) e PSV (Platform Supply Vessel). Navios PSV operam em condição de Viagem e Posicionamento Dinâmico, enquanto os AHTS operam ainda em uma terceira condição chamada Tração Estática. Todas essas condições serão avaliadas nesse projeto.

3. Motivação:

A motivação principal do presente projeto se deve ao fato do interesse do aluno perceber e estudar a fundo o quanto uma boa escolha de sistema propulsivo pode influenciar num projeto inteiro de uma embarcação, tornando-o mais econômico do ponto de vista operacional além de mais rentável e competitivo frente ao mercado de afretamento.

4. Navios de Apoio a Plataforma:

4.1. Navios AHTS:

O navio AHTS (Anchor Handling Tug Supply), é uma embarcação polivalente, especializada em operações do tipo offshore, sendo utilizado em operações de manobras de âncoras, posicionamento de plataformas, reboques oceânicos de grandes estruturas e embarcações (a grande maioria das movimentações oceânicas de plataformas de petróleo e FPSO's são realizadas pelos AHTS). Estas embarcações também atuam no socorro e salvamento, combate a incêndios, transporte de suprimentos e cargas múltiplas, tais como, equipamentos para perfuração e prospecção de petróleo, tubulações, containers, correntes, possuindo ainda tanques específicos para transporte de combustível, água potável, drill water, cimento, barita, betonita, slops, entre outros.



Figura 1: Embarcação AHTS

4.2. Navios PSV:

O navio PSV (Platform Supply Vessels) caracteriza-se por seus amplos espaços de convés e grande capacidade de manuseio de carga. Estes navios são utilizados no transporte de materiais, suprimentos e funcionários para plataformas de perfuração, navios-sonda e embarcações maiores, operando dentro da bacia petrolífera. Também têm como missão dar suporte à construção, manutenção e trabalho submarino em alto-mar, além de remover os resíduos gerados na atividade para a base de apoio.

Estas embarcações possuem equipamentos peculiares para detecção, contenção, sucção e armazenamento de suprimentos e consumíveis, em tanques apropriados e segregados a bordo do navio. Sobre o convés, realizam o carregamento de equipamentos e tubos, além de cargas soltas e containerizadas; e abaixo do convés, fazem o transporte de granéis sólidos e líquidos como lama, cimento, água, combustível e produtos químicos, dentre outros.



Figura 2: Embarcação PSV

5. Sistemas Propulsivos:

5.1. Sistema Diesel Mecânico:

A propulsão Diesel Mecânica é o sistema propulsivo mais comumente utilizado em embarcações que necessitam de “força bruta”, que necessitam de grande potência propulsiva, que produzam a tração estática (Bollard Pull) necessária para atividades como reboque de unidades flutuantes e/ou outras embarcações, além da fixação de âncoras em solo marinho, caso típico de AHTS’s.

A configuração de tal sistema propulsivo é caracterizada pela presença de duas linhas de eixo, com caixas redutoras de dupla entrada e saída única, além de dois motores Diesel por linha de eixo, em um arranjo conhecido como *father-and-son*, no qual os motores possuem potências distintas. Em cada caixa redutora há geralmente uma tomada de força com um gerador de eixo. Devido a isso cada linha de eixo pode então ser servida por cada um dos motores, individualmente o simultaneamente.

Abaixo pode ser verificada uma ilustração esquemática do Sistema Propulsivo Diesel Mecânica:



Figura 3: Propulsão Diesel Mecânica (Fonte: Wartsila)

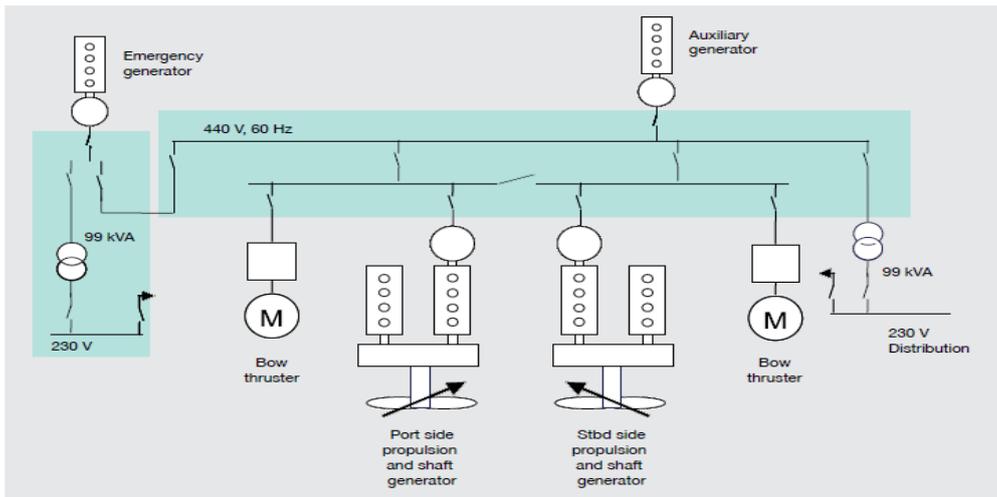


Figura 4: Esquema Sistema Diesel Mecânico (Fonte: ABB)

5.2. Sistema Diesel Elétrico:

A propulsão Diesel Elétrica é normalmente utilizada em embarcações em que aspectos como alto grau de manobrabilidade e a necessidade do sistema de DP (*Dynamic Positioning*) fazem com que a escolha de um sistema não convencional seja o melhor, caso típico de PSV's. O sistema é composto basicamente por Gerador Diesel Elétrico, painéis de distribuição, cabos de transmissão além de propulsores do tipo azimutais. Tal sistema apresenta as seguintes vantagens:

- Flexibilidade na organização da sala de máquinas;
- Eliminação das linhas de eixo;
- Manutenção menor para os Motores Diesel;
- Menor Consumo de Combustível;
- Alta confiabilidade;
- Maior disponibilidade;
- Menor nível de vibração e ruído;
- Redução de emissão de gases poluentes (CO₂, NO_x)

Abaixo pode ser verificada uma ilustração esquemática do Sistema Propulsivo Diesel Elétrico:

Propulsão Diesel Elétrica

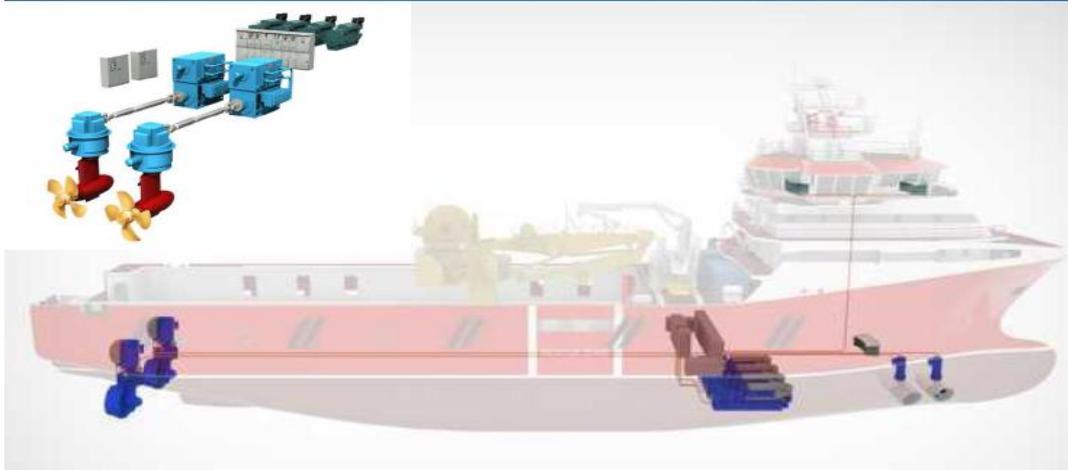


Figura 5: Propulsão Diesel Elétrica (Fonte: Wartsila)

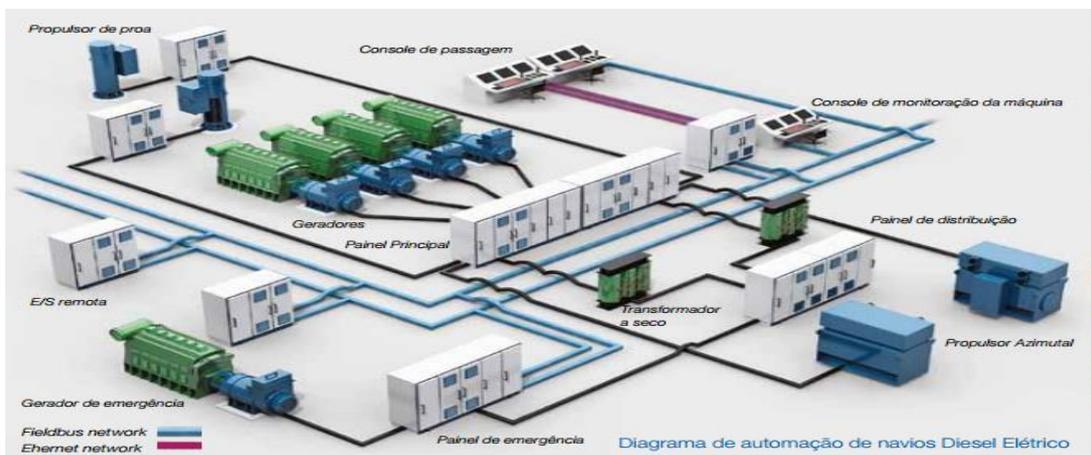


Figura 6: Diagrama de automação de navios Diesel Elétrico (Fonte: ABB)

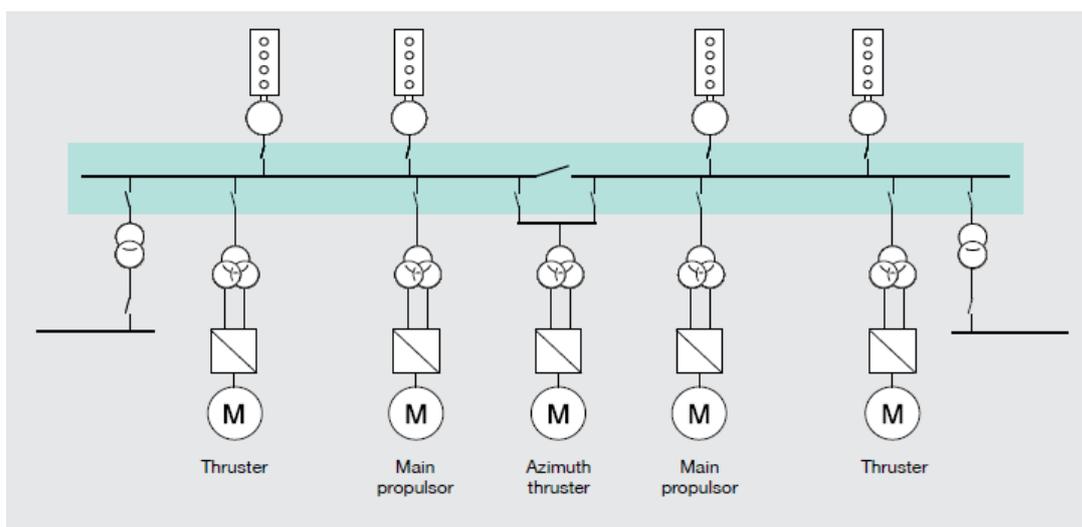


Figura 7: Esquema Sistema Diesel Elétrico (Fonte: ABB)

5.3. Sistema Híbrido (Diesel Mecânico + Diesel Elétrico):

Em navios de suporte a plataforma a capacidade total do motor deve ser dimensionada para atingir a velocidade de serviço solicitada pela embarcação, ou a capacidade de posicionamento dinâmico, nas piores situações meteorológicas possíveis. Como a maioria das novas embarcações *supply* são classificadas como DP 2, ou seja, com necessidade de redundância de seus equipamentos, a potência total instalada pode ser muito maior que a requerida para cargas médias.

Até pouco tempo atrás quase todos os navios do tipo AHTS (Anchor Handling Tug Supply) eram construídos com sistema propulsivo do tipo Diesel Mecânico, devido ao foco primordial da embarcação que é o ballard pull, capacidade de tração estática, característica necessária para as atividades operacionais de reboque.

O sistema conhecido como Híbrido foi sendo estudado como uma possível solução para esses navios, que por possuírem um diversificado perfil operacional possuíam grande desperdício de energia. Um fator importante do estudo foi que os custos de construção adicionais eram mais baixos quando comparados com os benefícios gerados, como a economia de combustível inerente a esse sistema.

O sistema conhecido como Híbrido é caracterizado pela mescla dos dois primeiros sistemas propulsivos mencionados anteriormente. Foi uma forma escolhida por projetistas de aliar as melhores qualidades do diesel mecânico com o diesel elétrico, afim de com isso evitar o consumo excessivo de combustível em embarcações com perfis operacionais com atividades distintas, que exigem diferentes níveis de energia.

Esse sistema permite uma versatilidade na geração de energia, atendendo todas as faixas de consumo, dentro das faixas de operação dos Motores e Geradores do sistema. Trabalhar a maior parte do tempo dentro da faixa de operação de projeto dos motores e geradores resulta em maior eficiência energética e economia de combustível.

O sistema é composto pela parte mecânica, com motores diesel, caixas redutoras, geradores de eixo, pela parte elétrica, com motores elétricos, além de geradores auxiliares necessários pra suprir a demanda elétrica da embarcação juntamente com geradores de eixo.

A seguir, está representado um diagrama esquemático do sistema Híbrido.

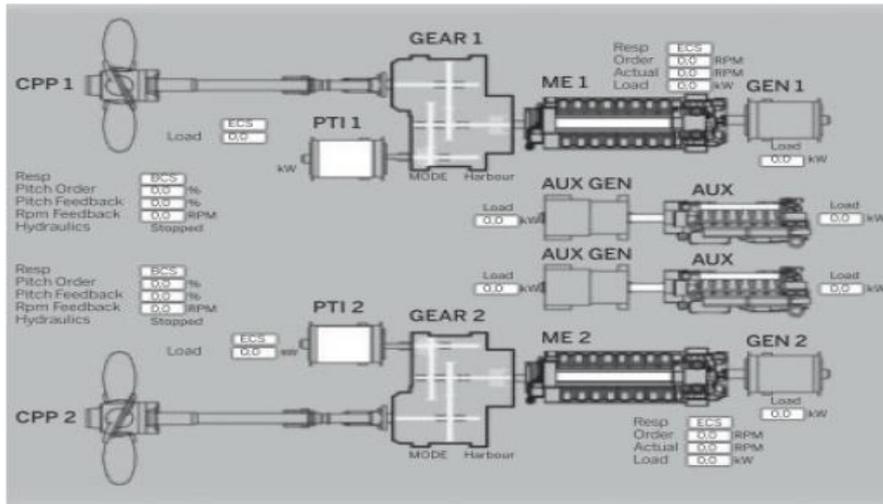


Figura 8: Equipamentos Sistema Propulsivo Híbrido (Fonte Wartsila)



Figura 9: Sistema Propulsivo Híbrido (Fonte: Wartsila)

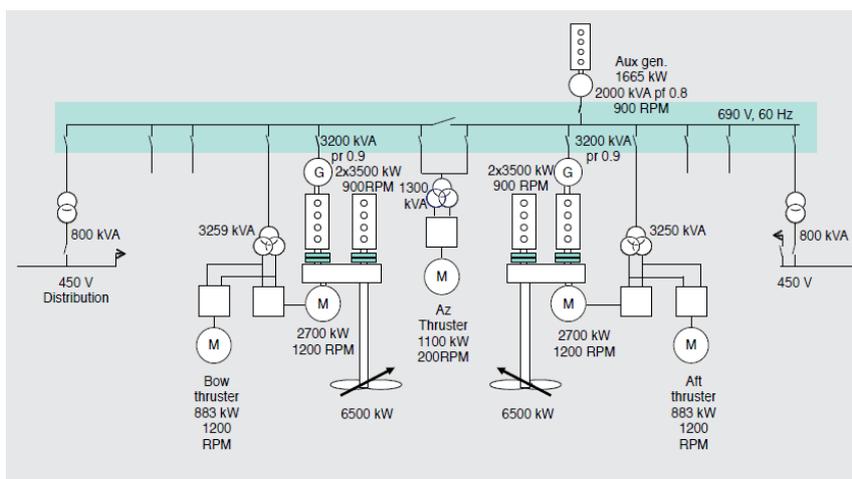


Figura 10: Esquema Sistema Híbrido (Fonte: ABB)

Em princípio, a embarcação com Sistema Propulsivo Híbrido pode ser operada de três maneiras:

- Propulsão elétrica pura para manobras de baixa velocidade, trânsito e DP;
- Propulsão mecânica pura para operações de reboque e trânsito de alta velocidade;
- Propulsão elétrica e mecânica híbrida, onde equipamentos elétricos podem ser utilizados como um “reforço” para o sistema de propulsão mecânica no intuito de atingir os requisitos de tração estática.

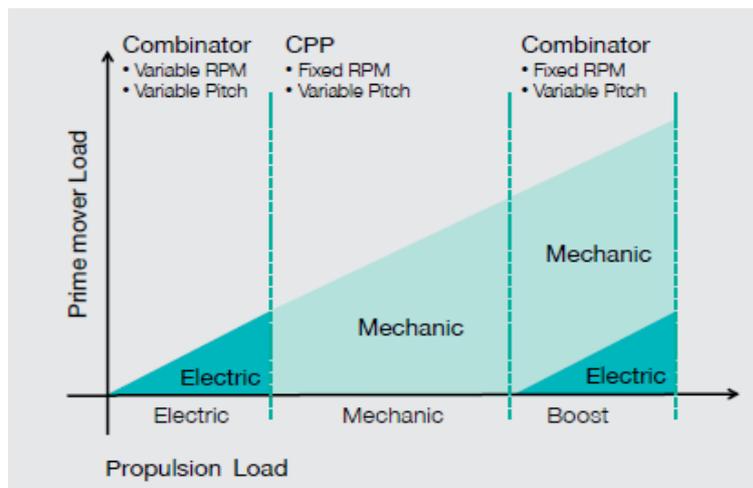


Figura 11: Tipos de Operação para Sistemas Híbridos (Fonte: ABB)

6. Comparação Sistemas Propulsivos:

A propulsão elétrica ao longo dos anos tem demonstrado uma substancial redução de consumo de combustível em comparação com a propulsão direta mecânica em navios de apoio. A economia de combustível, muitas vezes, chega a 15-25 por cento em perfis normais de operação, e até 40-50 por cento em operações com posicionamento dinâmico (DP).

A redução no consumo de combustível em sistemas diesel elétrico pode ser atribuída a dois elementos essenciais; o primeiro é a possibilidade de variação na velocidade dos propulsores, o que reduz as perdas nos hélices para um mínimo quando comparado com os de velocidades fixas e passo controlável. O segundo elemento é a partida e parada automática dos motores diesel, o que assegura que a carga do motor seja mantida próxima ao ponto ótimo, dentro do limite operacional.

A concepção clássica de navios de apoio offshore incluindo embarcações AHTS e PSV usa velocidades fixas com hélices de passo controlável. Quando comparado com hélices de velocidade variável se mostra uma maneira muito ineficiente de controlar o hélice devido às perdas em condições “idle run” (sem carga). Isso por si só contribui para economia em propulsão elétrica quando aplicada a embarcações offshore. Além disso, quando em DP a utilização da capacidade do propulsor é muito baixa para maior parte do tempo que o navio está em operação, o que pode acarretar em um desperdício de potência pelo fato do sistema propulsivo não se adequar ao perfil operacional da embarcação.

A figura 12 mostra a comparação de gasto de energia quando o hélice está em passo fixo e em passo variável. A curva vermelha representa o hélice com passo controlável e velocidade fixa, caso do sistema Diesel Mecânico e a curva azul o contrário, com passo fixo, caso sistema Diesel Elétrico. Percebe-se uma nítida economia de energia no sistema elétrico. Isso se explica, pois em passo zero as pás do hélice, no mecânico, apesar de paletar no vazio, sem gerar empuxo, consomem de 15 a 20% da potência total instalada para propulsão.

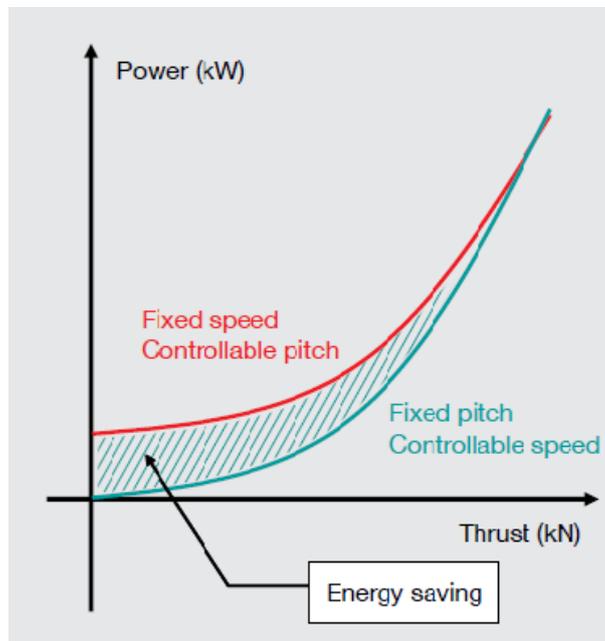


Figura 12: Comparação da potência do eixo (hélice de passo controlável com Velocidade fixa (CPP) e Velocidade variável com hélice de passo fixo (FPP)) (Fonte: ABB)

A propulsão elétrica também oferece o potencial para o carregamento ótimo dos motores diesel através do uso de um menor número de motores, quando comparado com

uso de unidades maiores. Dependendo da carga, o acionamento automático dos motores diesel produz melhor carga e ainda reduz o consumo de combustível, como ilustra a figura abaixo.

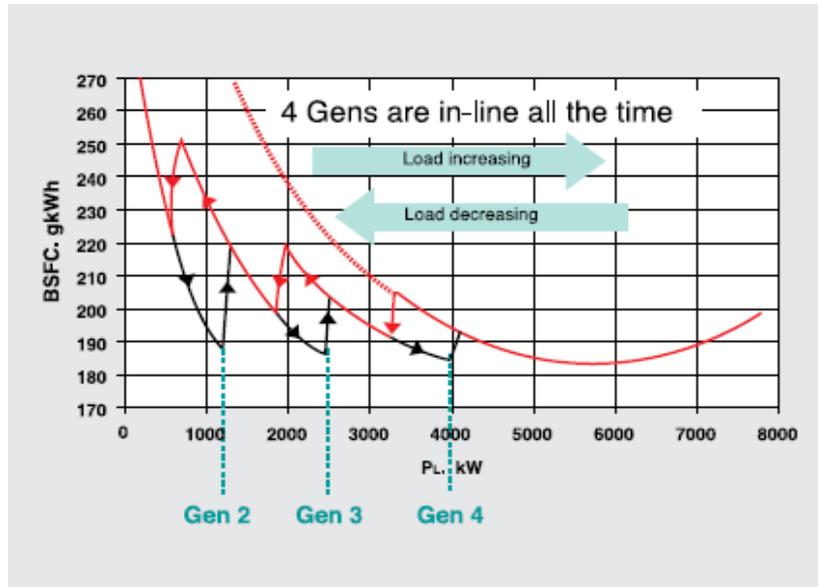


Figura 13: Consumo de combustível por kWh de energia produzida (Fonte: ABB)

Em contrapartida esta redução no consumo de combustível é, em certa medida, neutralizada pelas perdas elevadas no sistema de transmissão entre os motores diesel e os propulsores no sistema Diesel Elétrico. Enquanto as perdas inerentes às linhas de eixo e às caixas redutoras de um sistema convencional são da ordem de 3%, as perdas de transmissão em sistema diesel elétrico estão na faixa de 8-10%. A figura abaixo ilustra as perdas relacionadas a cada um dos sistemas citados:

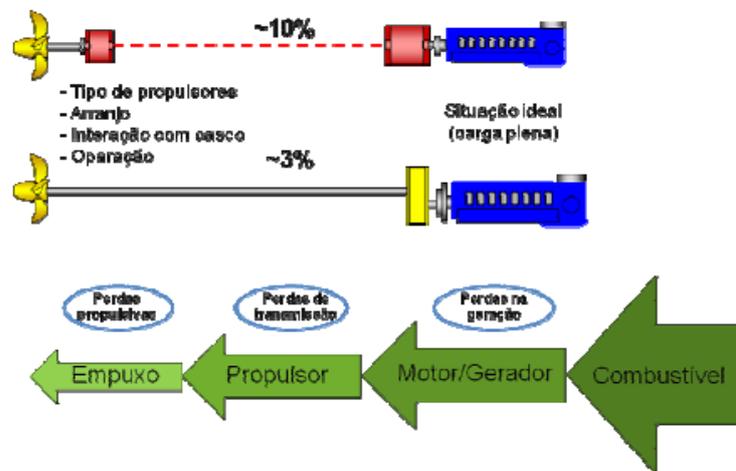


Figura 14: Perdas no Sistema de Transmissão

Percebe-se, então, que o perfil operacional da embarcação é de suma importância na seleção do sistema propulsivo, tendo em vista que o potencial de economia de combustível é mais elevado para navios com um perfil operacional, onde grande parte do tempo é gasto em DP, espera ou manobra, enquanto os benefícios são menos evidentes, ausente, quando o modo de funcionamento prioritário é navio em deslocamento com velocidade de serviço alta. Abaixo podemos verificar as relações mencionadas em navios AHTS.

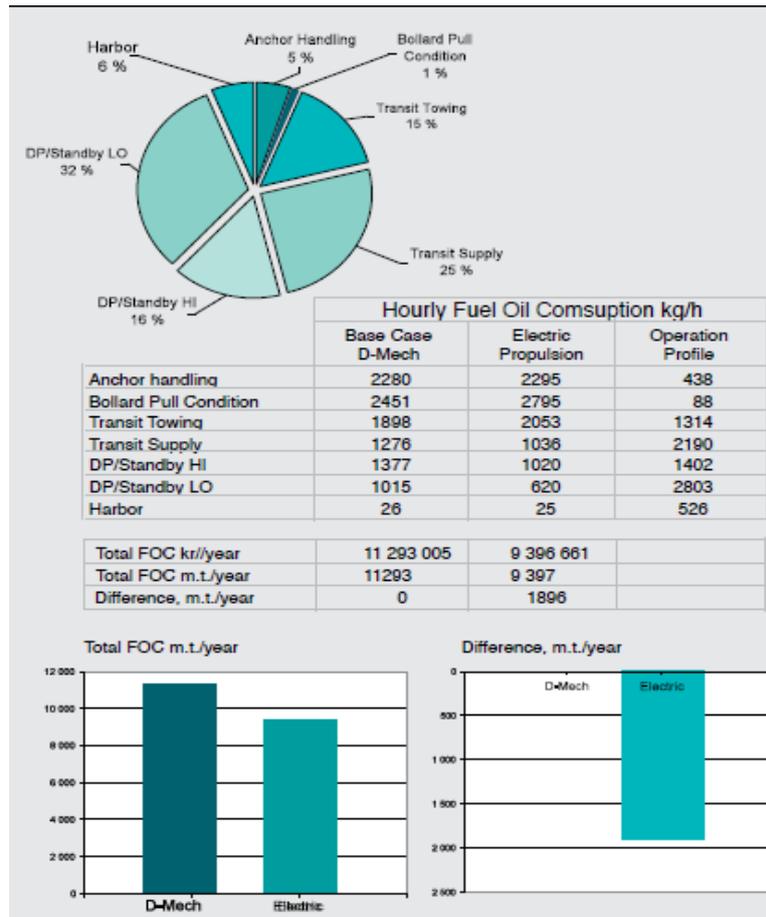


Figura 15: Perfil operacional e a influência no consumo de combustível na comparação entre Diesel Mecânico e Diesel Elétrico (Fonte: ABB)

Outro ponto a ser levado em consideração é que em navios AHTS a potência máxima é determinada a partir do Bollard Pull requerido pela embarcação, que na maioria dos casos, é bem superior às potências das outras condições operacionais. O estudo de caso feito mostra que a um AHTS de 200 toneladas de tração estática, o consumo de combustível é de 1,9 toneladas menor, quando comparado à propulsão elétrica.

Embora haja um crescente interesse no uso da propulsão Diesel Elétrica pra embarcações do tipo AHTS, a maioria desses navios ainda utilizam o sistema convencional Diesel Mecânico, apesar do óbvio potencial de economia de combustível. Um fator que pode contribuir para isso é o fato dos fretadores desse setor possuírem um foco maior no cumprimento da exigência de tração estática em detrimento do menor consumo de combustível.

Uma solução para esse problema é a utilização da união dos dois sistemas, conhecido como sistema híbrido. Em termos de custos de instalação, soluções híbridas são mais econômicas do que sistemas puramente elétricos. Inicialmente, a solução híbrida ganha mais na eficiência energética nas operações de carga baixa, devido à utilização de propulsores de velocidade variável e ao motor diesel ideal para essas operações, e ao mesmo tempo reduz as perdas de transmissão relativas ao sistema elétrico. Por essas razões, novos projetos, de navios AHTS tem sido baseados em tais soluções híbridas, especialmente aqueles com alta capacidade de tração estática (Bollard Pull).

No entanto, o aumento da complexidade mecânica de tais sistemas híbridos faz com que a tripulação da embarcação deva ser mais ativa para selecionar manualmente o funcionamento ideal para os diferentes modos e condições verificando qual deve prevalecer.

Em sistemas de propulsão elétrica pura, é muito mais fácil para o sistema de gestão de potência otimizar a configuração da alimentação automaticamente, e obter uma redução no consumo de combustível, além de minimizar as emissões de poluentes para o ambiente, especialmente de NO e CO₂.

Com a adoção da propulsão elétrica por PSV's e agora também em embarcações AHTS, o consumo de combustível, emissões de poluentes e custos operacionais estão sendo drasticamente reduzidos.

7. Cálculo de Consumo de Combustível: Navio AHTS

A primeira etapa para se iniciar os cálculos de consumo de combustível para os diferentes tipos de sistema propulsivo foi a escolha de um perfil operacional típico para a embarcação em questão atuando na Bacia de Campos. Como se trata de um navio AHTS, as atividades típicas, bem como o tempo em cada uma, podem ser observados no gráfico abaixo. Pode-se perceber que a embarcação em questão permanece 10% de seu tempo em reboque, 40% em viagem, 45% em DP (atividades de ancoragem) e 5% no porto e em atividades de carga e descarga:

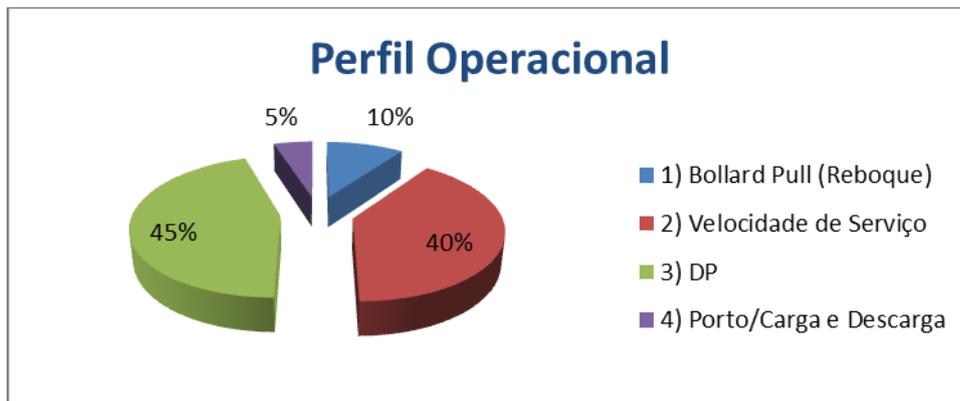


Gráfico 1: Perfil Operacional da Embarcação

7.1. Sistema Propulsivo Híbrido:

Uma vez definido o perfil operacional da embarcação podemos, agora, definir os equipamentos que constituem nosso sistema propulsivo híbrido. O Sistema Híbrido será composto por duas linhas de eixo, sendo que cada uma delas possui um propulsor de passo controlável e uma caixa redutora. Há duas entradas para esta caixa redutora, uma com um motor diesel (MCP), e outra com um motor elétrico. Há ainda um gerador de eixo ligado diretamente ao motor principal e geradores auxiliares (MCA), responsáveis pela geração de energia nas diferentes operações. A figura seguinte ilustra os equipamentos citados acima.

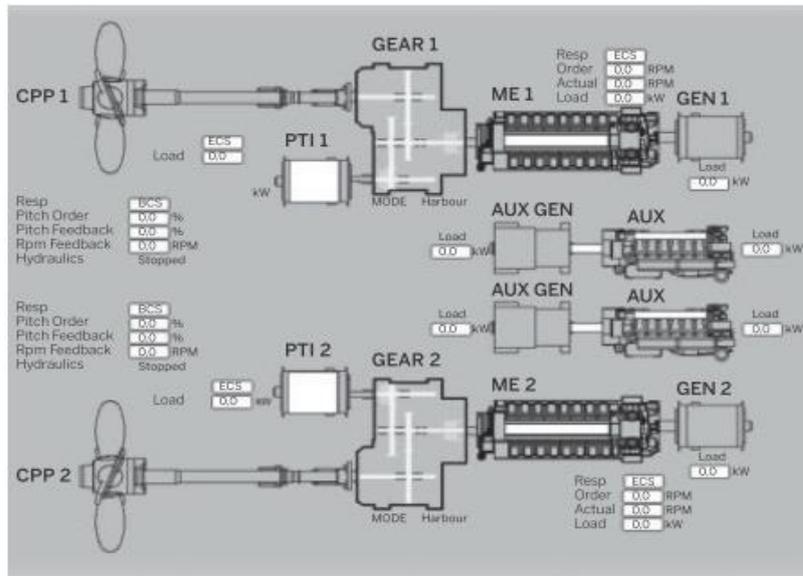


Figura 16: Equipamentos Sistema Híbrido (Fonte: Wartsila)

Definidos os equipamentos que farão parte do sistema propulsivo, devemos possuir as dimensões e características da embarcação que queremos trabalhar. As dimensões principais do AHTS são as seguintes:

Características Principais:	
Loa	88m
Lpp	79m
B	21,5m
T	7m
D	9m
Bollard Pull	250t
DWT	3000t
Cb	0,7

Com as dimensões da embarcação podemos, através do Método proposto por “J. Holtrop e G.G.J. Mennem, 1984” [1], calcular a Resistência ao Avanço que o sistema propulsivo deve ser capaz de vencer quando navegando em velocidade de serviço, ou seja, 12 nós. O cálculo de tal parâmetro se faz importante uma vez que o consumo de combustível é diretamente relacionado a essa resistência. A tabela seguinte apresenta os parâmetros utilizados, bem como o valor da Resistência ao Avanço da embarcação.

Tabela 1: Resistência ao Avanço

Planilha de Cálculo do Método de Estimativa de Potência Propulsiva por J. Holtrop e G.G.J. Mennem e seleção de propulsor			
Dos trabalhos:		A statistical re-analysis of resistance and propulsion data. (J.Holtrop) Further Computer-analyzed data of the Wageningen B-screw series. (MWC Oosterveld)	
OBS: Apenas os valores em azul devem ser modificados.		RT (KN)	133,506
Características Principais do Navio:		Dados do propulsor Série B:	
Tipo do Navio: AHTS		Diâmetro do Propulsor: (m)	4,67
Comp. perpendiculares: (m)	79,50	Número de Pás do Propulsor:	4
Comp. Linha D'água: (m)	81,89	Profundidade do eixo (m):	1,6
Boca Moldada: (m)	21,50	Rotação:	162,5
Calado Moldado na PV: (m)	7,000	Razão de Áreas Fa/F:	0,70
Calado Moldado na PR: (m)	7,000	Razão passo diâmetro:	0,80
Vol. Desloc. Moldado: (m3)	8715,94	RESULTADOS	
LCB rel. à PR: (m)	44,37	CASCO:	
Área Transv. do Bulbo (m2):	17,30	Coef. Esteira (w):	0,15008
Altura Centro Área Bulbo: (m)	2,55	Coef. Red. Força Prop. (t):	0,15815
Coef. Seção Mestra:	1,0043	Efic. Rot. Relativa (η_{rr}):	0,98354
Coef. Linha D'água:	0,8589	Potência Efetiva (EHP):	1105,2
Área Transom: (m2)	3,28	Eficiência do casco:	0,99051
Área Apêndices: (m2)	0,00	PROPULSOR:	
Parâmetro Forma de Popa:	-10	Rend. águas abertas (η_o):	0,1176
Velocidade de serviço (nós)	12,00	Força Propulsiva (KN):	
Eficiência Mec.Transmissão:	0,990	Requerida:	158,6
Quantid. motores:	2	Disponível:	51.828,6
Quantid. propulsores:	2	Cavitação:	10 % dorso #NÚM!
		Coef. Força Propulsiva (KTs):	0,42336
		Coef. Torque (KQs):	0,06163
		Coef. avanço (J):	0,1075
		Veloc. avanço (Va) [m/s]:	5,2468
		Torque do propulsor (Q) [KN.m]:	15.088,67
		Diferença Forças Propulsivas:	51670,045
		Eficiência propulsiva:	0,114524
		Potência no(s) hélice(s) (THP):	361.069,09
		Potência no(s) eixo(s) (PHP):	3.071.465,73
		Potência no(s) motor(es) (BHP):	3.154.401,76
		MOTOR:	
		Margem de rotação (%):	5,00
		Margem de mar (%):	20,0
		Margem de motor (%):	25,0
		Pot. Req. motor (MCR) [HP]:	4731602,64
		Rotação do motor (rpm):	195,32

Podemos perceber que a Resistência ao Avanço encontrada para embarcação foi de 133,5 KN. Esse valor será utilizado adiante para a seleção do propulsor e potência requerida para propelar o navio.

Devemos escolher então o propulsor que será utilizado na embarcação e, com ele, selecionar o motor necessário, que atenda a condição de tração estática definida de 250 toneladas, que é o equivalente a 1225,6 KN para cada propulsor. Esse valor mostra que, ao atender a condição de tração estática, a condição de velocidade de serviço será satisfeita, isto devido ao fato do Bollard Pull Requerido (250 t) ser muito maior que o Empuxo Requerido em viagem.

Para seleção do Propulsor devemos satisfazer dois critérios:

- Empuxo Requerido \geq Empuxo Disponível;
- Satisfazer o Critério de Cavitação;

Para isso foi utilizado um Gráfico KtxKqxJ da Série Kaplan do tipo Ka 4.70 No 22, com 4 pás, razão de área 0,7 e tubulão do tipo 22. Para otimizar a escolha do propulsor, variou-se as rotações (150,160,170,180,190,200 rpm) e a relação passo diâmetro (P/D).

Outro critério importante na escolha do propulsor, para navios do tipo AHTS, é a avaliação da capacidade de tração estática (Bollard Pull), que é a propulsão teórica atingida a uma velocidade de avanço nula ($V_a = 0$) e uma rotação (RPM) plena do motor. Os propulsores selecionados deverão ser capazes de fornecer, 250 toneladas de Bollard Pull em total, ou seja, cada propulsor deverá fornecer 125 toneladas.

O diâmetro máximo do propulsor foi definido como sendo $2/3$ do calado máximo a ré, ou seja: $D_{max} = \frac{2}{3T} = 4,67\text{m}$

Porem por problemas de velocidade tangencial na extremidade do hélice, em embarcações de apoio, optou-se por um diâmetro de 4,2 m.

➤ **Condição de Bollard Pull:**

Para análise da condição de Bollard Pull utilizou-se uma velocidade de serviço igual a zero ($V_s = 0$ m/s). Com isso obtemos a velocidade de avanço nula.

$$V_{abp} = V_{sbp} \cdot (1 - w) = 0 \text{ m/s}$$

Os valores dos coeficientes de Avanço (J), calculados através da velocidade de avanço (V_{abp}), do diâmetro do propulsor ($D = 4,2\text{m}$) e das rotações (150, 160, 170, 180, 190, 200 rpm), também foram iguais a zero.

$$J = \frac{V_{abp}}{N \times D}$$

Com o auxílio do Excel, as Curvas de K_t , K_q , K_{tn} , do propulsor Ka 4-70/22, foram plotadas. Foram traçadas então linhas de tendência e obtidas equações para cada curva, e com isso para cada razão P/D e rotação foi obtido um K_t , um K_q e K_{tn} .

$$\text{Onde: } K_t = \frac{T_{req}}{\rho N^2 D^4} \text{ e } K_q = \frac{J \times K_t}{2\pi \eta_0}$$

O Gráfico abaixo representa as linhas de tendência e as equações obtidas para o propulsor em questão, onde as curvas em verde são as curvas K_q , as em vermelho K_t e as em verde K_{tn} .

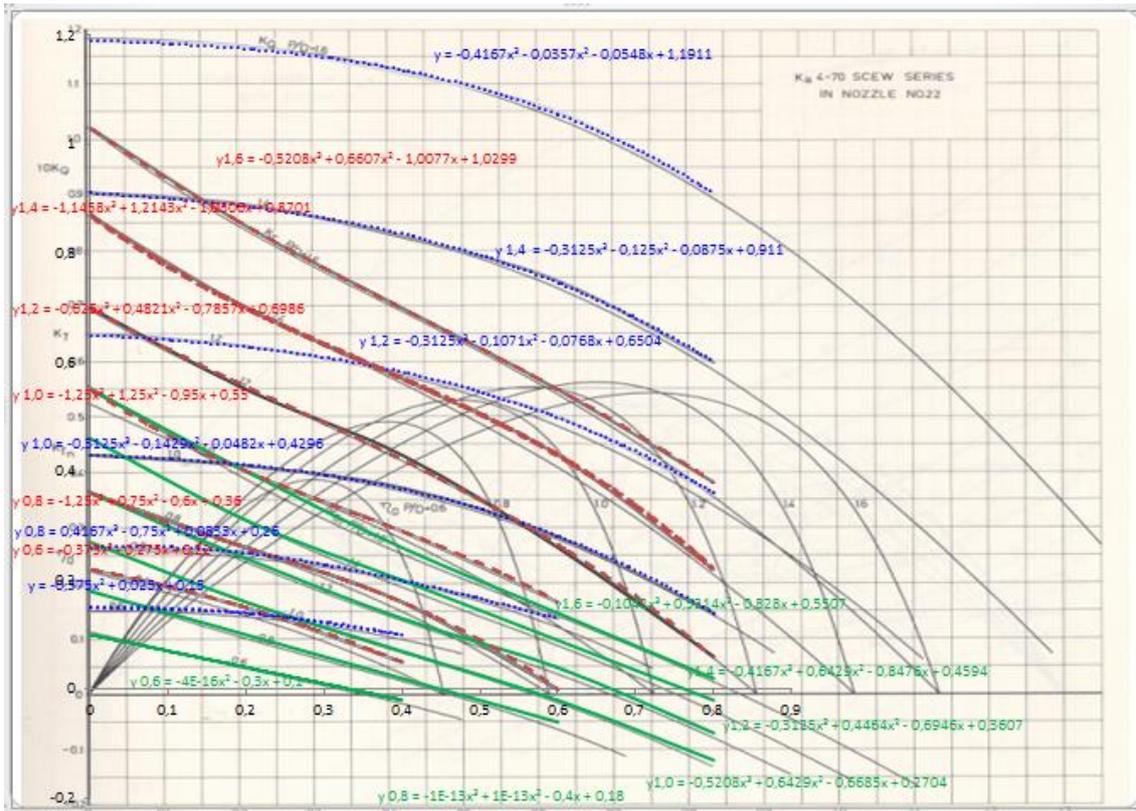


Figura 17: Gráfico Kt x Kq x J

Para a seleção parcial do propulsor para condição de Bollard Pull, devemos calcular a potência entregue pelo motor que chega ao propulsor (DHP), através do torque (Q) calculado para cada rotação especificada (N):

$$Q = Kq \rho N^2 D^5 \text{ onde: } DHP = 2\pi QN$$

Na tabela abaixo podemos verificar a variação, dos propulsores e suas rotações. O propulsor escolhido foi aquele com Empuxo disponível maior que o Empuxo requerido em Bollard Pull para cada propulsor (Treq= 1225,6KN), com menor BHP, configurando assim o propulsor mais eficiente.

Tabela 2: Seleção Propulsor (Bollard Pull)

Dados Propulsor:

Peso Especifico Água	1,025 t/m ³
Diâmetro do Propulsor	4,2 m
Altura do Eixo	2,3 m
Ae/Ao	0,7
Tipo	K4.70-22
Eficiência do Eixo (η_s)	0,93
Margem Caixa Redutora	0,050

Dados Bollard Pull:

Treq(Total)	250 t
Treq(em cada propulsor)	1225,625 KN
Va	0 m/s

Teste em Bollard Pull

Cálculo de Potência												
P/D	RPM	J	Kt	Ktn	10*Kq	no(%)	T [kN]	dT(KN)	Q [kN]	DHP	BHP	
1,6	150	0,00	1,030	0,551	1,191	0%	3150,816	Não Passou	997,2374	15664,57	16843,62	
	160	0,00	1,030	0,551	1,191	0%	3584,928	Não Passou	1134,635	19010,98	20441,92	
	170	0,00	1,030	0,551	1,191	0%	4047,048	Não Passou	1280,896	22802,97	24519,32	
	180	0,00	1,030	0,551	1,191	0%	4537,175	Não Passou	1436,022	27068,37	29105,78	
	190	0,00	1,030	0,551	1,191	0%	5055,309	Não Passou	1600,012	31835,04	34231,23	
	200	0,00	1,030	0,551	1,191	0%	5601,45	Não Passou	1772,866	37130,83	39925,62	
1,4	150	0,00	0,870	0,459	0,911	0%	2650,266	Não Passou	762,7263	11980,88	12882,66	
	160	0,00	0,870	0,459	0,911	0%	3015,413	Não Passou	867,813	14540,35	15634,78	
	170	0,00	0,870	0,459	0,911	0%	3404,119	Não Passou	979,6795	17440,61	18753,34	
	180	0,00	0,870	0,459	0,911	0%	3816,382	Não Passou	1098,326	20702,95	22261,24	
	190	0,00	0,870	0,459	0,911	0%	4252,204	Não Passou	1223,752	24348,69	26181,39	
	200	0,00	0,870	0,459	0,911	0%	4711,583	Não Passou	1355,958	28399,11	30536,68	
1,2	150	0,00	0,699	0,361	0,650	0%	2111,641	Não Passou	544,5414	8553,636	9197,458	
	160	0,00	0,699	0,361	0,650	0%	2402,578	Não Passou	619,5671	10380,95	11162,31	
	170	0,00	0,699	0,361	0,650	0%	2712,285	Não Passou	699,4331	12451,56	13388,77	
	180	0,00	0,699	0,361	0,650	0%	3040,763	Não Passou	784,1396	14780,68	15893,21	
	190	0,00	0,699	0,361	0,650	0%	3388,01	Não Passou	873,6864	17383,52	18691,96	
	200	0,00	0,699	0,361	0,650	0%	3754,028	Não Passou	968,0735	20275,28	21801,38	
1	150	0,00	0,550	0,270	0,430	0%	1635,41	Não Passou	359,6786	5649,818	6075,073	
	160	0,00	0,550	0,270	0,430	0%	1860,733	Não Passou	409,2343	6856,787	7372,889	
	170	0,00	0,550	0,270	0,430	0%	2100,594	Não Passou	461,9872	8224,461	8843,507	
	180	0,00	0,550	0,270	0,430	0%	2354,991	Não Passou	517,9372	9762,886	10497,73	
	190	0,00	0,550	0,270	0,430	0%	2623,925	Não Passou	577,0843	11482,1	12346,35	
	200	0,00	0,550	0,270	0,430	0%	2907,396	Passou	639,4286	13392,16	14400,17	
0,8	150	0,00	0,360	0,180	0,260	0%	1076,452	Não Passou	217,6826	3419,35	3676,72	
	160	0,00	0,360	0,180	0,260	0%	1224,764	Não Passou	247,6744	4149,825	4462,177	
	170	0,00	0,360	0,180	0,260	0%	1382,643	Não Passou	279,6012	4977,56	5352,216	
	180	0,00	0,360	0,180	0,260	0%	1550,091	Não Passou	313,4629	5908,637	6353,373	
	190	0,00	0,360	0,180	0,260	0%	1727,108	Não Passou	349,2596	6949,132	7472,185	
	200	0,00	0,360	0,180	0,260	0%	1913,693	Passou	386,9913	8105,126	8715,189	
0,6	150	0,00	0,220	0,100	0,150	0%	637,8977	Não Passou	125,5861	1972,702	2121,185	
	160	0,00	0,220	0,100	0,150	0%	725,7858	Não Passou	142,8891	2394,13	2574,333	
	170	0,00	0,220	0,100	0,150	0%	819,3441	Não Passou	161,3084	2871,67	3087,817	
	180	0,00	0,220	0,100	0,150	0%	918,5727	Não Passou	180,844	3408,829	3665,407	
	190	0,00	0,220	0,100	0,150	0%	1023,471	Não Passou	201,4959	4009,115	4310,876	
	200	0,00	0,220	0,100	0,150	0%	1134,04	Não Passou	223,2642	4676,034	5027,994	

Percebe-se que o propulsor para condição de Bollard Pull que obteve menor BHP e Empuxo maior que o requerido nessa condição foi o marcado em amarelo.

Esse propulsor possui a seguintes características:

- ✓ Diâmetro Máximo - $D_{\text{máx}} = 4,2\text{m}$
- ✓ Número de Pás = 4
- ✓ Tipo de Tubulão = 22
- ✓ Razão de Área = 0,7
- ✓ Rotação- $N = 200\text{ rpm}$
- ✓ Razão Passo/Diâmetro (P/D) = 0,8
- ✓ Potência Produzida pelo Motor – BHP=8715,189 HP

➤ **Condição de Velocidade de Serviço:**

Para analisar essa condição foi necessário calcular o empuxo requerido (T_{req}), a partir da resistência total (R_t) e do coeficiente de redução propulsiva (t), que foram obtidos via tabela [1].

$$T_{\text{req}} = \frac{R_t}{1-t}$$

Onde: $R_t = 133.5\text{ KN}$, $t = 0.1653$, então $T_{\text{req}} = 159,9\text{ KN}$

Como o Sistema é Híbrido e os propulsores são de passo controlado, fixou-se a rotação obtida na condição de Bollard Pull e variou-se o passo do hélice.

Com isso foram feitos novos cálculos para os coeficientes de avanço (J), com rotação do propulsor fixa de 200 rpm e diâmetro de 4,2m. O coeficiente de avanço é dado pela seguinte expressão.

$$J = \frac{Va}{ND}$$

Onde a velocidade de avanço é obtida a partir da velocidade de serviço da embarcação ($V_s = 12\text{ nós} = 6,17\text{ m/s}$) e do coeficiente de esteira ($w = 0,158$).

$$Va = V_s(1 - w) = 6,17 \cdot (1 - 0,158) = 5,192\text{m/s}$$

Análogo à condição de Bollard Pull os valores de K_t , K_q e K_{tn} foram obtidos. Com os valores do coeficiente de empuxo (K_t) para cada coeficiente de avanço (J) calculado, pode-se determinar o empuxo disponível (T_{disp}) oferecido por cada propulsor estudado.

$$T_{disp} = K_t \cdot \rho \cdot N^2 D^4$$

Feito isso podemos comparar o empuxo requerido ($T_{req} = 159,94 \text{ KN}$) e o empuxo disponível (T_{disp}), considerando que o número de propulsores a serem utilizados seja igual a dois.

$$\text{Então temos que: } T_{disp} \geq \frac{T_{req}}{2}$$

A tabela abaixo mostra os propulsores estudados para o caso da embarcação em viagem. O propulsor escolhido foi aquele que obteve maior eficiência em águas abertas

Tabela 3: Seleção Propulsor (Velocidade de Serviço)

Velocidade de Serviço:	
V	12 nós
Rt	133,51 Kn
w	0,158832 --
t	0,165322 --
Treq	159,9493 KN
Va	5,192807 m/s

Teste em Velocidade de Serviço:

Cálculo de Potência										
P/D	RPM	J	K_t	K_{tn}	$10 \cdot K_q$	$\eta_o(\%)$	T [kN]	Q [kN]	DHP	BHP
1,6	200	0,4	0,720	0,282	1,145	0,517	3554,27	1703,652049	71362,41015	7673,377436
1,4	200	0,4	0,589	0,212	0,845	0,559	2839,37	1258,3184	52708,31788	5667,561062
1,2	200	0,4	0,442	0,149	0,591	0,589	2091,37	880,0068055	36861,63887	3963,617083
1,0	200	0,4	0,306	0,084	0,376	0,612	1382,58	559,8204757	23449,70525	2521,473683
0,8	200	0,4	0,177	0,032	0,209	0,589	738,83	311,0485513	13029,17125	1400,986156
0,6	200	0,4	0,066	-0,011	0,108	0,302	195,38	160,2756977	6713,612727	721,8938416

O propulsor escolhido possui, portanto um passo controlado com relação Passo/Diâmetro de 0,8 a 1,0.

➤ **Teste de Cavitação:**

A cavitação é o fenômeno que acontece devido à velocidade de rotação do propulsor. Uma asa imersa em fluido se movimentando tem variação de pressão em

suas faces, sendo que na mais curva, no caso do propulsor o dorso, essa pressão é menor. Em alguns casos essa pressão é tão pequena que o fluido muda de estado, no caso do propulsor do líquido para o gasoso, com essa mudança de estado, uma “nuvem de bolhas” é formada. Essa nuvem tem a tendência a se deslocar da face do hélice e portanto uma porção de água líquida rapidamente toma o seu lugar provocando pequenos impactos no material.

O hélice exposto a cavitação sofre seus efeitos de forma cíclica, causando fadiga térmica e mecânica à estrutura, provocando o desgaste do material. Desta forma o empuxo gerado pelo hélice apresentará perdas e a velocidade de deslocamento será afetada. Segue abaixo a ilustração de um hélice desgastado pelo fenômeno da cavitação:



Figura 18: Cavitação em Propulsores

Após essa seleção do propulsor devemos verificar se o propulsor em questão passa pelo Teste de Cavitação.

Então aplicamos o Critério de Burril a fim de verificar se esse fenômeno, afeta o propulsor nas duas condições de operação mencionadas acima.

➤ **Critério de Burril:**

Para que possamos escolher um propulsor para a embarcação é necessário que o mesmo atinja o empuxo requerido ($T_{REQ.}$) e que o mesmo não sofra cavitação. O parâmetro utilizado para avaliar o nível de cavitação do hélice será o Método de Burril, um procedimento já consolidado em análises desse fenômeno em propulsores.

Para tal avaliação, este método relaciona dois adimensionais:

$$\tau_c = \frac{T}{A_p} = \frac{1}{2} \rho (V_{R(0,7)})^2$$

Onde: $(V_{R(0,7)})^2 = (V_A^2 + (0,7\pi D)^2)$

Que relaciona o empuxo gerado pelo hélice por unidade de área com sua pressão dinâmica.

$$\sigma_{0,7R} = \frac{p_o - p_v + \rho gh}{\frac{1}{2} \rho (V_A^2 + (0,7\pi D)^2)}$$

Que relaciona a pressão estática, definida como a soma da pressão atmosférica (p_o) com a pressão hidrostática ($\rho \cdot g \cdot h$) subtraída da pressão de saturação do fluido (p_v) normalizado com a pressão dinâmica.

A seguir o gráfico que relaciona ambos adimensionais explicados anteriormente, no diagrama de Burril:

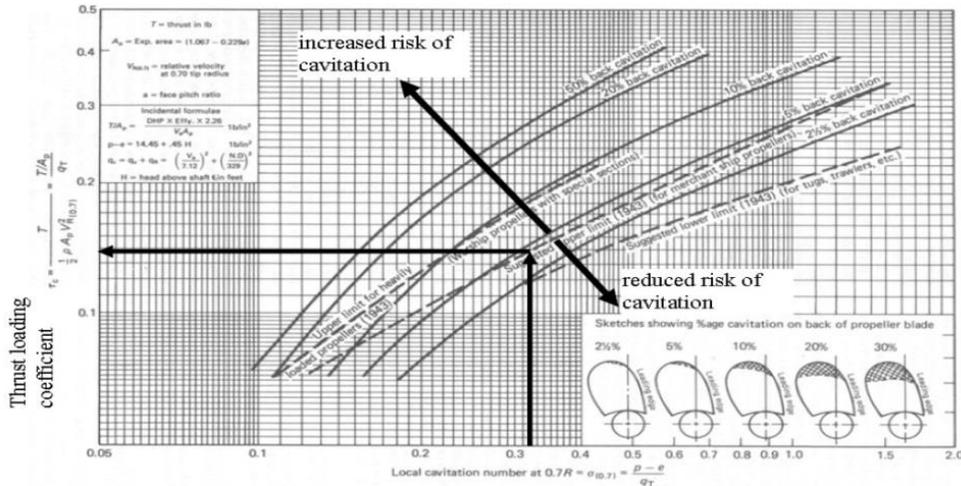


Figura 19: Diagrama de Burril

Tabela 4: Teste de Cavitação

Teste de Cavitação Bollard Pull				Teste de Cavitação Viagem			
$V^2 (0,7r)$	T_c	$\sigma 0,7r$	Verificação	$V^2 (0,7r)$	T_c	$\sigma 0,7r$	Verificação
947,88	0,12	0,253	PASSOU	974,84	0,12	0,246	PASSOU

Analisando o Diagrama de Burril observou-se que em condição de Velocidade de Serviço não há risco de cavitação no hélice, já na condição de tração estática (Bollard Pull) o risco de cavitação esta em torno de um valor que é aceitável tendo em vista o alto valor de empuxo requerido nesta condição.

Testada a Cavitação nos Propulsores, devemos aplicar certas correções aos valores de potência obtidos. Essas correções são conhecidas como margens. Aplicada essas margens, obtemos o BHP e rotação requeridos pela embarcação em cada operação.

Na condição de Bollard Pull a única margem aplicada será a de caixa redutora tendo em vista que a potência obtida nessa condição é uma potência teórica, que depende da região onde o teste foi efetuado.

✚ Margem de Caixa Redutora (σ_{MCR}):

Margem que tenta compensar a perda de potência no eixo do propulsor devido ao uso da caixa redutora para reduzir o número de rotações entregue ao propulsor. Costuma-se usar para essa margem 5% a mais de potência.

O novo BHP foi calculado de acordo com seguinte expressão:

$$BHP_{MCR} = (1 + \sigma_{MCR}) \times BHP = 9150,9 \text{ HP}$$

A rotação é obtida pela seguinte expressão:

$$RPM_{MCR} = RPM \times \sqrt[3]{\frac{BHP_{MCR}}{BHP}} = 203RPM$$

Portanto a Potência Instalada necessária na embarcação para atender a condição de Bollard Pull, que será utilizado mais a frente na seleção dos MCP's (motores Diesel) do sistema propulsivo, é:

$$Pot_{Bollard Pull} = 2 \times 9150,9HP = 18301,9HP = 13647,7KW$$

Na condição de Velocidade de Serviço a margem utilizada será a de mar.

✚ Margem de Mar (σ_{MM}):

Margem que considera as características do mar em que se opera, possíveis rugosidades do casco e incrustações. Esta margem é aplicada a potencia e rotação no intervalo de 10% a 25%. Foi adotado, uma margem de 15% devido às características de operação e rota da embarcação.

O novo BHP foi calculado de acordo com seguinte expressão:

$$BHP_{MM} = (1 + \sigma_{MM})x BHP = 2899,69 \text{ HP}$$

A rotação é obtida pela seguinte expressão:

$$RPM_{MM} = RPMx \sqrt[3]{\frac{BHP_{MM}}{BHP}} = 210RPM$$

Portanto a Potência requerida em viagem será:

$$Pot_{vel.Serviço} = 2x2899,69HP = 5799,4HP = 4324,6KW$$

Devemos agora estimar a potência requerida para o sistema de posicionamento dinâmico (DP) da embarcação. Essa potência será utilizada para selecionar os motores auxiliares (MCA's) do sistema propulsivo.

Para obter essa potência requerida em DP, foram levadas em consideração cargas ambientais de onda, corrente e vento que estarão incidindo na embarcação enquanto ela estiver operando na região pré-estabelecida. Esse estudo seguiu a recomendação prática API 2P, através da qual foi possível calcular as forças de vento, corrente e onda atuantes no navio.

A potência lateral fornecida pelos impelidores deve ser:

$$F_{Total} = F_{vento} + F_{corrente} + F_{onda}$$

➤ **Força de vento:**

Foi necessário conhecer a fórmula da força devido ao vento e assim calcular o seu valor:

Tabela 5: Força de Vento

1) Força de Vento	$F_w = C_w \cdot \sum (C_s \cdot C_h \cdot A)^2 \cdot V_w^2$		
Cw = Coeficiente Empírico	0,615 N*s ² /m ⁴		
Cs = Coeficiente de forma	1		
Ch = Coeficiente de altura	1		
A = Área Véllica* =	450 [m ²]		
(*área lateral do casco + área lateral superestrutura)			
Vw = Velocidade do Vento	31,33 nós		
<table border="1"> <tr> <td>Fw = Força do Vento = 272856,5228 [N]</td> </tr> <tr> <td>27,81 [t]</td> </tr> </table>		Fw = Força do Vento = 272856,5228 [N]	27,81 [t]
Fw = Força do Vento = 272856,5228 [N]			
27,81 [t]			

TABLE 1 WIND FORCE SHAPE COEFFICIENTS			
Exposed Area	C _s		
Cylindrical shapes	0.50		
Hull (surface above waterline)	1.00		
Deck house	1.00		
Isolated structural shapes (cranes, channels, beams, angles)	1.50		
Under deck areas (smooth surfaces)	1.00		
Under deck areas (exposed beams and girders)	1.30		
Rig derrick	1.25		

TABLE 2 WIND FORCE HEIGHT COEFFICIENTS				
Height of area centroid above water level				
Feet		Meters		C _h
Over—Not Exceeding	Over—Not Exceeding	Over—Not Exceeding	Over—Not Exceeding	
0 — 50		.0 — 15.3		1.00
50 — 100		15.3 — 30.5		1.10
100 — 150		30.5 — 46.0		1.20
150 — 200		46.0 — 61.0		1.30
200 — 250		61.0 — 76.0		1.37

TABLE 5 ENVIRONMENTAL CONDITION		
	Maximum Operating Condition	Maximum Design Condition
Wind Velocity (1-minute, knot)	35	54
Significant Wave Height (ft)	10	20
Significant Wave Period (Figure 4, Section 1.5)	6.8	9.5
Current Velocity (knot)	1	2
Water Depth (ft)	550	550
Bottom Soil Condition	Sand	Sand

Wind, wave and current have no predominant directions; therefore, collinear environments are applied to bow, quartering and beam seas.

➤ **Força de Corrente:**

Foi necessário conhecer a fórmula da força devido à corrente e assim calcular o seu valor:

Tabela 6: Força de Corrente

2) Força de Corrente		$F_{ay} = C_{ay} \cdot S \cdot V_c^2$							
Cay = coeficiente empírico causado pela corrente		27							
$S = L(2T + B) \sqrt{C_M (0,453 + 0,4425 \cdot C_B - 0,2862 \cdot C_M - 0,003467 \cdot B/T + 0,3696 \cdot C_{wp})}$									
Cm = Coeficiente de Seção Mestra	1,00	S =	2302,035						
L = Comprimento Total (LOA)	88,33		[m]						
B = Boca	21,50		[m]						
T = Calado	7,00		[m]						
Cwp = Coeficiente Prismático	0,71								
Vc = velocidade da corrente	2		[nós]						
	1,028		[m/s ²]						
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td>Fay =</td> <td style="text-align: center;">65684,35</td> <td style="text-align: center;">N</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">6,696</td> <td style="text-align: center;">[t]</td> </tr> </table>				Fay =	65684,35	N		6,696	[t]
Fay =	65684,35	N							
	6,696	[t]							

➤ **Força de Onda:**

Foi necessário conhecer a fórmula da força devido à corrente e assim calcular o seu valor:

Tabela 7: Força de Onda

3) Força de Onda		$F_{mdy} = (F_{mdy})_{ref} \cdot \left(\frac{L}{L_{ref}} \right)^2$		$(H_s)_{ref} = H_s \cdot \left(\frac{L_{ref}}{L} \right)$							
L = Comprimento Total	88,333	289,81		[pés]							
Lref = Comprimento de referência	400			[pés]							
Hs = altura significativa de onda	5	16,40		[pés]							
Fmdyref - para podemos determinar seu valor, é preciso conhecermos Hs e a partir do gráfico temos: Fmdyref = 4500											
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td>Fmdy =</td> <td style="text-align: center;">141730,43</td> <td style="text-align: center;">[N]</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">14,45</td> <td style="text-align: center;">[t]</td> </tr> </table>						Fmdy =	141730,43	[N]		14,45	[t]
Fmdy =	141730,43	[N]									
	14,45	[t]									

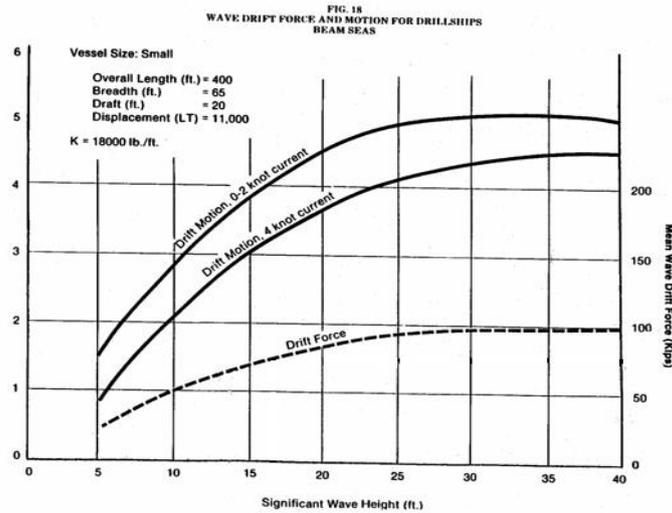


Tabela 8: Força Resultante e Potência DP

Força Total = 48,957 [t]

Pot. Req Dp = 3671,80 [Kw]

Pot. Req DP = 4079,78 [Kw]

Portanto a Potencia Requerida em DP é de 4079 KW.

Após a definição da potencia requerida para o DP é necessário fazer o Balanço Elétrico da embarcação, para com isso saber a demanda elétrica, e com isso selecionar os geradores de eixo e os geradores auxiliares (MCA's) que serão responsáveis por suprir essa demanda.

A tabela de Balanço Elétrica da embarcação pode ser visualizada abaixo:

Tabela 9: Balanço Elétrico (AHTS)

Balanço Elétrico AHTS:																					
Grupo no. 01		No. de unidades instaladas	Potência nominal	Fator de carga	Potência absorvida	N O M A R				BOLLARD PULL		DP		C A R G A E D E S C A R G A		N O P O R T O U N D E A D O					
Item	Descrição do consumidor					kW	kW	ESSENCIAL		NORMAL		No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida
								No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida										
1	Bomba de circ. água salq.	3	65,0	0,90	58,5	1	58,5	1	58,5	1	58,5	2	117,0	1	58,5	1	58,5				
2	Bomba de ág. doce camisas	2	34,6	0,80	27,7	1	27,7	1	27,7	2	55,4	1	27,7	0	0,0	0	0,0				
3	Bomba de circ. de OD	2	10,2	0,71	7,2	1	7,2	1	7,2	2	14,5	1	7,2	0	0,0	0	0,0				
4	Bomba de OD	2	8,4	0,64	5,4	1	5,4	1	5,4	1	5,4	1	5,4	0	0,0	0	0,0				
	Bomba auxiliar sist. Exaustão	4	44,5	0,50	22,3	1	22,3	1	22,3	4	89,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0				
5	Bomba de OD dos cilindros	4	87,7	0,87	76,3	1	76,3	1	76,3	4	305,2	1	76,3	0	0,0	0	0,0				
6	Bomba de OL do sistema	4	13,6	0,72	9,8	1	9,8	1	9,8	4	39,0	1	9,8	0	0,0	0	0,0				
7	Purificadoras de OD	2	33,5	0,87	29,1	1	29,1	2	58,3	2	58,3	1	29,1	0	0,0	0	0,0				
8	Bomba de OD da purif.	2	5,0	0,73	3,7	1	3,7	1	3,7	2	7,3	1	3,7	0	0,0	0	0,0				
9	Purificadoras de OL	2	18,6	0,91	16,9	1	16,9	1	16,9	2	33,9	1	16,9	1	16,9	1	16,9				
10	Ventiladores da PM	4	79,0	0,77	60,8	4	243,3	4	243,3	4	243,3	2	121,7	2	121,7	2	121,7				
11	Bomba p/ pré-aquec. MCA's	2	22,0	1,00	22,0	1	22,0	1	22,0	2	44,0	2	44,0	1	22,0	1	22,0				
12	Bomba de OL para MCA's	3	7,2	0,80	5,8	2	11,5	2	11,5	2	11,5	2	11,5	2	11,5	2	11,5				
13	Filtro de OD	2	6,0	0,75	4,5	1	4,5	1	4,5	2	9,0	1	4,5	0	0,0	0	0,0				
14	Bomba de OL da purif.	2	8,7	0,82	7,1	1	7,1	1	7,1	2	14,3	1	7,1	1	7,1	1	7,1				
15	Purificadora de OD	1	5,2	0,90	4,7	1	4,7	1	4,7	1	4,7	1	4,7	1	4,7	1	4,7				
16	Viscosímetro	2	3,6	0,85	3,1	1	3,1	1	3,1	2	6,1	1	3,1	1	3,1	0	0,0				
17	Filtro de OL	2	2,2	0,75	1,7	1	1,7	1	1,7	2	3,3	1	1,7	0	0,0	0	0,0				
18	Bomba de OD para MCA's	1	0,9	0,90	0,8	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0				
19	Bomba de OD da purif.	1	1,7	0,90	1,6	1	1,6	1	1,6	1	1,6	1	1,6	1	1,6	1	1,6				
20	Bomba de OD para caldeira	4	21,0	0,82	17,2	0	0,0	0	0,0	4	68,9	2	34,4	2	34,4	1	17,2				
21	Grupo destilatório	2	38,4	0,78	30,0	0	0,0	1	30,0	2	59,9	0	0,0	0	0,0	0	0,0				
22	Compressor de ar principal	3	86,3	0,84	72,5	0	0,0	1	72,5	3	217,4	1	72,5	0	0,0	0	0,0				
23	Exaustor das purificadoras	1	4,7	0,80	3,8	0	0,0	1	3,8	1	3,8	1	3,8	1	3,8	1	3,8				
POTÊNCIA TOTAL ABSORVIDA						556,3	691,6	1354,1	603,5	285,2	265,0										
FATOR DE SIMULTANEIDADE						1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0										
POTÊNCIA TOTAL A CONSIDERAR						556,3	691,6	1354,1	603,5	285,2	265,0										

Balanço Elétrico AHTS:																					
Grupo no. 02		No. de unidades instaladas	Potência nominal	Fator de carga	Potência absorvida	N O M A R				BOLLARD PULL		DP		C A R G A E D E S C A R G A		N O P O R T O U N D E A D O					
Item	Descrição do consumidor					kW	kW	ESSENCIAL		NORMAL		No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida
								No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida										
1	Compes. de ar sev. gerais	2	67,1	0,90	60,4	0	0,0	1	60,4	2	120,8	2	120,8	1	60,4	1	60,4				
2	Bomba de transf. de OD	3	17,0	0,90	15,3	1	15,3	1	15,3	3	45,9	0	0,0	1	15,3	1	15,3				
3	Bomba de transf. de OL	3	8,4	0,87	7,3	1	7,3	1	7,3	3	21,9	0	0,0	0	0,0	0	0,0				
4	Bomba de transf. de OP	3	7,8	0,87	6,8	1	6,8	1	6,8	3	20,5	0	0,0	1	6,8	1	6,8				
5	Bomba de borra	2	12,5	0,91	11,4	1	11,4	1	11,4	2	22,8	1	11,4	0	0,0	0	0,0				
6	Bomba circ. ág. caldeira	3	12,8	0,76	9,7	1	9,7	1	9,7	3	29,2	2	19,5	2	19,5	1	9,7				
7	Incinerador	2	14,6	0,80	11,7	0	0,0	0	0,0	2	23,4	1	11,7	1	11,7	1	11,7				
8	Catraca	1	14,1	0,88	12,4	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0				
9	Soprador de ar aux.	2	116,2	0,80	93,0	0	0,0	0	0,0	2	185,9	2	185,9	0	0,0	0	0,0				
10	Compressor de ar aux.	2	47,5	0,90	42,8	0	0,0	0	0,0	2	85,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0				
POTÊNCIA TOTAL ABSORVIDA						50,5	110,9	555,8	349,2	113,6	103,9										
FATOR DE SIMULTANEIDADE						0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5										
POTÊNCIA TOTAL A CONSIDERAR						25,3	55,5	277,9	209,5	68,2	52,0										

Balanço Elétrico AHTS:																					
Grupo no. 03		No. de unidades instaladas	Potência nominal	Fator de carga	Potência absorvida	N O M A R				BOLLARD PULL		DP		C A R G A E D E S C A R G A		N O P O R T O U N D E A D O					
Item	Descrição do consumidor					kW	kW	ESSENCIAL		NORMAL		No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida
								No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida										
1	Bomba de carga	4	39,5	0,94	37,1	0	0,0	0	0,0	4	148,5	0	0,0	2	74,3	0	0,0				
2	Bomba de esgoto (carga)	4	1,5	0,82	1,2	0	0,0	0	0,0	4	4,9	0	0,0	0	0,0	0	0,0				
3	Bomba de lastro	4	86,0	0,94	80,8	0	0,0	0	0,0	4	323,4	0	0,0	2	161,7	0	0,0				
4	Bomba de esgoto (lastro)	4	2,0	0,82	1,6	0	0,0	0	0,0	4	6,6	0	0,0	0	0,0	0	0,0				
5	Bomba separador água-óleo	2	2,9	0,73	2,1	0	0,0	1	2,1	2	4,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0				
6	Bomba de incêndio emerg.	2	58,0	0,96	55,7	0	0,0	0	0,0	2	111,4	0	0,0	0	0,0	0	0,0				
7	Bomba dos tqs. hidrofor	2	24,0	0,73	17,5	0	0,0	1	17,5	2	35,0	1	17,5	1	17,5	1	17,5				
8	Bomba de esgoto da PM	2	1,3	0,90	1,1	0	0,0	0	0,0	2	2,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0				
9	Bomba óleo lubrificante	4	68,0	0,50	34,0	0	0,0	1	34,0	4	136,0	0	0,0	1	34,0	1	34,0				
10	Bomba de incêndio	2	70,6	0,97	68,5	0	0,0	0	0,0	1	68,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0				
POTÊNCIA TOTAL ABSORVIDA						0,0	53,6	840,8	17,5	287,5	51,5										
FATOR DE SIMULTANEIDADE						0,3	0,3	0,5	0,4	0,4	0,4										
POTÊNCIA TOTAL A CONSIDERAR						0,0	16,1	420,4	7,0	115,0	20,6										

Grupo no. 04		No. de unidades instaladas	Potência nominal	Fator de carga	Potência absorvida	N O M A R				BOLLARD PULL		DP		C A R G A E D E S C A R G A		N O P O R T O U N D E A D O		F				
Ar Condicionado / Ventilação / Aquecimento						ESSENCIAL		NORMAL		No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida		No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida
						No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida													
Item	Descrição do consumidor	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW				
1	Ar cond. das acomod.	3	88,8	0,75	66,6	0	0,0	1	66,6	3	199,8	2	133,2	1	66,6	1	66,6	1	66,6			
2	Vent./Ex ar cond. acomod.	2	33,5	0,75	25,1	0	0,0	2	50,3	2	50,3	2	50,3	2	50,3	2	50,3	2	50,3			
3	E.C.R. ar cond.	2	31,8	0,91	28,9	0	0,0	1	28,9	2	57,9	1	28,9	1	28,9	1	28,9	1	28,9			
4	Exaustor do vestiário	1	0,6	0,90	0,6	0	0,0	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6			
5	Vent. do salão de jogos	2	2,9	0,90	2,6	0	0,0	1	2,6	1	2,6	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0			
6	Vent./Ex. da cozinha	2	3,5	0,90	3,1	0	0,0	2	6,2	2	6,2	2	6,2	2	6,2	2	6,2	2	6,2			
7	Exaustor do paiol de cabos	1	0,6	0,91	0,6	0	0,0	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6			
8	Exaustor paiol de provisões	1	0,6	0,90	0,6	0	0,0	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6			
9	Vent. da lavanderia	1	0,9	0,90	0,8	0	0,0	1	0,8	1	0,8	1	0,8	1	0,8	1	0,8	1	0,8			
10	Exaustor paiol roupa s / l	1	0,6	0,90	0,6	0	0,0	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6			
11	Vent. comp. gerador emerg.	3	12,8	0,91	11,6	0	0,0	0	0,0	3	34,9	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0			
12	Exaustor comp. máq. leme	1	1,3	0,91	1,1	0	0,0	1	1,1	1	1,1	1	1,1	1	1,1	1	1,1	1	1,1			
13	Exaustor do paiol do mestre	1	1,3	0,91	1,1	0	0,0	1	1,1	1	1,1	1	1,1	1	1,1	1	1,1	1	1,1			
14	Exaustor do comp. baterias	1	0,9	0,91	0,9	0	0,0	1	0,9	1	0,9	1	0,9	1	0,9	1	0,9	1	0,9			
15	Exaustor do comp. de CO2	2	0,9	0,91	0,9	0	0,0	1	0,9	2	1,7	1	0,9	1	0,9	1	0,9	1	0,9			
16	Exaustor do paiol de convés	2	0,6	0,91	0,6	0	0,0	1	0,6	2	1,1	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6			
17	Exaustor dos demais paióis	2	0,6	0,91	0,6	0	0,0	1	0,6	2	1,1	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6			
POTÊNCIA TOTAL ABSORVIDA						0,0		162,9		361,9		226,9		159,1		159,1		159,1				
FATOR DE SIMULTANEIDADE						1,0		1,0		1,0		1,0		1,0		1,0		1,0				
POTÊNCIA TOTAL A CONSIDERAR						0,0		162,9		361,9		226,9		159,1		159,1		159,1				

Grupo no. 05		No. de unidades instaladas	Potência nominal	Fator de carga	Potência absorvida	N O M A R				BOLLARD PULL		DP		C A R G A E D E S C A R G A		N O P O R T O U N D E A D O		F				
Frigorífica de Provisões (equipamentos)						ESSENCIAL		NORMAL		No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida		No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida
						No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida													
Item	Descrição do consumidor	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW				
1	Compressor	4	34,8	0,90	31,3	1	31,3	1	31,3	2	62,6	1	31,3	1	31,3	1	31,3	1	31,3			
2	Vent. câmara de carne	5	2,6	0,90	2,3	5	11,7	5	11,7	4	9,4	5	11,7	5	11,7	5	11,7	5	11,7			
3	Vent. câmara de peixe	4	3,6	0,90	3,2	2	6,5	2	6,5	4	13,0	2	6,5	2	6,5	2	6,5	2	6,5			
4	Vent. câmara de vegetais	2	0,6	0,90	0,6	2	1,1	2	1,1	2	1,1	2	1,1	2	1,1	2	1,1	2	1,1			
5	Vent. câmara de batatas	1	0,6	0,90	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6			
6	Vent. ante-câmara	1	0,6	0,90	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6			
7	Sist. de descongelamento	5	3,9	1,00	3,9	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0			
POTÊNCIA TOTAL ABSORVIDA						51,8		51,8		87,2		51,8		51,8		51,8		51,8				
FATOR DE SIMULTANEIDADE						1,0		1,0		1,0		1,0		1,0		1,0		1,0				
POTÊNCIA TOTAL A CONSIDERAR						51,8		51,8		87,2		51,8		51,8		51,8		51,8				

Grupo no. 06		No. de unidades instaladas	Potência nominal	Fator de carga	Potência absorvida	N O M A R				BOLLARD PULL		DP		C A R G A E D E S C A R G A		N O P O R T O U N D E A D O		F				
Máquinas de Convés						ESSENCIAL		NORMAL		No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida		No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida
						No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida													
Item	Descrição do consumidor	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW				
1	HPU for tuggers	2	131,0	0,80	104,8	0	0,0	0	0,0	2	209,6	1	104,8	0	0,0	0	0,0	0	0,0			
2	HPU for spooling gears	4	72,0	0,80	57,6	0	0,0	2	115,2	2	115,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0			
3	HPU for storage/	4	118,0	0,80	94,4	0	0,0	0	0,0	2	188,8	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0			
4	Turcos das baleeiras	2	37,0	0,90	33,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0			
5	HPU for towing	2	197,0	0,50	98,5	0	0,0	0	0,0	2	197,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0			
6	HPU for secondary winches	2	460,0	0,90	414,0	0	0,0	0	0,0	2	828,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0			
7	Guindaste Principal	1	100,0	0,90	90,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	90,0	0	0,0	0	0,0			
POTÊNCIA TOTAL ABSORVIDA						0,0		115,2		1538,6		104,8		90,0		0,0		0,0				
FATOR DE SIMULTANEIDADE						0,4		0,4		1,0		0,8		0,6		0,5		0,5				
POTÊNCIA TOTAL A CONSIDERAR						0,0		46,1		1538,6		83,8		54,0		0,0		0,0				

Grupo no. 7		No. de unidades instaladas	Potência nominal	Fator de carga	Potência absorvida	N O M A R				BOLLARD PULL		DP		C A R G A E D E S C A R G A		N O P O R T O U N D E A D O		F				
Thrusters (DP)						ESSENCIAL		NORMAL		No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida		No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida
						No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida													
Item	Descrição do consumidor	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW				
1	Stern Thrusters	2	1019,9	0,90	917,9	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	1835,9	0	0,0	0	0,0	0	0,0			
2	Bow Thrusters	2	1019,9	0,90	917,9	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	1835,9	0	0,0	0	0,0	0	0,0			
POTÊNCIA TOTAL ABSORVIDA						0,0		0,0		0,0		3671,8		0,0		0,0		0,0				
FATOR DE SIMULTANEIDADE						0,7		0,7		0,7		0,8		0,7		0,7		0,7				
POTÊNCIA TOTAL A CONSIDERAR						0,0		0,0		0,0		2753,8		0,0		0,0		0,0				

Grupo no. 08		No. de unidades instaladas	Potência nominal	Fator de carga	Potência absorvida	N O M A R				BOLLARD PULL		DP		C A R G A E D E S C A R G A		N O P O R T O U N D E A D O		F				
Lavanderia						ESSENCIAL		NORMAL		No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida		No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida
						No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida													
Item	Descrição do consumidor	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW				
1	Lavadora	2	2,9	1,00	2,9	0	0,0	2	5,8	2	5,8	0	0,0	2	5,8	2	5,8	2	5,8			
2	Secadora	2	4,4	1,00	4,4	0	0,0	2	8,8	2	8,8	0	0,0	2	8,8	2	8,8	2	8,8			
POTÊNCIA TOTAL ABSORVIDA						0,0		14,6		14,6		0,0		14,6		14,6		14,6				
FATOR DE SIMULTANEIDADE						0,5		0,5		0,5		0,5		0,5		0,5		0,5				
POTÊNCIA TOTAL A CONSIDERAR						0,0		7,3		7,3		0,0		7,3		7,3		7,3				

Grupo no. 9		No. de unidades instaladas	Potência nominal	Fator de carga	Potência absorvida	N O M A R				BOLLARD PULL		DP		CARGA E DESCARGA		NO PORTO UNDEADO			
Oficinas						ESSENCIAL		NORMAL		No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida
						No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida										
Item	Descrição do consumidor	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW			
1	Ponte rolante	2	8,6	0,75	6,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	6,5	1	6,5		
2	Torno	2	8,6	0,75	6,5	0	0,0	1	6,5	1	6,5	0	0,0	1	6,5	1	6,5		
3	Platina	2	1,7	0,70	1,2	0	0,0	1	1,2	1	1,2	0	0,0	1	1,2	1	1,2		
4	Furadeira	2	3,5	0,70	2,4	0	0,0	1	2,4	1	2,4	0	0,0	1	2,4	1	2,4		
5	Máquina de solda	1	22,0	0,70	15,4	0	0,0	1	15,4	1	15,4	0	0,0	1	15,4	1	15,4		
6	Painel de teste elétrico	1	6,3	1,00	6,3	0	0,0	1	6,3	1	6,3	0	0,0	1	6,3	1	6,3		
POTÊNCIA TOTAL ABSORVIDA						0,0		31,7		31,7		0,0		38,2		38,2			
FATOR DE SIMULTANEIDADE						0,4		0,4		0,4		0,4		0,4		0,4			
POTÊNCIA TOTAL A CONSIDERAR						0,0		12,7		12,7		0,0		15,3		15,3			

Grupo no. 10		No. de unidades instaladas	Potência nominal	Fator de carga	Potência absorvida	N O M A R				BOLLARD PULL		DP		CARGA E DESCARGA		NO PORTO UNDEADO			
Iluminação						ESSENCIAL		NORMAL		No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida
						No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida										
Item	Descrição do consumidor	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW			
1	Praca de máquinas	1	15,7	1,00	15,7	1	15,7	1	15,7	1	15,7	1	15,7	1	15,7	1	15,7		
2	Acomodações	1	37,6	1,00	37,6	1	37,6	1	37,6	1	37,6	1	37,6	1	37,6	1	37,6		
3	Convés principal (exposto)	1	15,7	1,00	15,7	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	15,7	1	15,7	1	15,7		
4	Carregador de baterias	1	6,3	1,00	6,3	1	6,3	1	6,3	1	6,3	1	6,3	1	6,3	1	6,3		
POTÊNCIA TOTAL ABSORVIDA						59,6		59,6		59,6		75,3		75,3		75,3			
FATOR DE SIMULTANEIDADE						0,7		0,7		0,7		0,7		0,7		0,7			
POTÊNCIA TOTAL A CONSIDERAR						41,7		41,7		41,7		52,7		52,7		52,7			

Grupo no. 11		No. de unidades instaladas	Potência nominal	Fator de carga	Potência absorvida	N O M A R				BOLLARD PULL		DP		CARGA E DESCARGA		NO PORTO UNDEADO			
Equipamentos Náuticos e de Auxílio à Navegação						ESSENCIAL		NORMAL		No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida
						No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida										
Item	Descrição do consumidor	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW			
1	Rádio	2	0,6	1,00	0,6	1	0,6	1	0,6	2	1,3	1	0,6	0	0,0	0	0,0		
2	Rádionômetro	2	0,2	1,00	0,2	0	0,0	1	0,2	2	0,3	1	0,2	0	0,0	0	0,0		
3	Rádio VHF	2	0,3	1,00	0,3	0	0,0	0	0,0	2	0,6	1	0,3	1	0,3	1	0,3		
4	Sist. antenas de rádio e TV	2	0,2	1,00	0,2	0	0,0	1	0,2	2	0,3	1	0,2	1	0,2	1	0,2		
5	Piloto automático	1	0,3	1,00	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0		
6	Giro-compasso	1	0,5	1,00	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5		
7	Radar	2	3,9	1,00	3,9	1	3,9	1	3,9	2	7,8	1	3,9	0	0,0	0	0,0		
8	Sist. de endereços	1	0,6	1,00	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6		
9	Ecobatímetro	1	0,3	1,00	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	0	0,0	0	0,0		
10	Odômetro	1	0,3	1,00	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	0	0,0	0	0,0		
11	Intercomunicador	1	0,5	1,00	0,5	0	0,0	1	0,5	1	0,5	1	0,5	0	0,0	0	0,0		
12	Intercomunicador manobra	1	0,3	1,00	0,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	0,3	1	0,3	0	0,0		
13	Sist. de telefonia	1	1,3	1,00	1,3	1	1,3	1	1,3	1	1,3	1	1,3	1	1,3	1	1,3		
14	Limpador de para-brisa	1	0,3	1,00	0,3	0	0,0	1	0,3	1	0,3	1	0,3	0	0,0	0	0,0		
15	Víguas rotativas	2	0,3	1,00	0,3	0	0,0	2	0,6	2	0,6	2	0,6	0	0,0	0	0,0		
16	INMARSAT	1	1,9	1,00	1,9	1	1,9	1	1,9	1	1,9	1	1,9	1	1,9	1	1,9		
17	Naveg. por satélite (GPS)	1	0,3	1,00	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	0	0,0	0	0,0		
18	Anemômetro/Anemoscópio	1	0,3	1,00	0,3	0	0,0	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3		
19	Relógio central	1	0,3	1,00	0,3	0	0,0	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3		
20	Apito	1	7,1	1,00	7,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0		
21	Load Master	1	0,3	1,00	0,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	0,3	0	0,0		
22	Receptor NAVTEX	1	0,3	1,00	0,3	0	0,0	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3		
23	Gravador	1	0,2	1,00	0,2	0	0,0	1	0,2	1	0,2	1	0,2	0	0,0	0	0,0		
24	Indicador de ângulo do leme	1	0,3	1,00	0,3	0	0,0	1	0,3	1	0,3	1	0,3	0	0,0	0	0,0		
25	Luzes de navegação	2	5,5	1,00	5,5	1	5,5	1	5,5	2	11,0	1	5,5	1	5,5	1	5,5		
26	Sist. detecção de incêndio	2	3,7	1,00	3,7	1	3,7	1	3,7	2	7,4	1	3,7	1	3,7	1	3,7		
POTÊNCIA TOTAL ABSORVIDA						19,2		22,4		37,0		22,7		15,5		14,8			
FATOR DE SIMULTANEIDADE						0,8		0,8		0,8		0,8		0,8		0,8			
POTÊNCIA TOTAL A CONSIDERAR						15,4		17,9		29,6		18,1		12,4		11,9			

Grupo no. 12		No. de unidades instaladas	Potência nominal	Fator de carga	Potência absorvida	N O M A R				BOLLARD PULL		DP		CARGA E DESCARGA		NO PORTO UNDEADO			
Cozinha / Copa						ESSENCIAL		NORMAL		No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida
						No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida										
Item	Descrição do consumidor	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW			
1	Equipamentos diversos	2	77,6	1,00	77,6	0	0,0	1	77,6	2	155,2	1	77,6	1	77,6	1	77,6		
2	Forno elétrico	1	9,4	1,00	9,4	0	0,0	1	9,4	1	9,4	1	9,4	1	9,4	1	9,4		
3	Geladeira (400 l)	4	1,6	1,00	1,6	0	0,0	1	1,6	1	1,6	1	1,6	1	1,6	1	1,6		
4	Geladeira (260 l)	4	1,6	1,00	1,6	0	0,0	2	3,2	2	3,2	2	3,2	2	3,2	2	3,2		
5	Geladeira (100 l)	4	1,6	1,00	1,6	0	0,0	3	4,8	3	4,8	3	4,8	3	4,8	3	4,8		
6	Chapa quente	3	3,1	1,00	3,1	0	0,0	3	9,4	3	9,4	3	9,4	3	9,4	3	9,4		
7	Cafeteira	2	2,4	1,00	2,4	0	0,0	2	4,7	2	4,7	2	4,7	2	4,7	2	4,7		
8	Batedeira	2	1,6	1,00	1,6	0	0,0	1	1,6	2	3,1	1	1,6	1	1,6	1	1,6		
9	Bebedouro	6	1,2	1,00	1,2	0	0,0	6	7,2	6	7,2	6	7,2	6	7,2	6	7,2		
10	Descascador de batatas	1	0,6	1,00	0,6	0	0,0	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6		
POTÊNCIA TOTAL ABSORVIDA						0,0		120,1		199,3		120,1		120,1		120,1			
FATOR DE SIMULTANEIDADE						0,6		0,6		0,6		0,6		0,6		0,6			
POTÊNCIA TOTAL A CONSIDERAR						0,0		72,1		119,6		72,1		72,1		72,1			

POTÊNCIA TOTAL A CONSIDERAR [kW]		N O M A R		BOLLARD PULL	DP	CARGA E DESCARGA	NO PORTO UNDEADO
		ESSENCIAL	NORMAL				
		690,4	1175,5	4251,1	4079,3	893,0	707,6

Após os cálculos anteriores podemos selecionar os equipamentos do sistema propulsivo Híbrido, para isso devemos avaliar a embarcação nas atividades críticas em seu perfil operacional:

- **Condição de Velocidade de Serviço:**

Potência Requerida em Velocidade de Serviço: **4324,6KW**

Demanda Elétrica Requerida (Balanço Elétrico): **1175,52KW**

OBS: Em condição de velocidade de serviço a embarcação utilizará a configuração do Sistema Propulsivo Diesel Elétrico.

Como o sistema é diesel elétrico devemos corrigir a Potência Requerida em Velocidade de Serviço devido às perdas na transmissão:

$$Pot_{Req} = 4324,6KW + 10\% \text{ das perdas} = \mathbf{4757,07KW}$$

$$\text{Então: } Pot_{Total} = 4757,07KW + 1175,52KW = \mathbf{5932,58KW}$$

Os Geradores de Eixo selecionados foram dois de 600KW cada, e funcionarão através do acionamento dos motores elétricos acoplados a caixa redutora.

Com essa potência total requerida nessa condição de velocidade de serviço podemos selecionar os geradores auxiliares (MCA1), necessários para suprir essa demanda. Os MCA's selecionados foram da marca Wartsila. A tabela abaixo mostra os geradores selecionados:

Tabela 10: Características MCA1

Seleção MCA1 (Modelo):	Quantidade	Potência(KW)	Pot. Total (KW)	SFC(g/KWh)	Consumo (g/h)
9L26	2	3060	6120	187	1144440



Figura 20: Gerador Auxiliar 1 (Fonte: Wartsila)

▪ **Condição de Bollard Pull:**

Potência Requerida em Bollard Pull: **13647,72KW**

OBS: Em condição de Bollard Pull a embarcação utilizará tanto a configuração Diesel Elétrica quanto a Diesel Mecânica. Os Motores Elétricos serão responsáveis por gerar a uma parte dessa potência requerida. Essa potência será igual a necessária na condição de velocidade de serviço, a qual foram dimensionados.

Potência fornecida pelos Motores Elétricos: **4324,6KW**

Então a potência requerida nos Motores Diesel (MCP):

$$Pot_{Req,MCP} = 13647,72KW - 4324,6KW = 9323,12KW$$

Como o sistema é diesel mecânico devemos corrigir essa Potência Requerida devido às perdas na transmissão:

$$Pot_{Req} = 9323,12KW + 3\% \text{ das perdas} = \mathbf{9602,81KW}$$

Com essa potência total requerida nessa condição podemos selecionar os motores diesel (MCP), necessários para suprir essa demanda. Os MCP's selecionados foram da marca Wartsila. A tabela abaixo mostra os motores selecionados:

Tabela 11: Características MCP

Seleção MCP (Modelo):	Quantidade	Potência(KW)	Pot. Total (KW)	SFC(g/KWh)	Consumo (g/h)
9L32	2	5220	10440	176	1837440



Figura 21: Motor Diesel (Fonte: Wartsila)

Demanda Elétrica Requerida (Balanço Elétrico): **4251,1KW**

Como os Geradores de Eixo fornecem ao todo **1200KW**, temos que os geradores auxiliares restantes necessários para suprir essa demanda elétrica devem ter no mínimo a seguinte potência:

$$Pot_{Req.MCA2} = 4251,1KW - 1200KW = \mathbf{3051,1KW}$$

Os MCA2's selecionados foram da marca Wartsila. A tabela abaixo mostra os geradores selecionados:

Tabela 12: Características MCA2

Seleção MCA2 (Modelo):	Quantidade	Potência(KW)	Pot. Total (KW)	SFC(g/KWh)	Consumo (g/h)
9L20	2	1665	3330	187	622710



Figura 22: Gerador Auxiliar 2 (Fonte: Wartsila)

Selecionado todos os equipamentos podemos calcular agora a porcentagem da potência necessária em cada equipamento para cada atividade. Essa porcentagem é calculada da seguinte forma:

$$\text{Porcentagem} = \text{Pot. Requerida} \div \text{Pot. Instalada}$$

Porém para saber o quanto é utilizado do equipamento em determinada atividade, devemos saber a configuração do sistema híbrido em cada operação.

➤ **Bollard Pull:**

- Os 2 Motores Principais acoplados (2xMCP);
- Os 2 Motores Elétricos acoplados;
- Os 2 Geradores de Eixo ligados;
- Os 4 Geradores Auxiliares ligados (2xMCA1, 2xMCA2)

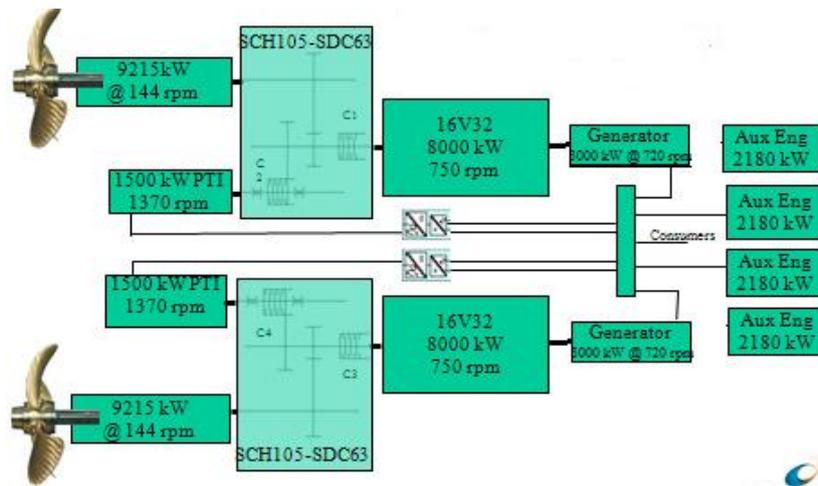


Figura 23: Equipamentos utilizados em Bollard Pull (Fonte: Wartsila)

➤ **Velocidade de Serviço (Sistema Diesel Elétrico):**

- Os 2 Motores Principais desligados (0xMCP);
- Os 2 Motores Elétricos acoplados;
- Os 2 Geradores de Eixo ligados;
- 2 Geradores Auxiliares acionados (2 x MCA1).

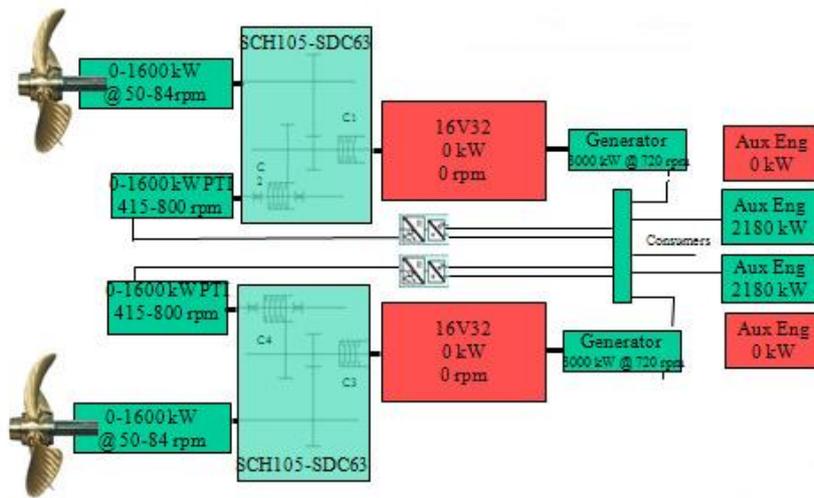


Figura 24: Equipamentos utilizados em Velocidade de Serviço (Fonte: Wartsila)

➤ **Posicionamento Dinâmico (DP):**

- Os 2 Motores Principais desligados (0 x MCP);
- Os 2 Geradores de Eixo desligados;
- Os 2 Motores Elétricos acoplados;
- 2 Geradores Auxiliares ligados (2 x MCA1).

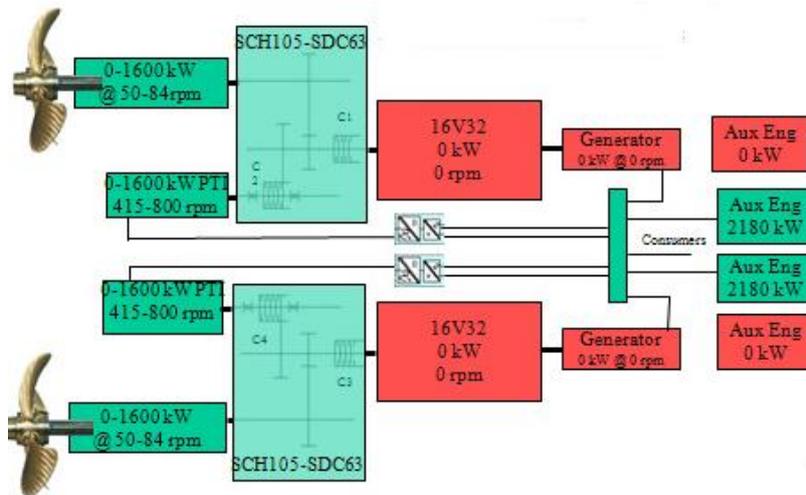


Figura 25: Equipamentos utilizados em DP (Fonte: Wartsila)

➤ **Porto/ Carga e Descarga:**

- Apenas 2 Geradores Auxiliares ligados (2xMCA2)

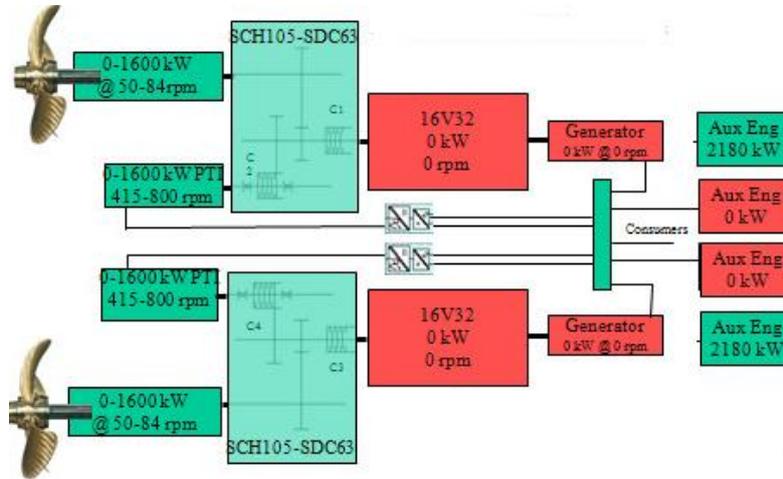
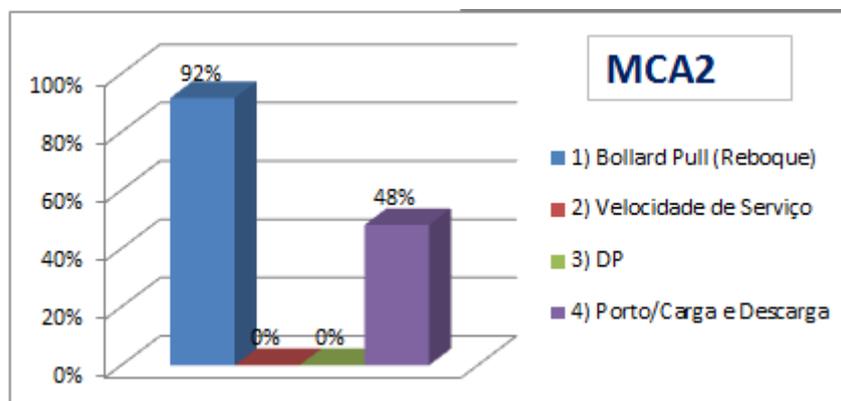
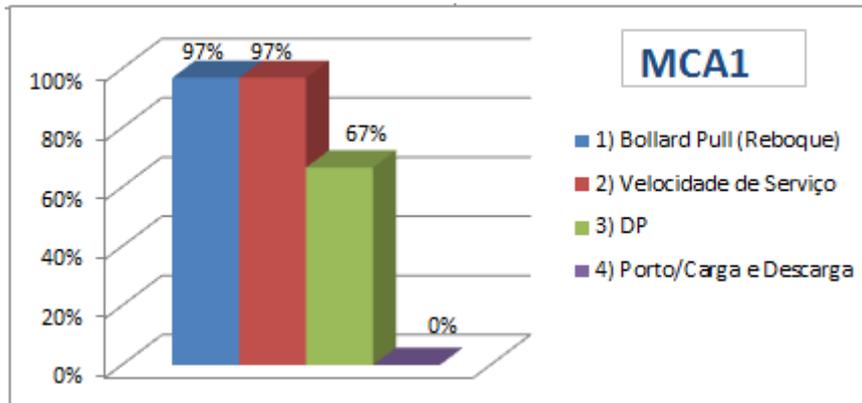


Figura 26: Equipamentos utilizados em Porto (Fonte: Wartsila)

Definido a configuração em cada operação temos as seguintes potências em cada equipamento:



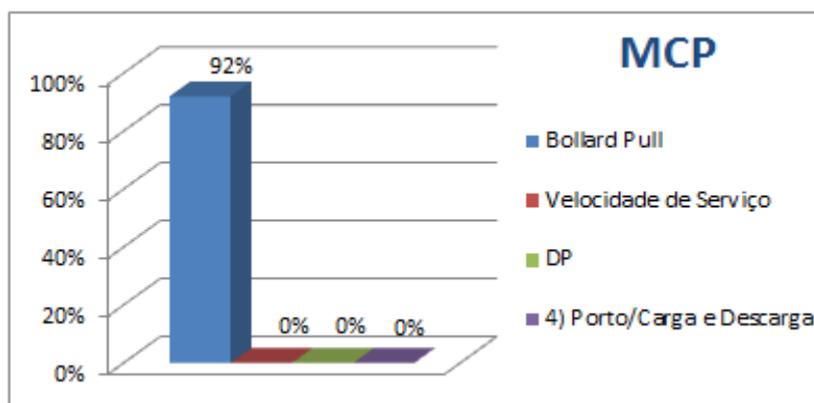


Gráfico 2: Potência de cada Equipamento em cada Operação

Podemos agora com todos os dados acima calcular o Custo Médio Diário de Combustível e conseqüentemente o Custo Operacional Diário da embarcação em questão. O cálculo de Consumo em cada operação foi feito levando-se em consideração o tempo que a embarcação fica naquela determinada atividade, bem como a porcentagem de potência necessária de cada equipamento para cada operação. O cálculo foi efetuado com auxílio da ferramenta Excel e pode ser visualizado na tabela abaixo:

Tabela 13: Calculo de Consumo em cada Operação

	MCP	MCA1	MCA2	% Tempo	Consumo em cada perfil (g/h)
1) Bollard Pull (Reboque)	92%	97%	92%	10%	337.004,46
2) Velocidade de Serviço	0%	97%	0%	40%	443.757,19
3) DP	0%	67%	0%	45%	343.270,23
4) DP (passo zero):	14%	12%	0%	0%	0,00
4) Porto	0%	0%	48%	5%	14.966,26

OBS: Na condição de DP, em passo zero, não há consumo dos motores principais porque os propulsores são acionados pelos motores elétricos.

O consumo em cada perfil foi feito da seguinte maneira:

$$\text{Consumo BP} = (92\% * 10\% * \text{Consumo MCP}) + (97\% * 10\% * \text{Consumo MCA1}) + (92\% * 10\% * \text{Consumo MCA2}) = 337004,46 \text{ g/h}$$

$$\text{Consumo VS} = (0\% * 40\% * \text{Consumo MCP}) + (97\% * 40\% * \text{Consumo MCA1}) + (0\% * 40\% * \text{Consumo MCA2}) = 443757,19 \text{ g/h}$$

$$\text{Consumo DP} = (0\% * 45\% * \text{Consumo MCP}) + (67\% * 45\% * \text{Consumo MCA1}) + (0\% * 45\% * \text{Consumo MCA2}) = 343270,23 \text{ g/h}$$

$$\begin{aligned} \text{Consumo Pt.} &= (0\% * 5\% * \text{Consumo MCP}) + (0\% * 5\% * \text{Consumo MCA1}) \\ &+ (48\% * 5\% * \text{Consumo MCA2}) = 14966,26 \text{ g/h} \end{aligned}$$

Onde: Consumo MCP = 176g/KWh x 10440KW (Potência MCP's) = 1837440 g/h

Consumo MCA1 = 187g/KWh x 6120KW (Potência MCA1's) = 1144440 g/h

Consumo MCA2 = 187g/KWh x 3330KW (Potência MCA2's) = 622710 g/h

Com esses valores podemos calcular o Custo Médio Diário de Combustível como o representado abaixo:

Consumo Médio Diário de Combustível	27,336	[t]
Preço de Combustível	941	US\$/t
Dias em operação	350	dias
Custo Médio Diário de Combustível		
	24.665,76	US\$

Onde o preço do óleo diesel utilizado nos motores foi obtido da Referência [9], e o valor que será considerado para todos os cálculos em questão, será o do dia da pesquisa (16/08/2013), conforme mostra a imagem abaixo:

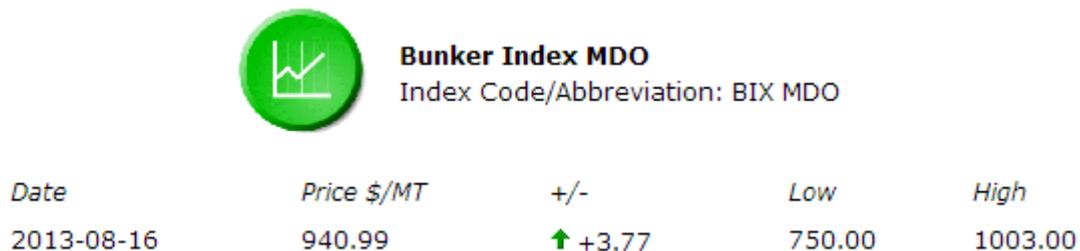


Figura 27: Preço Marine Diesel Oil (Fonte: Bunker Index)

Os cálculos da tabela acima foram feitos da seguinte maneira:

$$\text{Consumo Comb. Diário} = \left(\sum \text{Cons. BP} + \text{Cons. VS} + \text{Cons. DP} + \text{Cons. Pt} \right) * \frac{24}{10^6} = 27,3t$$

$$\text{Custo Diário Combustível} = 27,3t * 941 * \frac{350}{365} = 24665,76 \text{ US\$}$$

7.2. Sistema Propulsivo Diesel Mecânico:

Diferentemente do Sistema Propulsivo Híbrido o Diesel Mecânico não possui os motores elétricos em sua composição. Esse sistema é composto motores diesel (MCP0, acoplados a caixas redutoras, ligados aos propulsores através de linhas de eixo. Possuem ainda os geradores de eixo e geradores auxiliares que são responsáveis por suprir a demanda elétrica da embarcação.

O navio em questão é o mesmo, com mesmo perfil operacional e mesmas dimensões principais do caso estudado anteriormente. Possui todas as mesmas características do navio estudado no sistema híbrido, diferenciando justamente em seu sistema propulsivo.

Para selecionar os equipamentos necessários nesse novo sistema devemos avaliar a embarcação nas atividades críticas em seu perfil operacional:

- **Condição de Velocidade de Serviço:**

Potência Requerida em Velocidade de Serviço: **4324,6KW**

Demanda Elétrica Requerida (Balanço Elétrico): **1175,52KW**

Como o sistema é diesel mecânico devemos corrigir a Potência Requerida em Velocidade de Serviço, devido às perdas na transmissão:

$$Pot_{Req} = 4324,6KW + 3\% \text{ das perdas} = \mathbf{4454,34KW}$$

$$\text{Então: } Pot_{Total} = 4454,34KW + 1175,52KW = \mathbf{5629,86KW}$$

Os Geradores de Eixo selecionados foram dois de 600KW cada, e funcionarão através do acionamento dos motores diesel acoplados a caixa redutora.

Com essa potência total requerida nessa condição de velocidade de serviço podemos selecionar os motores diesel (MCP2), que serão utilizados quando a embarcação estiver em viagem. Os MCP2's selecionados foram da marca Wartsila. A tabela abaixo mostra os motores selecionados:

Tabela 14: Características MCP2

Seleção MCP2 (Modelo):	Quantidade	Potência(KW)	Pot. Total (KW)	SFC(g/KWh)	Consumo (g/h)
6L32	2	3000	6000	176	1056000



Figura 28: Motos Diesel 2 (Fonte: Wartsila)

▪ **Condição de Bollard Pull:**

Demanda Elétrica Requerida (Balanço Elétrico): **4251,1KW**

Como os Geradores de Eixo nessa condição estão desligados, os geradores auxiliares (MCA) são os responsáveis por suprir a demanda elétrica nessa atividade.

$$Pot_{Req.MCA} = 4251,1KW$$

Os MCA's selecionados foram da marca Wartsila. A tabela abaixo mostra os geradores selecionados:

Tabela 15: Características MCA

Seleção MCA (Modelo):	Quantidade	Potência(KW)	Pot. Total (KW)	SFC(g/KWh)	Consumo (g/h)
8L26	2	2600	5200	187	972400



Figura 29: Gerador Auxiliar (Fonte: Wartsila)

Potência Requerida em Bollard Pull: **13647,72KW**

Uma parte da potência para tração estática é fornecida pelos motores diesel selecionados anteriormente para condição de velocidade de serviço (MCP2), que possuem uma potência de 6000KW somados.

Então a potência requerida nos outros dois Motores Diesel (MCP1):

$$Pot_{Req.MCP1} = 13647,72KW - 6000KW = 7647,72KW$$

Como o sistema é diesel mecânico devemos corrigir essa Potência Requerida devido às perdas na transmissão:

$$Pot_{ReqMCP1} = 9323,12KW + 3\% \text{ das perdas} = \mathbf{7877,16KW}$$

Com essa potência total requerida nessa condição podemos selecionar os motores diesel (MCP1), necessários para suprir essa demanda. Os MCP1's selecionados foram da marca Wartsila. A tabela abaixo mostra os motores selecionados:

Tabela 16: Características MCP1

Seleção MCP1 (Modelo):	Quantidade	Potência(KW)	Pot. Total (KW)	SFC(g/KWh)	Consumo (g/h)
8L32	2	4000	8000	176	1408000



Figura 30: Motor Diesel 1 (Fonte: Wartsila)

Com todos os equipamentos já selecionados anteriormente, podemos calcular agora a porcentagem da potência necessária em cada equipamento para cada atividade. Para isso devemos saber a configuração do sistema Diesel Mecânico em cada operação.

➤ **Bollard Pull:**

- Os 4 Motores Principais ligados (2xMCP1, 2xMCP2);
- Os 2 Geradores de Eixo desligados;
- Os 2 Geradores Auxiliares ligados (2xMCA).

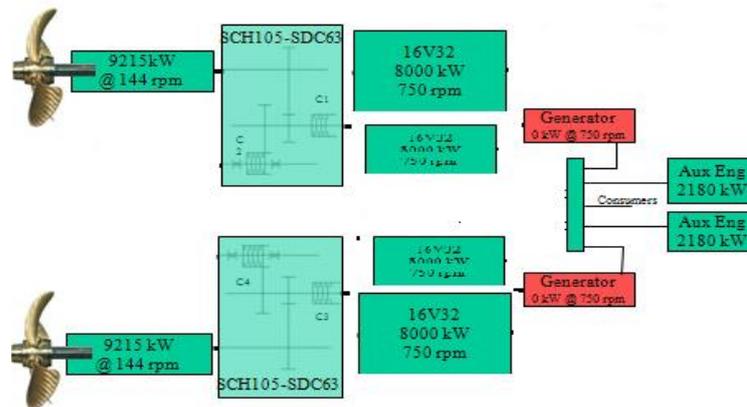


Figura 31: Equipamentos utilizados em Bollard Pull (Fonte: Wartsila)

➤ **Velocidade de Serviço:**

- 2 Motores Principais ligados (2xMCP2);
- 2 Motores Principais desligados (0xMCP1);
- Os 2 Geradores de Eixo ligados;
- Os 2 Geradores Auxiliares desligados (0xMCA).

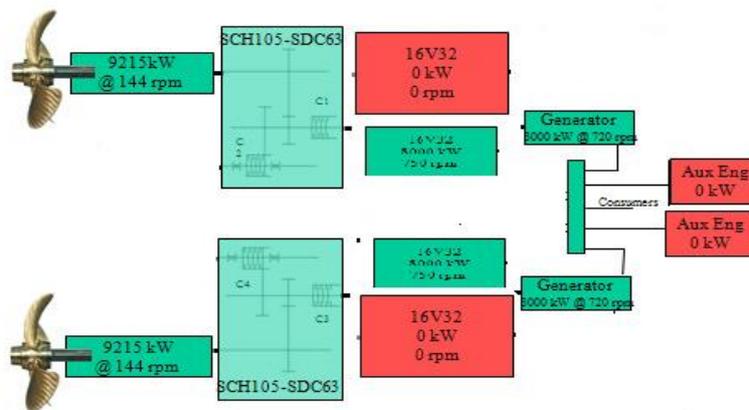


Figura 32: Equipamentos utilizados em Velocidade de Serviço (Fonte: Wartsila)

➤ **Posicionamento Dinâmico (DP):**

- Apenas os Geradores Auxiliares ligados (2xMCA).

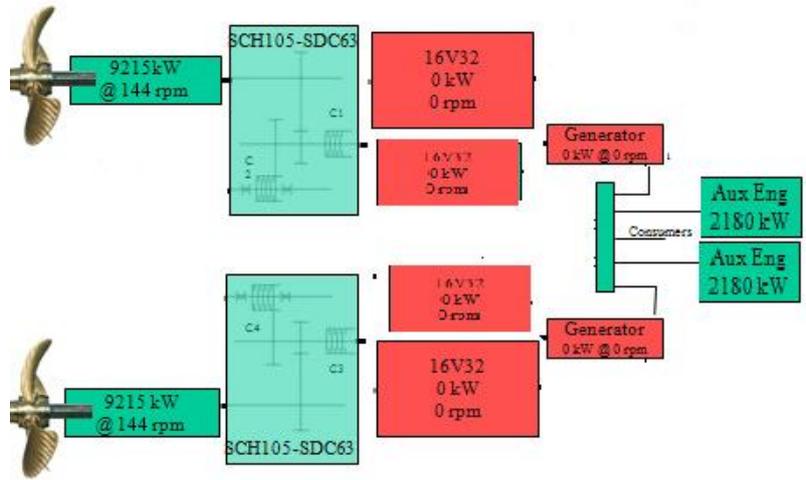


Figura 33: Equipamentos utilizados em DP (Fonte: Wartsila)

➤ **Porto/ Carga e Descarga:**

- Apenas um Gerador Auxiliar ligado (1xMCA).

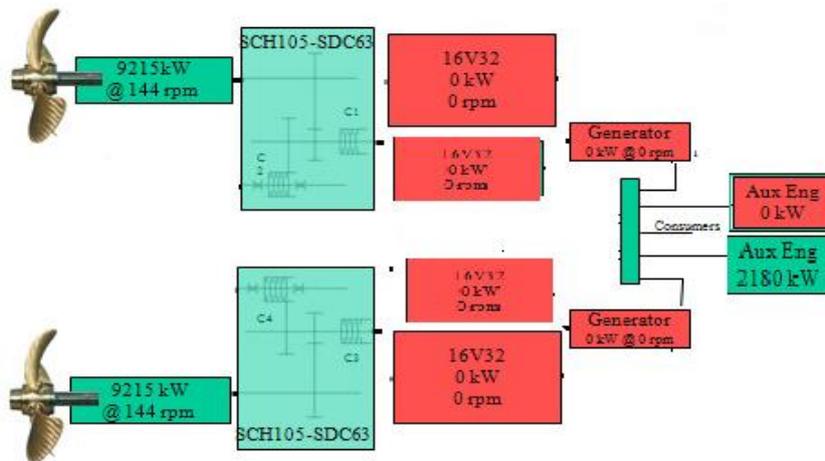


Figura 34: Equipamentos utilizados em Porto e Carga/Descarga (Fonte: Wartsila)

Definido a configuração em cada operação temos as seguintes potências em cada equipamento:

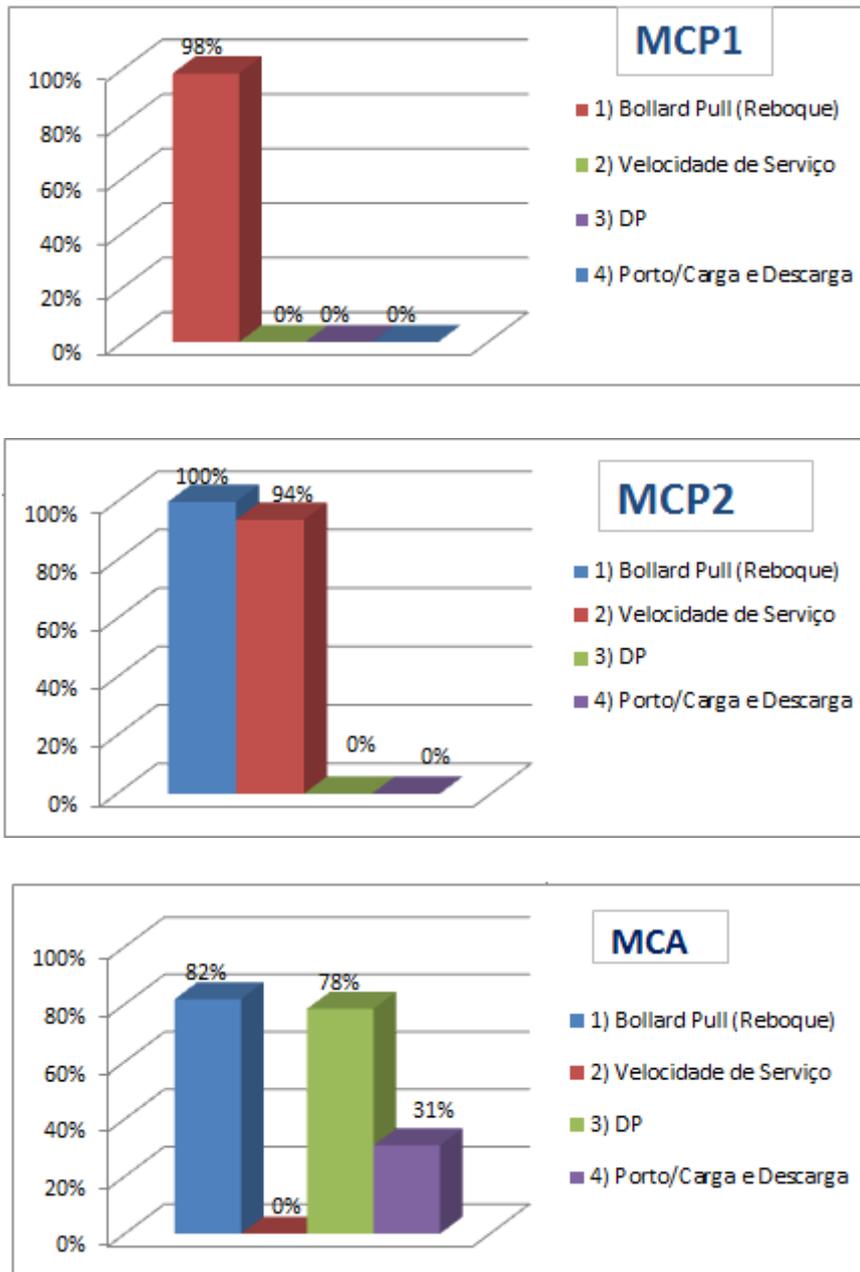


Gráfico 3: Potência de cada Equipamento em cada Operação

Podemos agora com todos os dados acima calcular o Custo Médio Diário de Combustível e conseqüentemente o Custo Operacional Diário da embarcação em questão. O cálculo de Consumo em cada operação foi feito levando-se em consideração o tempo que a embarcação fica naquela determinada atividade, bem como a

porcentagem de potência necessária de cada equipamento para cada operação. O cálculo foi efetuado com auxílio da ferramenta Excel e pode ser visualizado na tabela abaixo:

Tabela 17: Cálculo do Consumo em cada Operação

	MCP1	MCP2	MCA	% Tempo	Consumo em cada perfil (g/h)
1) Bollard Pull (Reboque)	98%	100%	82%	10%	323.733,59
2) Velocidade de Serviço	0%	94%	0%	40%	396.342,18
3) DP	0%	0%	78%	45%	343.270,23
4) Dp (passo zero)	15%	11%	0%	45%	146.498,21
5) Porto	0%	0%	31%	5%	14.966,26

OBS: Diferente do Sistema Propulsivo Híbrido, o Diesel Mecânico quando em condição de DP possui absorção de potência pelo propulsor quando este se encontra em condição de “passo zero”, e apesar de não estar gerando empuxo, o propulsor está absorvendo em torno de 15 a 20% da potência máxima contínua do equipamento. A condição em vermelho representa esse caso onde o propulsor está em passo zero. Foram considerados 15% da potência entregue ao propulsor por cada conjunto de motor principal.

O consumo em cada perfil foi feito da seguinte maneira:

$$\text{Consumo BP} = (98\% * 10\% * \text{Consumo MCP1}) + (100\% * 10\% * \text{Consumo MCP2}) + (82\% * 10\% * \text{Consumo MCA}) = 323733,59 \text{ g/h}$$

$$\text{Consumo VS} = (0\% * 40\% * \text{Consumo MCP1}) + (94\% * 40\% * \text{Consumo MCP2}) + (0\% * 40\% * \text{Consumo MCA}) = 396342,18 \text{ g/h}$$

$$\text{Consumo DP} = (0\% * 45\% * \text{Consumo MCP1}) + (0\% * 45\% * \text{Consumo MCP2}) + (78\% * 45\% * \text{Consumo MCA}) = 343270,23 \text{ g/h}$$

$$\text{Consumo DP}_{p0} = (15\% * 98\% * 45\% * \text{Consumo MCP1}) + (15\% * 100\% * 45\% * \text{Consumo MCP2}) + (0\% * 45\% * \text{Consumo MCA}) = 146498,21 \text{ g/h}$$

$$\text{Consumo Pt.} = (0\% * 5\% * \text{Consumo MCP1}) + (0\% * 5\% * \text{Consumo MCP2}) + (31\% * 5\% * \text{Consumo MCA}) = 14966,26 \text{ g/h}$$

$$\text{Onde: Consumo MCP1} = 176\text{g/KWh} * 8000\text{KW (Potência MCP1's)} = 1408000 \text{ g/h}$$

$$\text{Consumo MCP2} = 176\text{g/KWh} * 6000\text{KW (Potência MCP2's)} = 1056000 \text{ g/h}$$

$$\text{Consumo MCA} = 187\text{g/KWh} * 5200\text{KW (Potência MCA's)} = 972400 \text{ g/h}$$

Com esses valores podemos calcular o Custo Médio Diário de Combustível como o representado abaixo:

Consumo Médio Diário de Combustível	29,40	[t]
Preço de Combustível	941	US\$/t
Dias em operação	350	dias

Custo Médio Diário de Combustível	26.524,08	US\$
--	------------------	-------------

Os cálculos da tabela acima foram feitos da seguinte maneira:

$$\text{Consumo Comb. Diário} = \left(\sum \text{Cons. BP} + \text{Cons. VS} + \text{Cons. DP} + \text{Cons. Pt} \right) * \frac{24}{10^6} = 29,4t$$

$$\text{Custo Diário Combustível} = 122,3 * 941 * \frac{350}{365} = 26524,08 \text{ US\$}$$

7.3. Sistema Propulsivo Diesel Elétrico:

Diferentemente do Sistema Propulsivo Híbrido e do Diesel Mecânico, o Diesel Elétrico não possui os motores diesel com linhas de eixo, geradores de eixo. Seu sistema é composto por motores diesel, acoplados a geradores (MCA) que através de cabos elétricos de transmissão acionam motores elétricos que acionam os propulsores que normalmente são do tipo Azimutais. Essa configuração pode ser visualizada na figura abaixo:

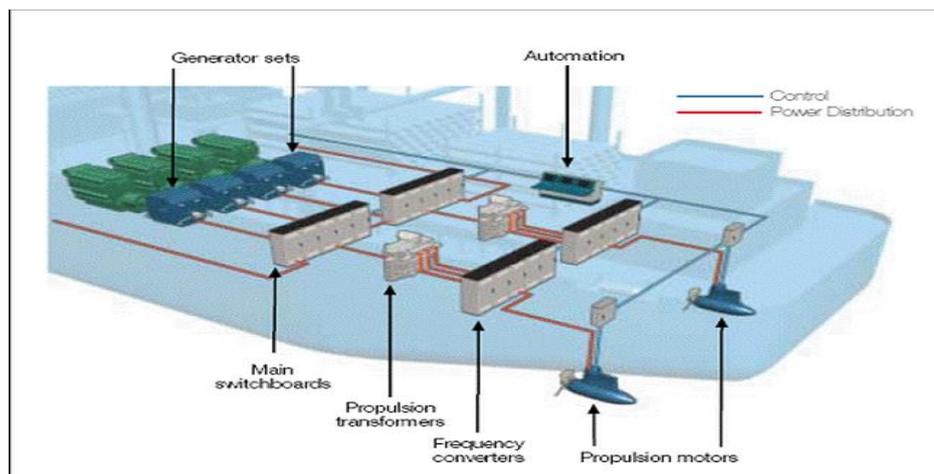


Figura 35: Equipamentos Sistema Diesel Elétrico

O navio em questão é o mesmo com mesmo perfil operacional e mesmas dimensões principais dos dois primeiros casos. Possui todas as mesmas características

do navio estudado no sistema híbrido e mecânico, diferenciando apenas nos equipamentos de seu sistema propulsivo.

A potência requerida na condição de Bollard Pull continua a mesma que nos dois primeiros casos estudados ($Pot_{Req.BP.} = 13647,72KW$). Porém como no Sistema Diesel Elétrico o passo do propulsor é fixo e não mais controlado, como nos dois primeiros casos, a potência requerida em condição de velocidade de serviço é outra.

Para propulsores de passo fixo a razão Passo/Diâmetro é fixa e o que varia é a rotação. Então para saber a potência requerida em viagem foi fixado o passo e variado a rotação do propulsor. A tabela abaixo representa os cálculos efetuados:

Tabela 18: Seleção do Propulsor (Sistema Diesel Elétrico)

Teste em Velocidade de Serviço:										
Cálculo de Potência										
P/D	RPM	J	Kt	Ktn	10*Kq	no(%)	T [kN]	Q [kN]	DHP	BHP
0,8	150	0,5	0,630	0,207	1,105	0,597	1669,21	925,0364495	29060,87714	3124,825499
0,8	160	0,5	0,530	0,163	0,812	0,629	1571,59	773,9010764	25933,67399	2788,567095
0,8	170	0,4	0,396	0,117	0,571	0,624	1311,58	613,5377284	21844,83703	2348,907207
0,8	180	0,4	0,283	0,068	0,364	0,633	1007,34	438,3527708	16525,51013	1776,936574
0,8	190	0,4	0,166	0,024	0,203	0,580	606,07	272,6832805	10851,02401	1166,776776
0,8	200	0,4	0,066	-0,011	0,108	0,302	195,38	160,2756977	6713,612727	721,8938416

O propulsor selecionado foi aquele com maior eficiência em águas abertas, e foi aplicada uma margem de mar, de 15% a potência em questão:

O novo BHP foi calculado de acordo com seguinte expressão:

$$BHP_{MM} = (1 + \sigma_{MM}) \times BHP = 1776,93Hp * (1,15) = 2043,48HP = 1523,8KW$$

Portanto a Potência Requerida para os dois propulsores em Velocidade de Serviço no Sistema Diesel Elétrico é: $Pot_{Req.VS} = 2 * 1523,8KW = 3047,6KW$.

Para selecionar os equipamentos necessários nesse novo sistema devemos avaliar a embarcação nas atividades críticas em seu perfil operacional:

- **Condição de Velocidade de Serviço:**

Potência Requerida em Velocidade de Serviço: **3047,6KW**

Demanda Elétrica Requerida (Balanço Elétrico): **1175,52KW**

Como o sistema é diesel elétrico devemos corrigir a Potência Requerida em Velocidade de Serviço, devido às perdas na transmissão:

$$Pot_{Req} = 3047,6KW + 10\% \text{ das perdas} = 3352,41KW$$

$$\text{Então: } Pot_{Total} = 3352,4KW + 1175,52KW = \mathbf{4527,92KW}$$

Com essa potência total requerida nessa condição de velocidade de serviço podemos selecionar o primeiro grupo de geradores auxiliares (MCA1), que serão utilizados quando a embarcação estiver em viagem. Os MCA1's selecionados foram da marca Wartsila. A tabela abaixo mostra os geradores selecionados:

Tabela 19: Características MCA1

Seleção MCA1 (Modelo):	Quantidade	Potência(KW)	Pot. Total (KW)	SFC(g/KWh)	Consumo (g/h)
8L26	2	2600	5200	187	972400



Figura 36: Gerador Auxiliar 1 (Fonte: Wartsila)

▪ **Condição de Bollard Pull:**

Potência Requerida em Bollard Pull: **13647,72KW**

Demanda Elétrica Requerida (Balanço Elétrico): **4251,1KW**

Como o sistema é diesel elétrico devemos corrigir a potência requerida em Bollard Pull, devido às perdas na transmissão:

$$Pot_{Req} = 13647,72 + 10\% \text{ das perdas} = 15012,5KW$$

$$\text{Então: } Pot_{Total} = 15012,5KW + 4251,1KW = 19263,6KW$$

Então a potência requerida para o grupo de geradores auxiliares restantes deve ser: $Pot_{Req.MCA2} = 19263,6KW - 5200KW(Potência MCA1) = 14063,6KW$

Com essa potência podemos selecionar o segundo grupo de geradores auxiliares (MCA2) do sistema diesel elétrico. Os MCA2's selecionados foram da marca Wartsila. A tabela abaixo mostra os geradores selecionados:

Tabela 20: Características MCA2

Seleção MCA2(Modelo):	Quantidade	Potência(KW)	Pot. Total (KW)	SFC(g/KWh)	Consumo (g/h)
16V32	2	7680	15360	176	2703360



Figura 37: Gerador Auxiliar 2 (Fonte: Wartsila)

Com os equipamentos selecionados, podemos calcular agora a porcentagem da potência necessária em cada equipamento para cada atividade. Para isso devemos saber a configuração do sistema Diesel Elétrico em cada operação.

➤ **Bollard Pull:**

- Os 2 Geradores Auxiliares 1 ligados (2xMCA1);
- Os 2 Geradores Auxiliares 2 ligados (2xMCA2).

➤ **Velocidade de Serviço:**

- Os 2 Geradores Auxiliares 1 ligados (2xMCA1);
- Os 2 Geradores Auxiliares 2 desligados (0xMCA2).

➤ **Posicionamento Dinâmico (DP):**

- Os 2 Geradores Auxiliares 1 ligados (2xMCA1);
- Os 2 Geradores Auxiliares 2 desligados (0xMCA2).

➤ **Condição de Porto e Carga/Descarga:**

- Apanas 1 Gerador Auxiliar 1 ligado (1xMCA1)

Definido a configuração em cada operação temos as seguintes potências nos Geradores Auxiliares:

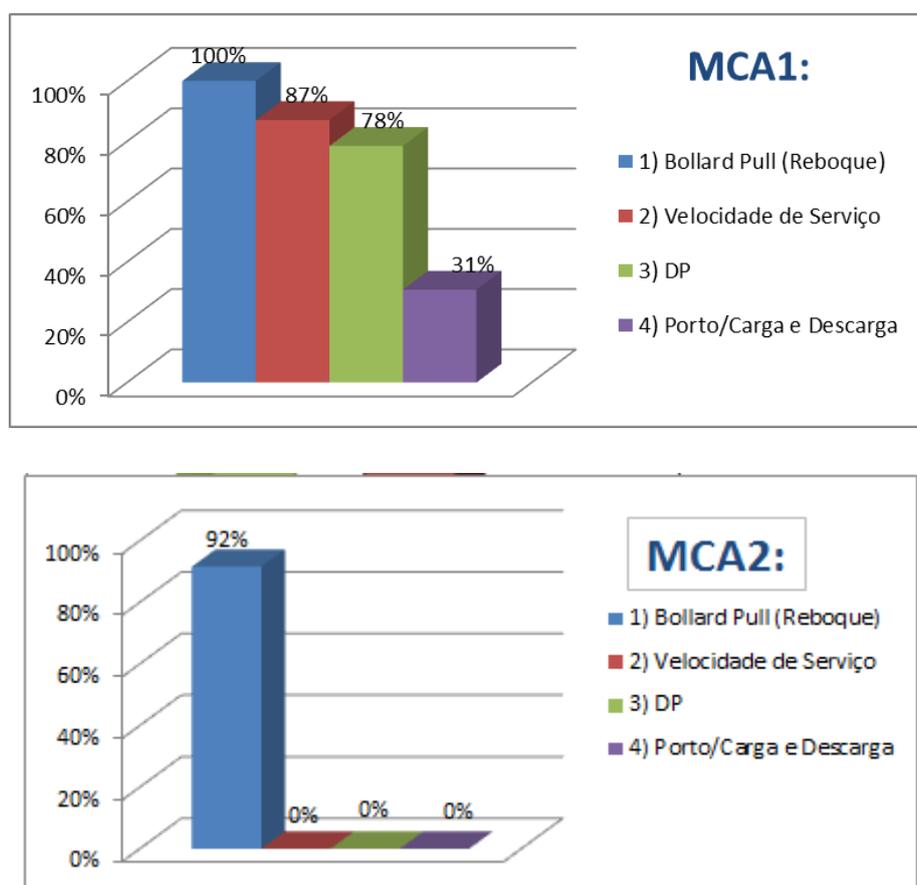


Figura 38: Potência dos MCA's em cada operação

Podemos agora com todos os dados acima calcular o Custo Médio Diário de Combustível e conseqüentemente o Custo Operacional Diário da embarcação em questão. O cálculo foi efetuado com auxílio da ferramenta Excel e pode ser visualizado na tabela abaixo:

Tabela 21: Calculo do Consumo em cada Operação

	MCA1	MCA2	% Tempo	Consumo em cada perfil (g/h)
1) Bollard Pull (Reboque)	100%	92%	10%	344.759,38
2) Velocidade de Serviço	87%	0%	40%	338.688,68
3) DP	78%	0%	45%	343.270,23
4) Porto	31%	0%	5%	14.966,26

O consumo em cada perfil foi feito da seguinte maneira:

$$\text{Consumo BP} = (100\% * 10\% * \text{Consumo MCA1}) + (92\% * 10\% * \text{Consumo MCA2}) = 344759,38g/h$$

$$\text{Consumo VS} = (87\% * 40\% * \text{Consumo MCA1}) + (0\% * 40\% * \text{Consumo MCA2}) = 338688,68 g/h$$

$$\text{Consumo DP} = (78\% * 45\% * \text{Consumo MCA1}) + (0\% * 45\% * \text{Consumo MCA2}) = 343270,23g/h$$

$$\text{Consumo Pt.} = (31\% * 5\% * \text{Consumo MCA1}) + (0\% * 5\% * \text{Consumo MCA2}) = 14966,26 g/h$$

Onde: Consumo MCA1 = 187g/KWh x 5200KW (Potência MCA1's) = 972400 g/h

Consumo MCA2 = 176g/KWh x 7680KW (Potência MCA2's) = 2703360 g/h

Com esses valores podemos calcular o Custo Médio Diário de Combustível como o representado abaixo:

Consumo Médio Diário de Combustível	25,00	[t]
Preço de Combustível	941	US\$/t
Dias em operação	350	dias

Custo Médio Diário de Combustível	22.558,37	US\$
--	------------------	-------------

Os cálculos da tabela acima foram feitos da seguinte maneira:

$$\text{Consumo Comb. Diário} = \left(\sum \text{Cons. BP} + \text{Cons. VS} + \text{Cons. DP} + \text{Cons. Pt} \right) * \frac{24}{10^6} = 25t$$

$$\text{Custo Diário Combustível} = 25 * 941 * \frac{350}{365} = 22558,37 \text{ US\$}$$

8. Cálculo Consumo de Combustível navio PSV:

Assim como feito para o AHTS, a primeira etapa para se iniciar os cálculos de consumo de combustível para os diferentes tipos de sistema propulsivo foi a escolha de um perfil operacional típico para embarcação em questão atuando na Bacia de Campos. Como se trata de um navio PSV as atividades típicas bem como o tempo em cada uma pode ser observada no gráfico abaixo. Pode-se perceber que a embarcação em questão permanece 40% do tempo em viagem, 45% em posicionamento dinâmico, 7% em atividades de carga e descarga e 8% no porto.



Gráfico 4: Perfil Operacional de embarcação

8.1. Sistema Propulsivo Híbrido:

Uma vez definido o perfil operacional da embarcação podemos agora definir os equipamentos que constituem nosso sistema propulsivo híbrido. O Sistema Híbrido será composto por apenas uma única linha de eixo com propulsor de passo controlado, essa linha é acoplada a uma caixa redutora que possui dois geradores de eixo e dois motores principais (MCP) ligados a ela. Há ainda a presença de geradores auxiliares (MCA) necessários pra suprir a demanda elétrica da embarcação. A figura abaixo ilustra essa configuração típica em PSV's.

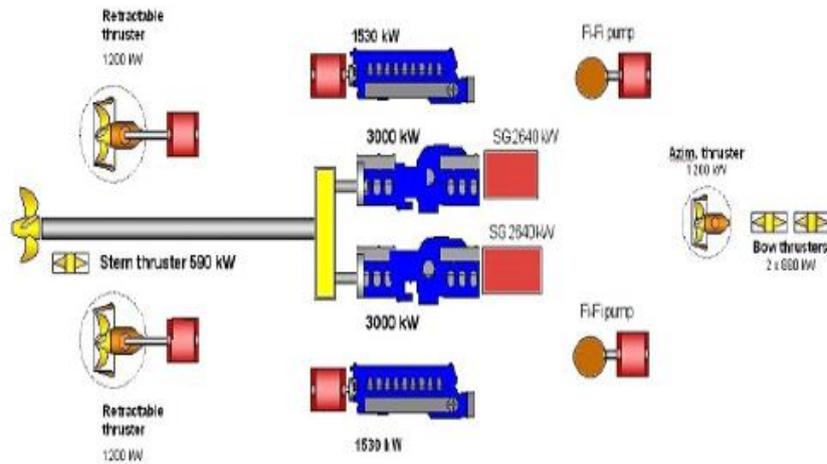


Figura 39: Configuração Sistema Híbrido (PSV) (Fonte: Warsila)

O navio possui as mesmas dimensões que o estudado anteriormente, possuindo, portanto a mesma Resistência ao Avanço de **133,5 KN**.

Devemos escolher então o propulsor que será utilizado na embarcação e com ele selecionar o motor necessário, que atenda o Empuxo Requerido em condição de viagem.

Para seleção do Propulsor devemos satisfazer dois critérios:

- Empuxo Requerido \geq Empuxo Disponível;
- Satisfazer o Critério de Cavitação;

Para isso foram utilizados oito Gráficos $K_{tx}K_{qx}J$ e cinco variações de rotação (150, 162.5, 175, 187.5 e 200 RPM), para otimizar a escolha do propulsor.

➤ **Condição de Velocidade de Serviço:**

Para analisar essa condição foi necessário calcular o empuxo requerido (T_{req}), a partir da resistência total (R_t) e do coeficiente de redução propulsiva (t), que foram obtidos via tabela [1].

$$T_{req} = \frac{R_t}{1-t}$$

Onde: $R_t = 133.5$ KN, $t = 0.165$, então **$T_{req} = 159,94$ KN**

Com isso foram feitos cálculos para os coeficientes de avanço (J) para as cinco rotações do propulsor (RPM) e o diâmetro de 4,2 m do propulsor.

$$J = \frac{Va}{ND}$$

Onde a velocidade de avanço é obtida a partir da velocidade de serviço da embarcação (12 nós = 6,17 m/s), dada pela seguinte expressão:

$$Va = Vs(1 - w) = 6,17 \cdot (1 - 0,159) = 5,193 \text{ m/s}$$

Vs - Velocidade de Serviço;

w - Coeficiente de Esteira;

Com o auxílio das curvas $K_t \times K_q \times J$ foi possível determinar a relação passo-diâmetro (P/D) com maior eficiência em águas abertas (η_0) para cada valor de J.

Com essa relação determinada juntamente com os valores de (J) nas curvas $K_t \times K_q \times J$, foram encontrados os valores dos coeficientes de empuxo (K_t) e dos coeficientes de torque (K_q) para valor da rotação (N).

Podemos de forma mais eficiente calcular a eficiência em águas abertas (η_0) pela seguinte fórmula:

$$\eta_0 = \frac{J \cdot K_t}{2\pi \cdot K_q}$$

Em contrapartida, com os valores do coeficiente de empuxo (K_t) para cada coeficiente de avanço (J) calculado, pode-se determinar o empuxo disponível (T_{disp}) oferecido por cada propulsor estudado.

$$T_{disp} = K_t \cdot \rho \cdot N^2 D^4$$

Após isso podemos comparar o empuxo requerido (T_{req}) e o empuxo disponível (T_{disp}), considerando que o número de propulsores a serem utilizados seja igual a dois.

$$\text{Então temos: } T_{disp} \geq \frac{T_{req}}{2}$$

A tabela abaixo mostra os propulsores estudados para a embarcação em questão:

Tabela 22: Seleção do Propulsor (PSV)

Dados de Entrada			
Comp. Linha d'Água (Lwl)	=	81,890	m
Velocidade Serviço (Vs)	=	12,000	nós
Coef. Esteira (w)	=	0,159	--
Coef. Red. Força Prop. (t)	=	0,165	--
Ef. Rot. Relativa (η_{rr})	=	0,984	--
Ef. Eixo (η_s)	=	0,930	--
Resistência Total (Rt)	=	133,51	kN
Calado de Projeto (T)	=	7,0	m
Número de Propulsores (NProp)	=	2	--
Dens. Água do Mar (ρ)	=	1025	kg/m ³

Velocidade Avanço (Va)	=	5,193	m/s
Empuxo Requerido (Treq)	=	159,949	kN
Pot. Efetiva (EHP)	=	1602,074	HP
Pot. Empuxo (THP)	=	1614,530	HP
Ef. Casco (η_h)	=	0,992	--

Condição de Velocidade de Serviço														
N. Propulsor	Diâmetro Máximo [m]	Número de Pás	Razão de Área	Rotação [rpm]	J	Passo / Diâmetro	Kt	Kq	Ef. Águas Abertas (η_0)	Emp. Disp. (T _{Disp})	Teste Treq	η_B	DHP	BHP
1	4,20	3-19A	0,65	150	0,49	1,0	0,25	0,033	0,60	498,36	OK	0,59	2752,92	2960,13
2	4,20	3-19A	0,65	162,5	0,46	1,0	0,28	0,035	0,58	655,06	OK	0,57	2824,18	3036,75
3	4,20	3-19A	0,65	175	0,42	0,8	0,16	0,020	0,54	434,12	OK	0,53	3041,42	3270,34
4	4,20	3-19A	0,65	187,5	0,40	0,8	0,15	0,021	0,45	467,21	OK	0,44	3649,70	3924,41
5	4,20	3-19A	0,65	200	0,37	0,8	0,20	0,023	0,51	708,78	OK	0,50	3197,84	3438,53
6	4,20	4-19A	0,55	150	0,49	1,0	0,25	0,035	0,56	498,36	OK	0,55	2919,76	3139,53
7	4,20	4-19A	0,55	162,5	0,46	0,8	0,16	0,021	0,55	374,32	OK	0,54	2965,38	3188,58
8	4,20	4-19A	0,55	175	0,42	0,8	0,17	0,022	0,52	461,26	OK	0,51	3148,76	3385,77
9	4,20	4-19A	0,55	187,5	0,40	0,8	0,18	0,022	0,52	560,65	OK	0,51	3186,25	3426,07
10	4,20	4-19A	0,55	200	0,37	0,8	0,20	0,024	0,49	708,78	OK	0,48	3336,87	3588,03
11	4,20	4-19A	0,70	150	0,49	1,0	0,21	0,030	0,55	418,62	OK	0,54	2979,35	3203,60
12	4,20	4-19A	0,70	162,5	0,46	1,0	0,24	0,033	0,53	561,48	OK	0,52	3106,59	3340,42
13	4,20	4-19A	0,70	175	0,42	1,0	0,25	0,035	0,48	678,32	OK	0,47	3406,39	3662,78
14	4,20	4-19A	0,70	187,5	0,40	1,0	0,26	0,036	0,45	809,83	OK	0,45	3609,60	3881,29
15	4,20	4-19A	0,70	200	0,37	0,8	0,18	0,021	0,51	637,90	OK	0,50	3244,18	3488,37
16	4,20	4-22	0,70	150	0,49	1,0	0,22	0,033	0,52	438,55	OK	0,52	3128,32	3363,78
17	4,20	4-22	0,70	162,5	0,46	1,0	0,25	0,035	0,52	584,88	OK	0,51	3163,08	3401,16
18	4,20	4-22	0,70	175	0,42	1,0	0,27	0,036	0,51	732,59	OK	0,50	3244,18	3488,37
19	4,20	4-22	0,70	187,5	0,40	1,0	0,29	0,037	0,49	903,27	OK	0,49	3326,08	3576,43
20	4,20	4-22	0,70	200	0,37	0,8	0,20	0,022	0,54	708,78	OK	0,53	3058,80	3289,03
21	4,20	4-24A	0,70	150	0,49	1,2	0,35	0,051	0,54	697,70	OK	0,53	3038,94	3267,67
22	4,20	4-24A	0,70	162,5	0,46	1,0	0,25	0,035	0,52	584,88	OK	0,51	3163,08	3401,16
23	4,20	4-24A	0,70	175	0,42	1,0	0,26	0,036	0,49	705,45	OK	0,48	3368,96	3622,53
24	4,20	4-24A	0,70	187,5	0,40	1,0	0,28	0,037	0,48	872,13	OK	0,47	3444,87	3704,16
25	4,20	4-24A	0,70	200	0,37	0,8	0,18	0,022	0,48	637,90	OK	0,48	3398,67	3654,48
26	4,20	4-37A	0,70	150	0,49	1,2	0,20	0,040	0,39	398,69	OK	0,39	4171,09	4485,04
27	4,20	4-37A	0,70	162,5	0,46	1,2	0,22	0,042	0,38	514,69	OK	0,37	4313,29	4637,94
28	4,20	4-37A	0,70	175	0,42	1,2	0,25	0,045	0,37	678,32	OK	0,37	4379,64	4709,29
29	4,20	4-37A	0,70	187,5	0,40	1,0	0,15	0,026	0,36	467,21	OK	0,36	4518,68	4858,80
30	4,20	4-37A	0,70	200	0,37	1,0	0,18	0,028	0,38	637,90	OK	0,37	4325,57	4651,16
31	4,20	5-19A	0,75	150	0,49	1,0	0,25	0,036	0,55	498,36	OK	0,54	3003,18	3229,23
32	4,20	5-19A	0,75	162,5	0,46	1,0	0,28	0,038	0,54	655,06	OK	0,53	3066,25	3297,04
33	4,20	5-19A	0,75	175	0,42	1,0	0,31	0,040	0,52	841,12	OK	0,51	3139,53	3375,84
34	4,20	5-19A	0,75	187,5	0,40	1,0	0,32	0,042	0,48	996,72	OK	0,47	3421,60	3679,14
35	4,20	5-19A	0,75	200	0,37	0,8	0,20	0,025	0,47	708,78	OK	0,46	3475,91	3737,54
36	4,20	5-33	1,00	150	0,49	1,0	0,37	0,058	0,50	737,57	OK	0,49	3269,23	3515,30
37	4,20	5-33	1,00	162,5	0,46	1,0	0,38	0,059	0,47	889,01	OK	0,46	3507,92	3771,96
38	4,20	5-33	1,00	175	0,42	1,0	0,39	0,060	0,44	1058,18	OK	0,43	3743,29	4025,04
39	4,20	5-33	1,00	187,5	0,40	1,0	0,40	0,061	0,41	1245,89	OK	0,41	3975,57	4274,81
40	4,20	5-33	1,00	200	0,37	1,0	0,41	0,062	0,39	1452,99	OK	0,38	4205,00	4521,51

Percebe-se que o propulsor que obteve maior eficiência em águas abertas e menor potência entregue foi de número 1.

Esse propulsor possui a seguintes características:

- ✓ Diâmetro Máximo - $D_{\text{máx}} = 4,2\text{m}$
- ✓ Número de Pás = 3
- ✓ Razão de Área = 0,65
- ✓ Rotação- $N = 150\text{ rpm}$
- ✓ Razão Passo/Diâmetro (P/D) = 1,0
- ✓ Potência Produzida pelo Motor – **BHP=2960,13 HP**

Devemos agora testas a cavitação nos propulsores:

Teste de Cavitação (Burrill)				
Área Projetada	Pressão Dinâmica	Coef. Carreg. Empuxo (Tc)	Núm. de Cavitação	% de Cavitação
8,58	287074,80	0,10	0,54	0

Testada a Cavitação no Propulsor, devemos aplicar certas correções aos valores de potência obtidos. Essas correções são conhecidas como margens. Aplicada essas margens, obtemos o BHP e rotação requeridos pela embarcação.

✚ Margem de Mar (σ_{MM}):

Considera as características do mar em que se opera, possíveis rugosidades do casco e incrustações. Esta margem é aplicada a potencia e rotação no intervalo de 10% a 25%. Foi adotada uma margem de 15% devido às características de operação e rota da embarcação.

O novo BHP foi calculado de acordo com seguinte expressão:

$$BHP_{MM} = (1 + \sigma_{MM})x BHP = 3404\text{HP}$$

A rotação é obtida pela seguinte expressão:

$$RPM_{MM} = RPMx \sqrt[3]{\frac{BHP_{MM}}{BHP}} = 157\text{RPM}$$

✚ Margem de Caixa Redutora (σ_{MCR}):

Margem que tenta compensar a perda de potência no eixo do propulsor devido ao uso da caixa redutora para reduzir o número de rotações entregue ao propulsor. Costuma-se usar para essa margem 5% a mais de potência.

O novo BHP foi calculado de acordo com seguinte expressão:

$$BHP_{MCR} = (1 + \sigma_{MCR}) \times BHP_{MGE} = 3574 \text{ HP}$$

A rotação é obtida pela seguinte expressão:

$$RPM_{MCR} = RPM_{MGE} \times \sqrt[3]{\frac{BHP_{MCR}}{BHP_{MGE}}} = 183 \text{ RPM}$$

Portanto a Potência Instalada necessária na embarcação é:

$$Pot_{Req.PSV} = 2 * 3574 \text{ HP} = 7149 \text{ HP} = \mathbf{5331 \text{ KW}}$$

A potência requerida pelo Sistema de Posicionamento Dinâmico (DP), utilizado para escolha dos motores auxiliares (MCA), será o mesmo que o estimado anteriormente.

Portanto a Potencia Requerida em DP é de **4079,78 KW**.

Após a definição da potencia requerida para o DP é necessário fazer o Balanço Elétrico da embarcação, para com isso saber a demanda elétrica, e com isso selecionar os geradores de eixo e os geradores auxiliares (MCA's) que serão responsáveis por suprir essa demanda.

A tabela de Balanço Elétrica da embarcação pode ser visualizada abaixo:

Tabela 23: Balanço Elétrico (PSV):

Balanco Elétrico PSV:																	
Grupo no. 01		No. de unidades instaladas	Potência nominal	Fator de carga	Potência absorvida	N O M A R				DP		C A R G A E D E S C A R G A		N O P O R T O F U N D E A D O			
						ESSENCIAL		NORMAL		No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida
						No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida								
Item	Descrição do consumidor	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW				
1	Bomba de circ. água salg.	3	65,0	0,90	58,5	1	58,5	1	58,5	2	117,0	1	58,5	1	58,5		
2	Bomba de ág. doce camisas	2	34,6	0,80	27,7	1	27,7	1	27,7	1	27,7	0	0,0	0	0,0		
3	Bomba de circ. de OD	2	10,2	0,71	7,2	1	7,2	1	7,2	1	7,2	0	0,0	0	0,0		
4	Bomba de OD	2	8,4	0,64	5,4	1	5,4	1	5,4	1	5,4	0	0,0	0	0,0		
	Bomba auxiliar sist. Exaustão	4	44,5	0,50	22,3	1	22,3	1	22,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0		
5	Bomba de OD dos cilindros	4	87,7	0,87	76,3	1	76,3	1	76,3	1	76,3	0	0,0	0	0,0		
6	Bomba de OL do sistema	4	13,6	0,72	9,8	1	9,8	1	9,8	1	9,8	0	0,0	0	0,0		
7	Purificadoras de OD	2	33,5	0,87	29,1	1	29,1	2	58,3	1	29,1	0	0,0	0	0,0		
8	Bomba de OD da purif.	2	5,0	0,73	3,7	1	3,7	1	3,7	1	3,7	0	0,0	0	0,0		
9	Purificadora de OL	2	18,6	0,91	16,9	1	16,9	1	16,9	1	16,9	1	16,9	1	16,9		
10	Ventiladores da PM	4	79,0	0,77	60,8	4	243,3	4	243,3	2	121,7	2	121,7	2	121,7		
11	Bomba p/ pré-aquec. MCA's	2	22,0	1,00	22,0	1	22,0	1	22,0	2	44,0	1	22,0	1	22,0		
12	Bomba de OL para MCA's	3	7,2	0,80	5,8	2	11,5	2	11,5	2	11,5	2	11,5	2	11,5		
13	Filtro de OD	2	6,0	0,75	4,5	1	4,5	1	4,5	1	4,5	0	0,0	0	0,0		
14	Bomba de OL da purif.	2	8,7	0,82	7,1	1	7,1	1	7,1	1	7,1	1	7,1	1	7,1		
15	Purificadora de OD	1	5,2	0,90	4,7	1	4,7	1	4,7	1	4,7	1	4,7	1	4,7		
16	Viscosímetro	2	3,6	0,85	3,1	1	3,1	1	3,1	1	3,1	1	3,1	0	0,0		
17	Filtro de OL	2	2,2	0,75	1,7	1	1,7	1	1,7	1	1,7	0	0,0	0	0,0		
18	Bomba de OD para MCA's	1	0,9	0,90	0,8	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0		
19	Bomba de OD da purif.	1	1,7	0,90	1,6	1	1,6	1	1,6	1	1,6	1	1,6	1	1,6		
20	Bomba de OD para caldeira	4	21,0	0,82	17,2	0	0,0	0	0,0	2	34,4	2	34,4	1	17,2		
21	Grupo destilatório	2	38,4	0,78	30,0	0	0,0	1	30,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0		
22	Compressor de ar principal	3	86,3	0,84	72,5	0	0,0	1	72,5	1	72,5	0	0,0	0	0,0		
23	Exaustor das purificadoras	1	4,7	0,80	3,8	0	0,0	1	3,8	1	3,8	1	3,8	1	3,8		
POTÊNCIA TOTAL ABSORVIDA						556,3	691,6	603,5	285,2	265,0							
FATOR DE SIMULTANEIDADE						1,0	1,0	1,0	1,0	1,0							
POTÊNCIA TOTAL A CONSIDERAR						556,3	691,6	603,5	285,2	265,0							

Balanco Elétrico PSV:																	
Grupo no. 02		No. de unidades instaladas	Potência nominal	Fator de carga	Potência absorvida	N O M A R				DP		C A R G A E D E S C A R G A		N O P O R T O F U N D E A D O			
						ESSENCIAL		NORMAL		No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida
						No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida								
Item	Descrição do consumidor	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW				
1	Compes. de ar sev. gerais	2	67,1	0,90	60,4	0	0,0	1	60,4	2	120,8	1	60,4	1	60,4		
2	Bomba de transf. de OD	3	17,0	0,90	15,3	1	15,3	1	15,3	0	0,0	1	15,3	1	15,3		
3	Bomba de transf. de OL	3	8,4	0,87	7,3	1	7,3	1	7,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0		
4	Bomba de transf. de OP	3	7,8	0,87	6,8	1	6,8	1	6,8	0	0,0	1	6,8	1	6,8		
5	Bomba de borra	2	12,5	0,91	11,4	1	11,4	1	11,4	1	11,4	0	0,0	0	0,0		
6	Bomba circ. ág. caldeira	3	12,8	0,76	9,7	1	9,7	1	9,7	2	19,5	2	19,5	1	9,7		
7	Incinerador	2	14,6	0,80	11,7	0	0,0	0	0,0	1	11,7	1	11,7	1	11,7		
8	Catraca	1	14,1	0,88	12,4	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0		
9	Soprador de ar aux.	2	116,2	0,80	93,0	0	0,0	0	0,0	2	185,9	0	0,0	0	0,0		
10	Compressor de ar aux.	2	47,5	0,90	42,8	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0		
POTÊNCIA TOTAL ABSORVIDA						50,5	110,9	349,2	113,6	103,9							
FATOR DE SIMULTANEIDADE						0,5	0,5	0,6	0,6	0,5							
POTÊNCIA TOTAL A CONSIDERAR						25,3	55,5	209,5	68,2	52,0							

Balanco Elétrico PSV:																	
Grupo no. 03		No. de unidades instaladas	Potência nominal	Fator de carga	Potência absorvida	N O M A R				DP		C A R G A E D E S C A R G A		N O P O R T O F U N D E A D O			
						ESSENCIAL		NORMAL		No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida
						No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida								
Item	Descrição do consumidor	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW				
1	Bomba de carga	4	39,5	0,94	37,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	74,3	0	0,0		
2	Bomba de esgoto (carga)	4	1,5	0,82	1,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0		
3	Bomba de lastro	4	86,0	0,94	80,8	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	161,7	0	0,0		
4	Bomba de esgoto (lastro)	4	2,0	0,82	1,6	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0		
5	Bomba separador água-óleo	2	2,9	0,73	2,1	0	0,0	1	2,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0		
6	Bomba de incêndio emerg.	2	58,0	0,96	55,7	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0		
7	Bomba dos tqs. hidrofor	2	24,0	0,73	17,5	0	0,0	1	17,5	1	17,5	1	17,5	1	17,5		
8	Bomba de esgoto da PM	2	1,3	0,90	1,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0		
9	Bomba óleo lubrificante	4	68,0	0,50	34,0	0	0,0	1	34,0	0	0,0	1	34,0	1	34,0		
10	Bomba de incêndio	2	70,6	0,97	68,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0		
POTÊNCIA TOTAL ABSORVIDA						0,0	53,6	17,5	287,5	51,5							
FATOR DE SIMULTANEIDADE						0,3	0,3	0,4	0,4	0,4							
POTÊNCIA TOTAL A CONSIDERAR						0,0	16,1	7,0	115,0	20,6							

Grupo no. 04		No. de unidades instaladas	Potência nominal	Fator de carga	Potência absorvida	N O M A R				DP		C A R G A E D E S C A R G A		N O P O R T O F U N D E A D O			
Ar Condicionado / Ventilação / Aquecimento						No. de unidades em serviço	Potência absorvida	ESSENCIAL		NORMAL		No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida
								No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida						
Item	Descrição do consumidor	kW	kW														
1	Ar cond. das acomod.	3	88,8	0,75	66,6	0	0,0	1	66,6	2	133,2	1	66,6	1	66,6		
2	Vent./Ex. ar cond. acomod.	2	33,5	0,75	25,1	0	0,0	2	50,3	2	50,3	2	50,3	2	50,3		
3	E.C.R. ar cond.	2	31,8	0,91	28,9	0	0,0	1	28,9	1	28,9	1	28,9	1	28,9		
4	Exaustor do vestiário	1	0,6	0,90	0,6	0	0,0	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6		
5	Vent. do salão de jogos	2	2,9	0,90	2,6	0	0,0	1	2,6	0	0,0	0	0,0	0	0,0		
6	Vent./Ex. da cozinha	2	3,5	0,90	3,1	0	0,0	2	6,2	2	6,2	2	6,2	2	6,2		
7	Exaustor do paiol de cabos	1	0,6	0,91	0,6	0	0,0	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6		
8	Exaustor paiol de provisões	1	0,6	0,90	0,6	0	0,0	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6		
9	Vent. da lavanderia	1	0,9	0,90	0,8	0	0,0	1	0,8	1	0,8	1	0,8	1	0,8		
10	Exaustor paiol roupa s / l	1	0,6	0,90	0,6	0	0,0	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6		
11	Vent. comp. gerador emerg.	3	12,8	0,91	11,6	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0		
12	Exaustor comp. máq. leme	1	1,3	0,91	1,1	0	0,0	1	1,1	1	1,1	0	0,0	0	0,0		
13	Exaustor do paiol do mestre	1	1,3	0,91	1,1	0	0,0	1	1,1	1	1,1	1	1,1	1	1,1		
14	Exaustor do comp. baterias	1	0,9	0,91	0,9	0	0,0	1	0,9	1	0,9	1	0,9	1	0,9		
15	Exaustor do comp. de CO2	2	0,9	0,91	0,9	0	0,0	1	0,9	1	0,9	1	0,9	1	0,9		
16	Exaustor do paiol de convés	2	0,6	0,91	0,6	0	0,0	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6		
17	Exaustor dos demais paióis	2	0,6	0,91	0,6	0	0,0	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6		
POTÊNCIA TOTAL ABSORVIDA						0,0		162,9		226,9		159,1		159,1			
FATOR DE SIMULTANEIDADE						1,0		1,0		1,0		1,0		1,0			
POTÊNCIA TOTAL A CONSIDERAR						0,0		162,9		226,9		159,1		159,1			

Grupo no. 05		No. de unidades instaladas	Potência nominal	Fator de carga	Potência absorvida	N O M A R				DP		C A R G A E D E S C A R G A		N O P O R T O F U N D E A D O			
Frigorífica de Provisões (equipamentos)						No. de unidades em serviço	Potência absorvida	ESSENCIAL		NORMAL		No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida
								No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida						
Item	Descrição do consumidor	kW	kW														
1	Compressor	4	34,8	0,90	31,3	1	31,3	1	31,3	1	31,3	1	31,3	1	31,3		
2	Vent. câmara de carne	5	2,6	0,90	2,3	5	11,7	5	11,7	5	11,7	5	11,7	5	11,7		
3	Vent. câmara de peixe	4	3,6	0,90	3,2	2	6,5	2	6,5	2	6,5	2	6,5	2	6,5		
4	Vent. câmara de vegetais	2	0,6	0,90	0,6	2	1,1	2	1,1	2	1,1	2	1,1	2	1,1		
5	Vent. câmara de batatas	1	0,6	0,90	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6		
6	Vent. ante-câmara	1	0,6	0,90	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6		
7	Sist. de descongelamento	5	3,9	1,00	3,9	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0		
POTÊNCIA TOTAL ABSORVIDA						51,8		51,8		51,8		51,8		51,8			
FATOR DE SIMULTANEIDADE						1,0		1,0		1,0		1,0		1,0			
POTÊNCIA TOTAL A CONSIDERAR						51,8		51,8		51,8		51,8		51,8			

Grupo no. 06		No. de unidades instaladas	Potência nominal	Fator de carga	Potência absorvida	N O M A R				DP		C A R G A E D E S C A R G A		N O P O R T O F U N D E A D O			
Máquinas de Convés						No. de unidades em serviço	Potência absorvida	ESSENCIAL		NORMAL		No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida
								No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida						
Item	Descrição do consumidor	kW	kW														
1	Turcos das baleeiras	2	37,0	0,90	33,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0		
2	Guindaste Principal	2	100,0	0,90	90,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	90,0	0	0,0		
POTÊNCIA TOTAL ABSORVIDA						0,0		0,0		0,0		90,0		0,0			
FATOR DE SIMULTANEIDADE						0,4		0,4		0,8		0,6		0,5			
POTÊNCIA TOTAL A CONSIDERAR						0,0		0,0		0,0		54,0		0,0			

Grupo no. 7		No. de unidades instaladas	Potência nominal	Fator de carga	Potência absorvida	N O M A R				DP		C A R G A E D E S C A R G A		N O P O R T O F U N D E A D O			
Thrusters (DP)						No. de unidades em serviço	Potência absorvida	ESSENCIAL		NORMAL		No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida
								No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida						
Item	Descrição do consumidor	kW	kW														
1	Stern Thrusters	2	2039,9	0,90	1835,9	0	0,0	0	0,0	2	3671,8	0	0,0	0	0,0		
2	Bow Thrusters	2	2039,9	0,90	1835,9	0	0,0	0	0,0	2	3671,8	0	0,0	0	0,0		
POTÊNCIA TOTAL ABSORVIDA						0,0		0,0		3671,8		0,0		0,0			
FATOR DE SIMULTANEIDADE						0,7		0,7		0,8		0,7		0,7			
POTÊNCIA TOTAL A CONSIDERAR						0,0		0,0		2753,8		0,0		0,0			

Grupo no. 08		No. de unidades instaladas	Potência nominal	Fator de carga	Potência absorvida	N O M A R				DP		C A R G A E D E S C A R G A		N O P O R T O F U N D E A D O					
Lavanderia						kW	kW	ESSENCIAL		NORMAL		No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida
								No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida								
Item	Descrição do consumidor																		
1	Lavadora	2	2,9	1,00	2,9	0	0,0	2	5,8	0	0,0	2	5,8	2	5,8	2	5,8		
2	Secadora	2	4,4	1,00	4,4	0	0,0	2	8,8	0	0,0	2	8,8	2	8,8	2	8,8		
POTÊNCIA TOTAL ABSORVIDA						0,0		14,6		0,0		14,6		14,6		14,6			
FATOR DE SIMULTANEIDADE						0,5		0,5		0,5		0,5		0,5		0,5			
POTÊNCIA TOTAL A CONSIDERAR						0,0		7,3		0,0		7,3		7,3		7,3			

Grupo no. 9		No. de unidades instaladas	Potência nominal	Fator de carga	Potência absorvida	N O M A R				DP		C A R G A E D E S C A R G A		N O P O R T O F U N D E A D O					
Oficinas						kW	kW	ESSENCIAL		NORMAL		No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida
								No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida								
Item	Descrição do consumidor																		
1	Ponte rolante	2	8,6	0,75	6,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	6,5	1	6,5	1	6,5		
2	Torno	2	8,6	0,75	6,5	0	0,0	1	6,5	0	0,0	1	6,5	1	6,5	1	6,5		
3	Plaina	2	1,7	0,70	1,2	0	0,0	1	1,2	0	0,0	1	1,2	1	1,2	1	1,2		
4	Furadeira	2	3,5	0,70	2,4	0	0,0	1	2,4	0	0,0	1	2,4	1	2,4	1	2,4		
5	Máquina de solda	1	22,0	0,70	15,4	0	0,0	1	15,4	0	0,0	1	15,4	1	15,4	1	15,4		
6	Painel de teste elétrico	1	6,3	1,00	6,3	0	0,0	1	6,3	0	0,0	1	6,3	1	6,3	1	6,3		
POTÊNCIA TOTAL ABSORVIDA						0,0		31,7		0,0		38,2		38,2		38,2			
FATOR DE SIMULTANEIDADE						0,4		0,4		0,4		0,4		0,4		0,4			
POTÊNCIA TOTAL A CONSIDERAR						0,0		12,7		0,0		15,3		15,3		15,3			

Grupo no. 10		No. de unidades instaladas	Potência nominal	Fator de carga	Potência absorvida	N O M A R				DP		C A R G A E D E S C A R G A		N O P O R T O F U N D E A D O					
Iluminação						kW	kW	ESSENCIAL		NORMAL		No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida
								No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida								
Item	Descrição do consumidor																		
1	Praça de máquinas	1	15,7	1,00	15,7	1	15,7	1	15,7	1	15,7	1	15,7	1	15,7	1	15,7		
2	Acomodações	1	37,6	1,00	37,6	1	37,6	1	37,6	1	37,6	1	37,6	1	37,6	1	37,6		
3	Convés principal (exposto)	1	15,7	1,00	15,7	0	0,0	0	0,0	1	15,7	1	15,7	1	15,7	1	15,7		
4	Carregador de baterias	1	6,3	1,00	6,3	1	6,3	1	6,3	1	6,3	1	6,3	1	6,3	1	6,3		
POTÊNCIA TOTAL ABSORVIDA						59,6		59,6		75,3		75,3		75,3		75,3			
FATOR DE SIMULTANEIDADE						0,7		0,7		0,7		0,7		0,7		0,7			
POTÊNCIA TOTAL A CONSIDERAR						41,7		41,7		52,7		52,7		52,7		52,7			

Grupo no. 11		No. de unidades instaladas	Potência nominal	Fator de carga	Potência absorvida	N O M A R				DP		C A R G A E D E S C A R G A		N O P O R T O F U N D E A D O					
Equipamentos Náuticos e de Auxílio à Navegação						kW	kW	ESSENCIAL		NORMAL		No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida
								No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida								
Item	Descrição do consumidor																		
1	Rádio	2	0,6	1,00	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6	0	0,0	0	0,0	0	0,0		
2	Rádionômetro	2	0,2	1,00	0,2	0	0,0	1	0,2	1	0,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0		
3	Rádio VHF	2	0,3	1,00	0,3	0	0,0	0	0,0	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3		
4	Sist. antenas de rádio e TV	2	0,2	1,00	0,2	0	0,0	1	0,2	1	0,2	1	0,2	1	0,2	1	0,2		
5	Piloto automático	1	0,3	1,00	0,3	1	0,3	1	0,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0		
6	Giro-compasso	1	0,5	1,00	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5		
7	Radar	2	3,9	1,00	3,9	1	3,9	1	3,9	1	3,9	0	0,0	0	0,0	0	0,0		
8	Sist. de endereços	1	0,6	1,00	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6		
9	Ecobatímetro	1	0,3	1,00	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0		
10	Odômetro	1	0,3	1,00	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0		
11	Intercomunicador	1	0,5	1,00	0,5	0	0,0	1	0,5	1	0,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0		
12	Intercomunicador manobra	1	0,3	1,00	0,3	0	0,0	0	0,0	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3		
13	Sist. de telefonia	1	1,3	1,00	1,3	1	1,3	1	1,3	1	1,3	1	1,3	1	1,3	1	1,3		
14	Limpador de para-brisa	1	0,3	1,00	0,3	0	0,0	1	0,3	1	0,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0		
15	Vírgias rotativas	2	0,3	1,00	0,3	0	0,0	2	0,6	2	0,6	0	0,0	0	0,0	0	0,0		
16	INMARSAT	1	1,9	1,00	1,9	1	1,9	1	1,9	1	1,9	1	1,9	1	1,9	1	1,9		
17	Naveg. por satélite (GPS)	1	0,3	1,00	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0		
18	Anemômetro/Anemoscópio	1	0,3	1,00	0,3	0	0,0	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3		
19	Relógio central	1	0,3	1,00	0,3	0	0,0	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3		
20	Apito	1	7,1	1,00	7,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0		
21	Load Master	1	0,3	1,00	0,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	0,3	0	0,0	0	0,0		
22	Receptor NAVTEX	1	0,3	1,00	0,3	0	0,0	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3		
23	Gravador	1	0,2	1,00	0,2	0	0,0	1	0,2	1	0,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0		
24	Indicador de ângulo do leme	1	0,3	1,00	0,3	0	0,0	1	0,3	1	0,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0		
25	Luzes de navegação	2	5,5	1,00	5,5	1	5,5	1	5,5	1	5,5	1	5,5	1	5,5	1	5,5		
26	Sist. detecção de incêndio	2	3,7	1,00	3,7	1	3,7	1	3,7	1	3,7	1	3,7	1	3,7	1	3,7		
POTÊNCIA TOTAL ABSORVIDA						19,2		22,4		22,7		15,5		14,8		14,8			
FATOR DE SIMULTANEIDADE						0,8		0,8		0,8		0,8		0,8		0,8			
POTÊNCIA TOTAL A CONSIDERAR						15,4		17,9		18,1		12,4		11,9		11,9			

Grupo no. 12		No. de unidades instaladas	Potência nominal	Fator de carga	Potência absorvida	N O M A R				Dp		CARGA E DESCARGA		NO PORTO FUNDEADO			
Cozinha / Copa						ESSENCIAL		NORMAL		No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida
						No. de unidades em serviço	Potência absorvida	No. de unidades em serviço	Potência absorvida								
Item	Descrição do consumidor	kW	kW														
1	Equipamentos diversos	2	77,6	1,00	77,6	0	0,0	1	77,6	1	77,6	1	77,6	1	77,6		
2	Forno elétrico	1	9,4	1,00	9,4	0	0,0	1	9,4	1	9,4	1	9,4	1	9,4		
3	Geladeira (400 l)	4	1,6	1,00	1,6	0	0,0	1	1,6	1	1,6	1	1,6	1	1,6		
4	Geladeira (260 l)	4	1,6	1,00	1,6	0	0,0	2	3,2	2	3,2	2	3,2	2	3,2		
5	Geladeira (100 l)	4	1,6	1,00	1,6	0	0,0	3	4,8	3	4,8	3	4,8	3	4,8		
6	Chapa quente	3	3,1	1,00	3,1	0	0,0	3	9,4	3	9,4	3	9,4	3	9,4		
7	Cafeteira	2	2,4	1,00	2,4	0	0,0	2	4,7	2	4,7	2	4,7	2	4,7		
8	Batedeira	2	1,6	1,00	1,6	0	0,0	1	1,6	1	1,6	1	1,6	1	1,6		
9	Bebedouro	6	1,2	1,00	1,2	0	0,0	6	7,2	6	7,2	6	7,2	6	7,2		
10	Descascador de batatas	1	0,6	1,00	0,6	0	0,0	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6		
POTÊNCIA TOTAL ABSORVIDA						0,0	120,1	120,1	120,1	120,1	120,1	120,1	120,1	120,1	120,1		
FATOR DE SIMULTANEIDADE						0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6		
POTÊNCIA TOTAL A CONSIDERAR						0,0	72,1	72,1	72,1	72,1	72,1	72,1	72,1	72,1	72,1		

POTÊNCIA TOTAL A CONSIDERAR[kW]	N O M A R		Dp	CARGA E DESCARGA	NO PORTO FUNDEADO
	ESSENCIAL	NORMAL			
	690,4	1129,4	3995,4	893,0	707,6

Após os cálculos anteriores podemos selecionar os equipamentos do sistema propulsivo Híbrido, para isso devemos avaliar a embarcação nas atividades críticas em seu perfil operacional:

- **Condição de Velocidade de Serviço:**

Potência Requerida em Velocidade de Serviço: **5331KW**

Demanda Elétrica Requerida (Balanço Elétrico): **1129,4KW**

OBS: Em condição de velocidade de serviço a embarcação utilizará a configuração do Sistema Propulsivo Diesel Mecânico.

Como o sistema é diesel mecânico devemos corrigir a Potência Requerida em Velocidade de Serviço devido às perdas na transmissão:

$$Pot_{Req} = 4324,6KW + 3\% \text{ das perdas} = \mathbf{5491KW}$$

$$\text{Então: } Pot_{Total} = 5491KW + 1129,4KW = \mathbf{6620,2KW}$$

Os Geradores de Eixo selecionados foram dois de 600KW cada, e funcionarão através do acionamento dos motores principais acoplados a caixa redutora.

Com essa potência total requerida nessa condição de velocidade de serviço podemos selecionar os motores principais (MCP), necessários para suprir essa demanda. Os MCP's selecionados foram da marca Wartsila. A tabela abaixo mostra os motores selecionados:

Tabela 24: Características MCP

Seleção MCP (Modelo):	Quantidade	Potência(KW)	Pot. Total (KW)	SFC(g/KWh)	Consumo (g/h)
7L32	2	3500	7000	176	1232000



Figura 40: Motor Principal (Fonte: Wartsila)

▪ **Condição de Posicionamento Dinâmico (DP):**

Demanda Elétrica Requerida (Balanço Elétrico): **3995,43KW**

OBS: No Sistema Propulsivo Híbrido do PSV, quando em posicionamento dinâmico, a caixa redutora é desacoplada da linha de eixo e os motores diesel passam a acionar geradores de eixo com o navio mantendo posição através de impelidores laterais (thrusters) retráteis e dos túneis acionados por motores elétricos. Portanto em DP os Geradores de Eixo trabalham e conjunto com os Geradores Auxiliares (MCA).

Então temos:

Potência Geradores de Eixo: **1200KW**

$$Pot_{Req.MCA} = 3995,43KW - 1200KW = 2795,43KW$$

Com essa potência requerida podemos selecionar os geradores auxiliares (MCA) necessários pra suprir essa demanda. Os MCA's selecionados foram da marca Wartsila. A tabela abaixo mostra os geradores selecionados:

Tabela 25: Características MCA

Seleção MCA (Modelo):	Quantidade	Potência(KW)	Pot. Total (KW)	SFC(g/KWh)	Consumo (g/h)
9L20	2	1665	3330	187	622710



Figura 41: Gerador Auxiliar (Fonte: Wartsila)

Com os equipamentos selecionados, podemos calcular agora a porcentagem da potência necessária em cada equipamento para cada atividade. Para isso devemos saber a configuração do sistema Híbrido em cada operação.

- **Velocidade de Serviço (Diesel Mecânico):**
 - Os 2 Motores Principais ligados (2xMCP);
 - Os 2 Geradores de Eixo ligados;
 - Os 2 Geradores Auxiliares desligados (0xMCA)

- **Posicionamento Dinâmico (DP) (Diesel Elétrico):**
 - Os 2 Motores Principais desligados (0xMCP);
 - Os 2 Geradores de Eixo ligados;
 - Os 2 Geradores Auxiliares ligados (2xMCA).

- **Carga e Descarga:**
 - Apenas um Gerador Auxiliar ligado (1xMCA).

- **Porto:**
 - Apenas um Gerador Auxiliar ligado (1xMCA).

Definida a configuração em cada operação temos as seguintes potências em cada equipamento:

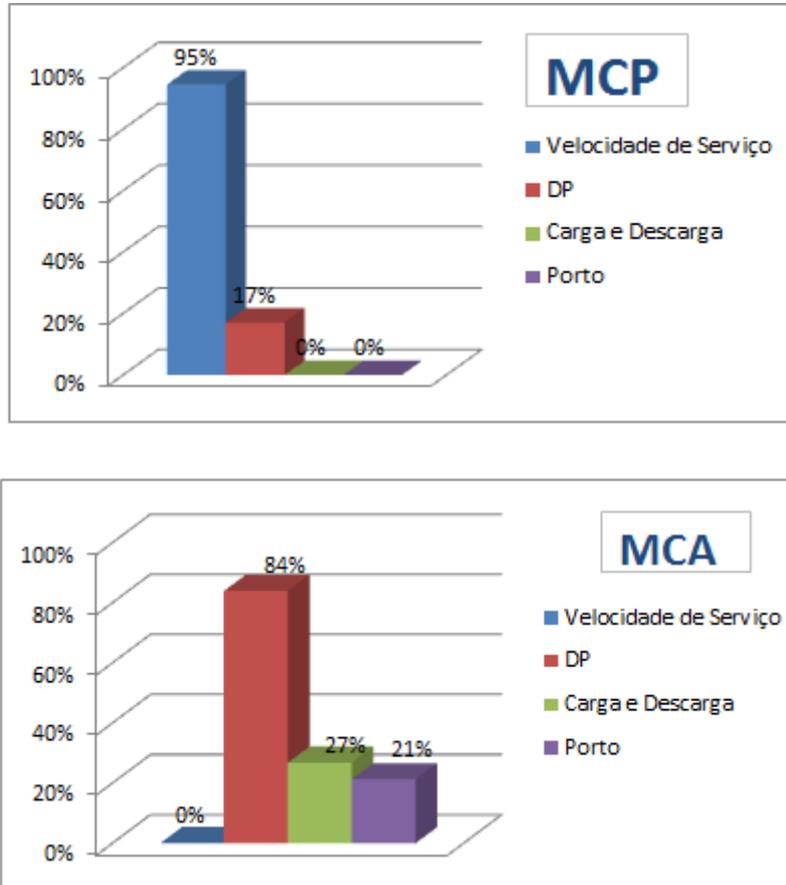


Figura 42: Potência dos Equipamentos em cada Operação

Podemos agora com todos os dados acima calcular o Custo Médio Diário de Combustível e conseqüentemente o Custo Operacional Diário da embarcação em questão. O cálculo de Consumo em cada operação foi feito levando-se em consideração o tempo que a embarcação fica naquela determinada atividade, bem como a porcentagem de potência necessária de cada equipamento para cada operação. O cálculo foi efetuado com auxílio da ferramenta Excel e pode ser visualizado na tabela abaixo:

	MCP	MCA	% Tempo	Consumo em cada perfil (g/h)
Velocidade de Serviço	95%	0%	40%	466.058,83
DP	17%	84%	45%	330.275,09
Dp (passo zero)	12%	0%	45%	65.229,71
Carga e Descarga	0%	27%	7%	11.689,74
Porto	0%	21%	8%	10.586,32

OBS: No Sistema Propulsivo Híbrido em PSV's, a condição de DP possui absorção de potência pelo propulsor quando este se encontra em condição de “passo zero”, apesar de não estar gerando empuxo, o propulsor está absorvendo em torno de 15 a 20% da potência máxima contínua do equipamento. A condição em vermelho representa esse caso onde o propulsor está em passo zero. Foram considerados 15% da potência entregue ao propulsor pelos motores principais.

O consumo em cada perfil foi feito da seguinte maneira:

$$\begin{aligned} \text{Consumo VS} &= (95\% * 40\% * \text{Consumo MCP}) + (0\% * 40\% * \text{Consumo MCA}) \\ &= 466058,83 \text{ g/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Consumo DP} &= (17\% * 45\% * \text{Consumo MCP}) + (84\% * 45\% * \text{Consumo MCA}) \\ &= 330275,09 \text{ g/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Consumo DP}_{p0} &= (15\% * 78\% * 45\% * \text{Consumo MCP}) + (0\% * 45\% * \text{Consumo MCA}) \\ &= 65229,71 \text{ g/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Consumo CD.} &= (0\% * 7\% * \text{Consumo MCP}) + (27\% * 7\% * \text{Consumo MCA}) \\ &= 11689,74 \text{ g/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Consumo Pt.} &= (0\% * 8\% * \text{Consumo MCP}) + (21\% * 8\% * \text{Consumo MCA}) \\ &= 10586,32 \text{ g/h} \end{aligned}$$

Onde: Consumo MCP = 176g/KWh x 7000KW (Potência MCP's) = 1232000 g/h

Consumo MCA = 187g/KWh x 3330KW (Potência MCA's) = 622710 g/h

Com esses valores podemos calcular o Custo Médio Diário de Combustível como o representado abaixo:

Consumo Médio Diário de Combustível	21,21	[t]
Preço de Combustível	941	US\$/t
Dias em operação	350	dias

Custo Médio Diário de Combustível	19.140,13	US\$
--	------------------	-------------

Os cálculos da tabela acima foram feitos da seguinte maneira:

$$\begin{aligned} \text{Consumo Comb. Diário} &= \left(\sum \text{Cons. VS} + \text{Cons. DP} + \text{Cons. DPpasso0} + \text{Cons. CD.} + \text{Cons. Pt} \right) * \frac{24}{10^6} \\ &= 21,2t \end{aligned}$$

$$\text{Custo Diário Combustível} = 21,21 * 941 * \frac{350}{365} = 19140,13 \text{ US\$}$$

8.2. Sistema Propulsivo Diesel Mecânico:

Diferente do Sistema Propulsivo Híbrido o Diesel Mecânico não possui os motores elétricos em sua composição. Os equipamentos que compõe esse sistema serão dois motores principais diesel (MCP) cada um com uma caixa redutora e uma linha de eixo ligando ao propulsor de passo controlado. Serão utilizados ainda dois geradores de eixo e dois geradores auxiliares (MCA) para suprir a demanda elétrica da embarcação.

O navio em questão é o mesmo com mesmo perfil operacional e mesmas dimensões principais do caso estudado anteriormente. Possui todas as mesmas características do PSV estudado no sistema híbrido, diferenciando justamente em seu sistema propulsivo.

Devemos selecionar os equipamentos do sistema propulsivo Mecânico, para isso devemos avaliar a embarcação nas atividades críticas em seu perfil operacional:

▪ Condição de Velocidade de Serviço:

Potência Requerida em Velocidade de Serviço: **5331KW**

Demanda Elétrica Requerida (Balanço Elétrico): **1129,4KW**

Como o sistema é diesel mecânico devemos corrigir a Potência Requerida em Velocidade de Serviço devido às perdas na transmissão:

$$Pot_{Req} = 4324,6KW + 3\% \text{ das perdas} = 5491KW$$

OBS: Como no sistema Diesel Mecânico de navios PSV's os motores principais ficam ligados quando a embarcação está em posicionamento dinâmico, os Geradores de Eixo serão dimensionados, pra auxiliar os geradores auxiliares na demanda elétrica, requerida nessa atividade, afim de com isso diminuir a potência instalada nos MCA's e consequentemente o consumo.

Então: $Pot.Geradores\ de\ Eixo = 2 * 1000KW = 2000KW$

Acrescentando perdas na transformação da potencia mecânica pra potencia elétrica temos: $Pot.Geradores\ de\ Eixo = 2000KW + 5\% = 2100KW$

Então: $Pot.TotalReq.MCP = 5491KW + 2100KW = 7591KW$

Com essa potência total requerida nessa condição de velocidade de serviço podemos selecionar os motores principais (MCP), necessários para suprir essa demanda. Os MCP's selecionados foram da marca Wartsila. A tabela abaixo mostra os motores selecionados:

Tabela 26: Características MCP

Seleção MCP1 (Modelo):	Quantidade	Potência(KW)	Pot. Total (KW)	SFC(g/kWh)	Consumo (g/h)
8L32	2	4000	8000	176	1408000



Figura 43: Motor Principal (Fonte: Wartsila)

▪ **Condição de Posicionamento Dinâmico (DP):**

Demanda Elétrica Requerida (Balanço Elétrico): **3995,43KW**

Como os Geradores de eixo auxiliam na demanda elétrica nessa atividade temos:

Potência Geradores de Eixo: **2000KW**

$$Pot.Req.MCA = 3995,43KW - 2000KW = 1995,43KW$$

Com essa potência requerida podemos selecionar os geradores auxiliares (MCA) necessários pra suprir essa demanda. Os MCA's selecionados foram da marca Wartsila. A tabela abaixo mostra os geradores selecionados:

Tabela 27: Características MCA

Seleção MCA (Modelo):	Quantidade	Potência(KW)	Pot. Total (KW)	SFC(g/KWh)	Consumo (g/h)
6L20	2	1110	2220	187	415140



Figura 44: Gerador Auxiliar (Fonte: Wartsila)

Com todos os equipamentos selecionados, podemos calcular agora a porcentagem da potência necessária em cada equipamento para cada atividade. Para isso devemos saber a configuração do sistema Diesel Mecânico em cada operação.

- **Velocidade de Serviço:**
 - Os 2 Motores Principais ligados (2xMCP);
 - Os 2 Geradores de Eixo ligados;
 - Os 2 Geradores Auxiliares desligados; (2xMCA).

- **Posicionamento Dinâmico (DP):**
 - Os 2 Motores Principais ligados a baixa carga (2xMCP);
 - Os 2 Geradores de Eixo ligados;
 - Os 2 Geradores Auxiliares ligados (2xMCA).

➤ **Carga e Descarga:**

- Apenas um Gerador Auxiliar ligado (1xMCA).

➤ **Porto:**

- Apenas um Geraor Auxiliar ligado (1xMCA).

Definido a configuração em cada operação temos as seguintes potências em cada equipamento:

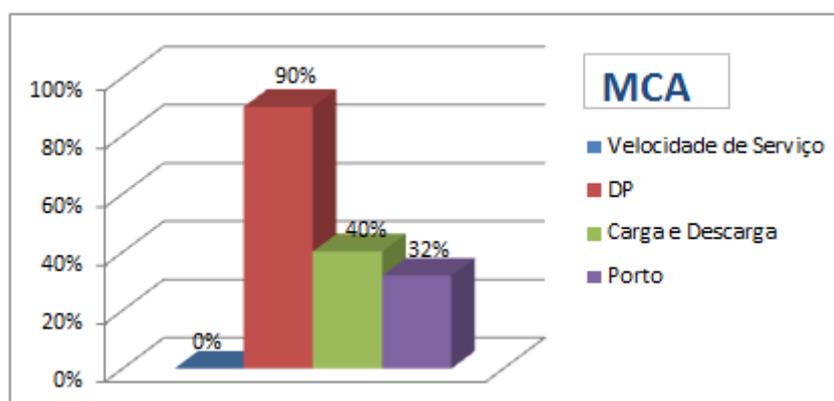
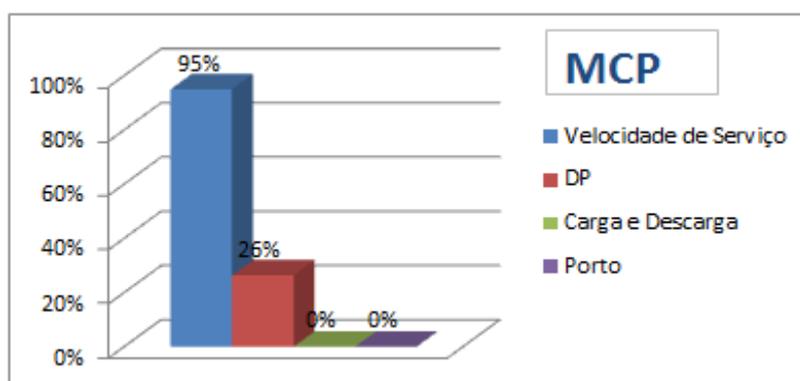


Figura 45: Potência dos Equipamentos em cada Operação

Cálculo do Consumo Médio Diário de Combustível:

	MCP	MCA	% Tempo	Consumo em cada perfil (g/h)
Velocidade de Serviço	95%	0%	40%	534.386,42
DP	26%	90%	45%	334.235,09
Dp (passo zero)	10%	0%	45%	65.229,71
Carga e Descarga	0%	40%	7%	11.689,74
Porto	0%	32%	8%	10.586,32

O consumo em cada perfil foi feito da seguinte maneira:

$$\begin{aligned} \text{Consumo VS} &= (95\% * 40\% * \text{Consumo MCP}) + (0\% * 40\% * \text{Consumo MCA}) \\ &= 534386,42 \text{ g/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Consumo DP} &= (26\% * 45\% * \text{Consumo MCP}) + (90\% * 45\% * \text{Consumo MCA}) \\ &= 334235,09 \text{ g/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Consumo DP}_{p0} &= (15\% * 69\% * 45\% * \text{Consumo MCP}) + (0\% * 45\% * \text{Consumo MCA}) \\ &= 65229,71 \text{ g/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Consumo CD.} &= (0\% * 7\% * \text{Consumo MCP}) + (40\% * 7\% * \text{Consumo MCA}) \\ &= 11689,74 \text{ g/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Consumo Pt.} &= (0\% * 8\% * \text{Consumo MCP}) + (32\% * 8\% * \text{Consumo MCA}) \\ &= 10586,32 \text{ g/h} \end{aligned}$$

Onde: Consumo MCP = 176g/KWh x 8000KW (Potência MCP's) = 1408000 g/h

Consumo MCA = 187g/KWh x 2220KW (Potência MCA's) = 415140 g/h

Com esses valores podemos calcular o Custo Médio Diário de Combustível como o representado abaixo:

Consumo Médio Diário de Combustível	22,95	[t]
Preço de Combustível	941	US\$/t
Dias em operação	350	dias

Custo Médio Diário de Combustível	20.705,57	US\$
--	------------------	-------------

Os cálculos da tabela acima foram feitos da seguinte maneira:

$$\begin{aligned} \text{Consumo Comb. Diário} &= \left(\sum \text{Cons. VS} + \text{Cons. DP} + \text{Cons. DP}_{p0} + \text{Cons. CD.} + \text{Cons. Pt.} \right) * \frac{24}{10^6} \\ &= 22,95 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\text{Custo Diário Combustível} = 22,95 * 941 * \frac{350}{365} = 20705,57 \text{ US\$}$$

8.3. Sistema Propulsivo Diesel Elétrico:

Diferente do Sistema Propulsivo Híbrido e do Diesel Mecânico, o Diesel Elétrico não possui os motores principais diesel com linhas de eixo e geradores de eixo em sua composição. Seu sistema é composto por geradores auxiliares (MCA) que através de cabos elétricos de transmissão acionam motores elétricos que acionam os propulsores que normalmente são do tipo Azimutal.

O navio em questão é o mesmo com mesmo perfil operacional e mesmas dimensões principais dos dois casos citados anteriormente. Possui todas as mesmas características do PSV estudado no sistema híbrido e mecânico, diferenciando apenas nos equipamentos de seu sistema propulsivo.

Para selecionar os equipamentos necessários nesse novo sistema devemos avaliar a embarcação nas atividades críticas em seu perfil operacional:

- **Condição de Velocidade de Serviço:**

Potência Requerida em Velocidade de Serviço: **5331KW**

Demanda Elétrica Requerida (Balanço Elétrico): **1129,4KW**

Como o sistema é diesel elétrico devemos corrigir a Potência Requerida em Velocidade de Serviço, devido às perdas na transmissão:

$$Pot_{Req} = 5331KW + 10\% \text{ das perdas} = 5864KW$$

$$\text{Então: } Pot_{Total} = 5864KW + 1129,4KW = \mathbf{6993,3KW}$$

Com essa potência total requerida nessa condição de velocidade de serviço podemos selecionar os geradores auxiliares (MCA's), que serão utilizados quando a embarcação estiver em viagem. Optou-se por dois grupos de geradores tendo em vista as demandas elétricas menores nas outras atividades da embarcação

Os MCA1's selecionados foram da marca Wartsila. A tabela abaixo mostra os geradores selecionados:

Tabela 28: Características MCA1

Seleção MCA1 (Modelo):	Quantidade	Potência(KW)	Pot. Total (KW)	SFC(g/KWh)	Consumo (g/h)
6L20	2	1110	2220	187	415140



Figura 46: Gerador Auxiliar 1 (Fonte: Wartsila)

Os MCA2's selecionados foram da marca Wartsila. A tabela abaixo mostra os geradores selecionados:

Tabela 29: Características MCA2

Seleção MCA2 (Modelo):	Quantidade	Potência(KW)	Pot. Total (KW)	SFC(g/KWh)	Consumo (g/h)
8L26	2	2600	5200	187	972400

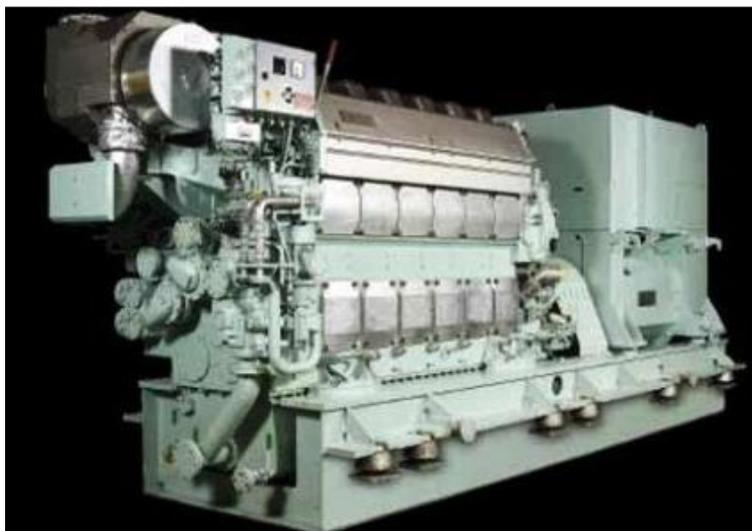


Figura 47: Gerador Auxiliar 2 (Fonte: Wartsila)

Com os equipamentos selecionados, podemos calcular agora a porcentagem da potência necessária em cada equipamento para cada atividade. Para isso devemos saber a configuração do sistema Diesel Elétrico em cada operação.

- **Velocidade de Serviço:**
 - Os 2 Geradores Auxiliares 1 ligados (2xMCA1);
 - Os 2 Geradores Auxiliares 2 ligados com 100% da carga (2xMCA2);

- **Posicionamento Dinâmico (DP):**
 - Os 2 Geradores Auxiliares 1 desligados (0xMCA1);
 - Os 2 Geradores Auxiliares 2 ligados (2xMCA2).

- **Carga e Descarga:**
 - Apenas um Gerador Auxiliar 1 ligado (1xMCA1).

- **Porto:**
 - Apenas um Gerador Auxiliar 1 ligado (1xMCA1).

Definido a configuração em cada operação temos as seguintes potências em cada equipamento:

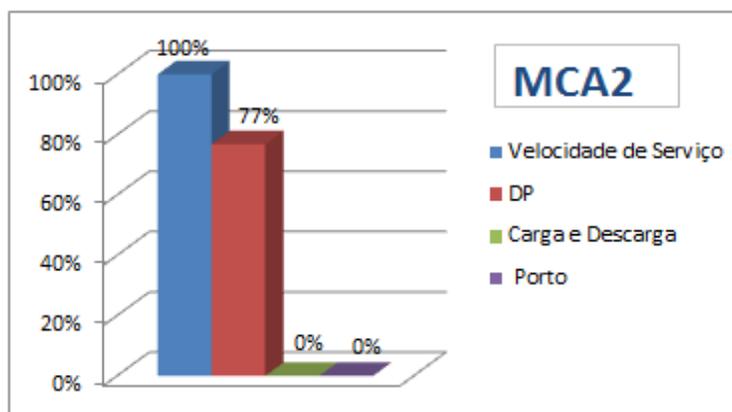
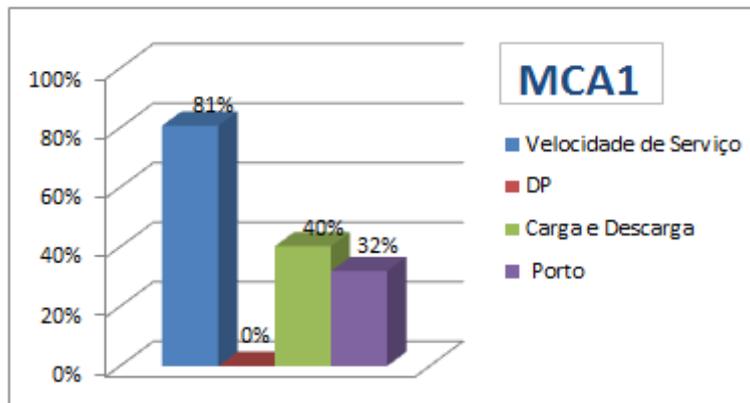


Gráfico 5: Potência dos MCA's em cada operação

Cálculo do Consumo Médio Diário de Combustível:

	MCA1	MCA2	% Tempo	Consumo em cada perfil (g/h)
Velocidade de Serviço	81%	100%	40%	523.099,54
DP	0%	77%	45%	336.215,09
Carga e Descarga	40%	0%	7%	11.689,74
Porto	32%	0%	8%	10.586,32

O consumo em cada perfil foi feito da seguinte maneira:

$$\begin{aligned} \text{Consumo VS} &= (81\% * 40\% * \text{Consumo MCA1}) + (100\% * 40\% * \text{Consumo MCA2}) \\ &= 523099,54 \text{ g/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Consumo DP} &= (0\% * 45\% * \text{Consumo MCA1}) + (77\% * 45\% * \text{Consumo MCA2}) \\ &= 336215,09 \text{ g/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Consumo CD.} &= (40\% * 7\% * \text{Consumo MCA1}) + (0\% * 7\% * \text{Consumo MCA2}) \\ &= 11689,74 \text{ g/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Consumo Pt.} &= (32\% * 8\% * \text{Consumo MCA1}) + (0\% * 8\% * \text{Consumo MCA2}) \\ &= 10586,32 \text{ g/h} \end{aligned}$$

Onde: Consumo MCA1 = 187g/KWh x 2220KW (Potência MCA's) = 415140 g/h

Consumo MCA2 = 187g/KWh x 5200KW (Potência MCA's) = 972400 g/h

Com esses valores podemos calcular o Custo Médio Diário de Combustível como o representado abaixo:

Consumo Médio Diário de Combustível	21,16	[t]
Preço de Combustível	941	US\$/t
Dias em operação	350	dias

Custo Médio Diário de Combustível	19.091,43	US\$
--	------------------	-------------

Os cálculos da tabela acima foram feitos da seguinte maneira:

$$\text{Consumo Comb. Diário} = \left(\sum \text{Cons. VS} + \text{Cons. DP} + \text{Cons. CD.} + \text{Cons. Pt} \right) * \frac{24}{10^6} = 21,16t$$

$$\text{Custo Diário Combustível} = 21,16 * 941 * \frac{350}{365} = 19091,43US\$$$

9. Resultados:

De posse de todos os cálculos referentes ao Consumo Médio Diário de Combustível e conseqüentemente ao Custo Médio Diário com Combustível para os três tipos de configuração de sistema propulsivo (Diesel Mecânico, Diesel Elétrico e Híbrido), os seguintes resultados para cada embarcação estudada foi obtido:

Tabela 30: Resultados Navio AHTS

Navio AHTS		
	Consumo Médio Diário de Combustível (ton)	Custo Médio Diário de Combustível (US\$)
Sistema Diesel Mecânico	29,40	\$26.524,08
Sistema Diesel Elétrico	25,00	\$22.558,37
Sistema Híbrido	27,34	\$24.665,76

Tabela 31: Resultados Navio PSV

Navio PSV		
	Consumo Médio Diário de Combustível (ton)	Custo Médio Diário de Combustível (US\$)
Sistema Diesel Mecânico	22,95	\$20.705,57
Sistema Diesel Elétrico	21,16	\$19.091,43
Sistema Híbrido	21,21	\$19.140,13

Os resultados acima foram obtidos levando-se em consideração o perfil operacional da embarcação, as perdas relativas às transmissões em cada configuração (10% na transmissão mecânica e 3% na transmissão elétrica), e as potências requeridas de cada equipamento em cada operação do navio.

Para melhor quantificar o custo com combustível, é válida a avaliação dos sistemas ao longo de um ano de operação das embarcações. Abaixo os resultados podem ser visualizados:

Tabela 32: Custos ao longo de um ano (AHTS)

Navio AHTS	
	Custo com Combustível em um Ano (US\$):
Sistema Diesel Mecânico	\$9.681.289,07
Sistema Diesel Elétrico	\$8.233.803,82
Sistema Híbrido	\$9.003.001,27

Tabela 33: Custos ao longo de um ano (PSV)

Navio PSV	
	Custo com Combustível em um Ano (US\$):
Sistema Diesel Mecânico	\$7.557.532,20
Sistema Diesel Elétrico	\$6.968.371,40
Sistema Híbrido	\$6.986.148,23

10. Comparações:

Analisando os resultados obtidos verificou-se que dentro do perfil operacional traçado para o navio AHTS, o sistema propulsivo com menor consumo de combustível e consequentemente menor custo, foi o Diesel Elétrico. A diferença de consumo médio diário de combustível em toneladas foi cerca de 15% a menos em relação ao Diesel Mecânico e de 9% a menos que o Híbrido. Uma explicação para tal economia no sistema elétrico se deve ao fato da embarcação em questão ficar grande parte do tempo em posicionamento dinâmico (45% do tempo). Apesar de possuir uma maior perda em seu sistema de transmissão (10%), devido às múltiplas transformações de energia no sistema, o Sistema Diesel Elétrico é sem dúvida a melhor e mais confiável configuração para embarcações que operem por longos períodos em regime de DP.

Na comparação do Sistema Mecânico com Híbrido percebe-se que o consumo médio diário de combustível é cerca de 7% menor no híbrido. Uma explicação para essa economia é evidenciada nas operações em posicionamento dinâmico. O Diesel Mecânico quando em DP possui absorção de 15 a 20% da potência máxima do motores principais, pelo propulsor quando este se encontra em “passo zero” (sem produção de empuxo), enquanto que no híbrido, quando o propulsor está em passo zero, são os motores elétricos que acionam os hélices, não havendo com isso consumo nos motores principais.

Analisando os resultados obtidos para o navio PSV, verificou-se que assim como no navio AHTS, o sistema propulsivo com menor consumo e custo de combustível foi Sistema Diesel Elétrico. Porém no caso do PSV a diferença de consumo médio diário de combustível de um sistema para o outro foi menor que o encontrado no caso do AHTS.

A diferença de consumo em toneladas foi de menos de 1% em relação o Sistema Híbrido e de 8% em relação ao Diesel Mecânico. Mais uma vez essa diferença pode ser explicada pelo perfil operacional da embarcação, que por ser um navio que transporta suprimentos a plataforma fica grande parte do seu tempo em posicionamento dinâmico, ressaltando a necessidade de uma configuração de sistema propulsivo mais maleável.

Abaixo são apresentados gráficos comparativos para cada embarcação quanto ao consumo e custo médio diário de combustível:

Navio AHTS:

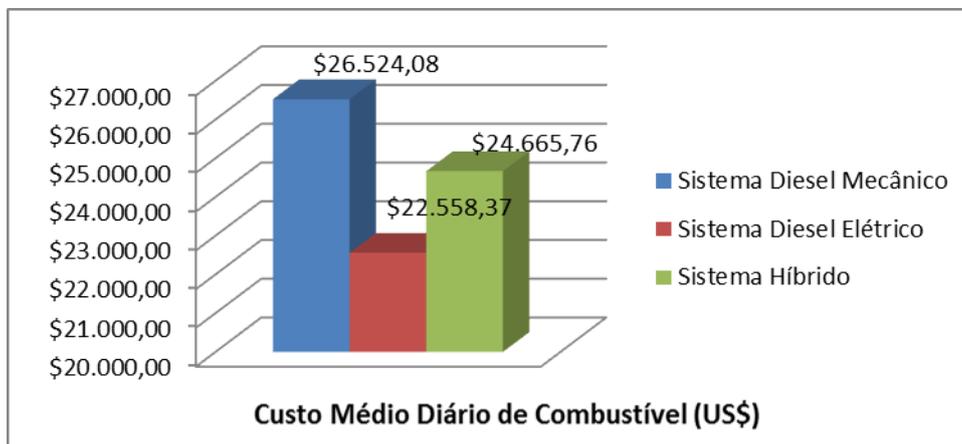
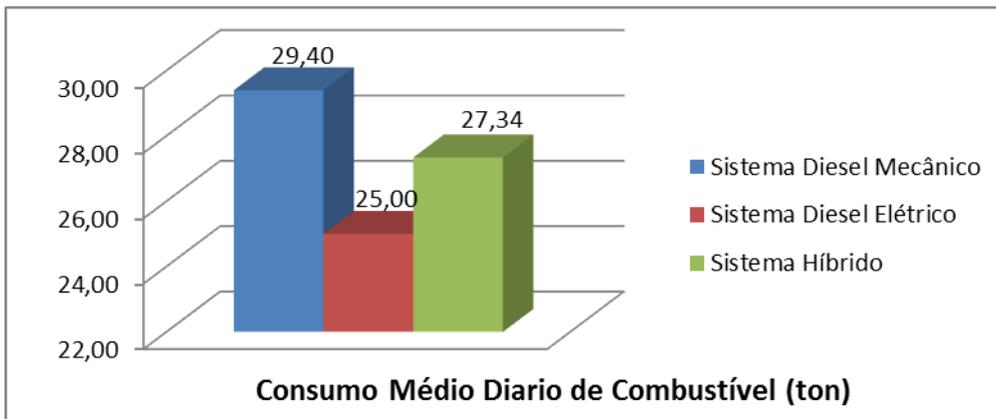


Gráfico 6: Comparação diferentes sistemas propulsivos (Navio AHTS)

Navio PSV:

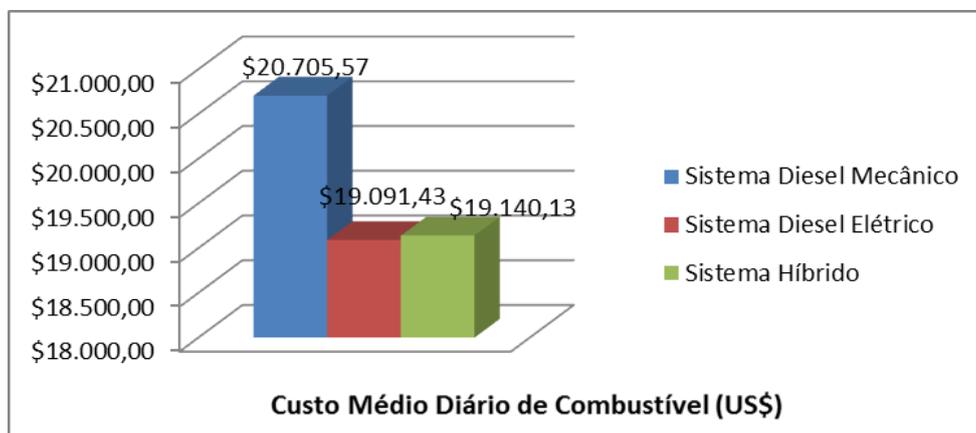
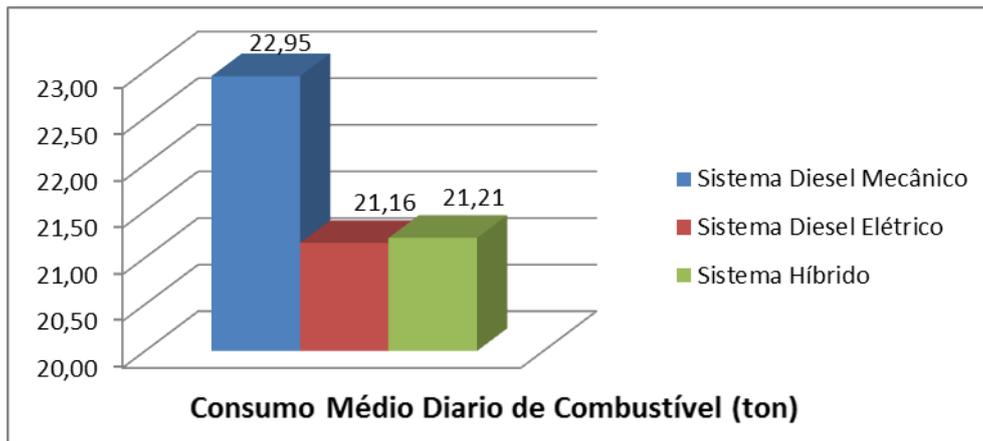


Gráfico 7: Comparação diferentes sistemas propulsivos (Navio PSV)

11. Conclusão:

O presente projeto possibilitou perceber a real influência, quantitativa e qualitativamente da escolha adequada do sistema propulsivo em embarcações de apoio marítimo (AHTS's e PSV's).

Através do projeto em questão foi possível mensurar a importância do sistema propulsivo no custo operacional de uma embarcação. Foi possível notar que para uma mesma embarcação, com o mesmo perfil operacional, com as mesmas dimensões, o custo com combustível pode ser completamente diferente, variando de acordo com a configuração do sistema propulsivo e da potência empregada por seus equipamentos em cada atividade do navio.

Ao comparar-se os três tipos de sistemas propulsivos, (Diesel Elétrico, Diesel Mecânico e Híbrido) pode-se notar que para embarcações que passam a maior parte do tempo em regime de posicionamento dinâmico a melhor configuração para seu sistema propulsivo é Diesel Elétrico, pois nessa configuração o passo do propulsor é fixo não havendo portanto, consumo de combustível quando o hélice está em “passo zero”, ou seja, sem produzir empuxo.

Para que um estudo completo fosse feito, seria necessário que os resultados numéricos encontrados fossem comparados com os resultados experimentais de navios reais que operassem com o mesmo perfil operacional e mesma configuração de sistema propulsivo. Com isso, poder-se-ia comprovar a eficiência do método utilizado para encontrar os valores de consumo e custo de combustível e conseqüentemente de custo operacional para essas embarcações.

Portanto conclui-se que um estudo preliminar de escolha de sistema propulsivo levando-se em consideração a missão da embarcação, área de atuação e perfil de operacional da mesma se mostra de grande utilidade na diminuição de custos operacionais, tornando-a mais lucrativa e competitiva frente ao mercado de afretamento.

12. Referências:

- [1]HOLTROP, J.; MENNEM, G. G. J. **A Statistical Re-Analysis of Resistance and Propulsion Data.** n° 363. ed. [S.l.]: [s.n.], v. 31, 1984.
- [2]BERTRAM, H. S. A. V. **Ship Design for Efficiency and Economy.** 2nd. ed. [S.l.]: Butterworth-Heinemann, 1998.
- [3]BARCELLOS, R. **O sistema híbrido de propulsão como uma alternativa viável aos sistemas diesel-elétrico e diesel-mecânico.** [S.l.]: 24º Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval e Offshore, 2012.
- [4]Generations ABB. **Parallel hybrid propulsion for AHTS.** [S.l.], 2012.
- [5]WARTSILA.Marine Products. Disponível em: <<http://www.wartsila.com/en/marine-solutions/products/products>>. Acesso em: Julho 2013.
- [6]CATTERPILLAR.MarineProducts.Disponivelem: <<http://marine.cat.com/products>>. Acesso em: Julho 2013.
- [7]MAN B&W. Disponível em: <<http://www.mandieselturbo.com/lowspeed>>. Acesso em: Agosto 2013.
- [8]ROLLS ROYCE. Disponível em: <<http://www.rolls-royce.com/marine/products>>. Acesso em: Agosto 2013.
- [9]BUNKERINDEX.Disponivelem:<<http://www.bunkerindex.com/prices/lamerica.php>>. Acesso em: Agosto 2013.