

MESTRADO EM
GESTÃO E ESTRATÉGIA INDUSTRIAL

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

PROJETO

ANALISE ECONÓMICA DA ADOÇÃO DE NAVIOS
AUTÓNOMOS NO SECTOR *OFFSHORE OIL & GAS*, UMA
PERSPETIVA DE FUTURO

ANDRÉ FILIPE GONÇALVES FUERTES

MAIO - 2020

MESTRADO EM
GESTÃO E ESTRATÉGIA INDUSTRIAL

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

PROJETO

ANÁLISE ECONÓMICA DA ADOÇÃO DE NAVIOS
AUTÓNOMOS NO SECTOR *OFFSHORE OIL & GAS*, UMA
PERSPETIVA DE FUTURO

ANDRÉ FILIPE GONÇALVES FUERTES

ORIENTAÇÃO:

PROF. DOUTOR JOSÉ MIGUEL ARAGÃO CELESTINO SOARES

MAIO - 2020

GLOSSÁRIO DE TERMOS E ABREVIATURAS

AIS – Automatic Identification System, Sistema Automático de identificação de navios

Armador – Proprietário do Navio

Brokerage – Atividade de Compra e Venda

Core – Core business, núcleo ou atividade central de uma empresa ou mercado

Day Rate – Taxa de Frete Diária contratada

DP – Dynamic Positioning, Posicionamento Dinâmico

DPO – Dynamic Positioning Officer, Operador de posicionamento dinâmico

DWT – Dead Weight Tonnage, Medida de tonelagem de arqueação com que convencionalmente se medem os navios.

EMSA – European Maritime Safety Agency, Agência Marítima de Segurança Europeia

Forecastle – Castelo de Proa

Idle – “Trabalho em Vazio”

IMO – International Maritime Organization, Organização Marítima Internacional

ISA – International Standard Atmosphere, Atmosfera Standard Internacional

Lay up – termo para designar que o navio se encontra temporariamente colocado fora de operação

MASS – Maritime Autonomous Surface Ship

MCR – Maximum Continuous Rating, Informação relativa ao funcionamento do motor à potência máxima a que pode funcionar continuamente em condições de segurança definido na norma “*ISO 3046-1:2002:ISO*”

MDO – Marine Diesel OIL, Combustível de Marinha

MPP – Máquina Propulsora Principal

MRO – Maintenance Repair & Overhaul

NPV – Net Present Value

OSV – Offshore Support Offshore, Navio de Suporte Offshore

Pool de Plataformas – Conglomerado de plataformas offshore

Port State Control – Inspeção de navios pela administração portuária

PSV – Platform Supply Vessel, Navio de apoio às plataformas

SCC – Shore Control CENTER, CENTRO de controlo de terra

SOLAS – Safety of Life at Sea, Convenção Internacional Para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar

STCW – International Convention on Standard of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, Convenção internacional Sobre Normas de Formação, de Certificação e de Serviços de Quartos Para os Marítimos

TEU – Twenty Foot Equivalent Unit, Medida relativa às dimensões de um contentor de 20 pés.

RESUMO

A introdução de navios autónomos capazes de navegar independentemente sem tripulação a bordo parece ser uma realidade cada vez mais próxima na indústria marítima. A aposta neste tipo de tecnologia promete benefícios económicos pela redução de custos com tripulações, operações mais seguras, melhores eficiências energéticas e melhorias ao nível da construção naval.

Neste trabalho, partiu-se de um navio PSV convencional de grau um na escala de Autonomia IMO que existe fisicamente e opera no sector *Offshore Oil & Gas*, com tripulação a bordo. Fazendo uma análise económica se o mesmo fosse um navio autónomo de grau três na mesma escala IMO sem qualquer tripulação a bordo, e nas mesmas condições de operação.

O estudo segue a metodologia do projeto MUNIN, que fez uma análise análoga para um navio graneleiro, baseando-se no modelo de cash-flow estabelecido por Stopford, que quantifica as receitas do navio e tipifica os seus custos em três categorias, custos operacionais, custos de viagem e custos de capital.

O que o presente estudo traz de inovador, é não só focar a análise no sector *Offshore Oil & Gas*, mas sobretudo utilizar valores reais de custos operacionais, de viagem e de capital de um navio que existe fisicamente em lugar de modelos teóricos de navios. A análise centra-se sobretudo no apuramento dos custos do navio nas duas condições, enquanto navio convencional, e na sua condição de autónomo. No que concerne às receitas, o navio opera a uma taxa de frete diária fixa contratada, que se considerou que depende dos mercados de *brokerage* e não do grau de autonomia do navio e por essa razão a análise é centrada nos custos.

Apuraram-se os custos totais anuais em cada uma das condições referidas para o ano de 2014 por ser o ano de melhor desempenho económico do navio convencional. Considerando que os números desse ano se repetiriam pela vida útil do navio em análise. Calculou-se o NPV, o valor atualizado dos custos ao longo do período da vida útil do navio, e avaliou-se o seu impacto no EBITDA. As conclusões demonstram que o navio autónomo permite vantagens nas três dimensões de custos analisadas comparativamente ao navio convencional.

Palavras-chave: Navios Autónomos, Navios Desatendidos, Navio PSV, Centro de Controlo Remoto SCC, *Offshore Oil & Gas*.

ABSTRACT

The introduction of autonomous ships capable of sailing independently without crew on board seems to be an increasingly close reality in the maritime industry. The investment in this type of technology promises economic benefits by reducing crew cost, safer operations, increase fuel efficiency, improvements in shipbuilding.

In this research we started from a conventional PSV ship that exists physically and operates in the offshore Oil & Gas Sector, of grade one on the IMO autonomy scale crew manned. Performed an economic analysis of the ship operating under the same conditions but supposing it was in grade three on the IMO autonomy scale with no crew.

The study follows the MUNIN project methodology, which performed similar analysis for a bulk carrier, based on the cash flow model established by Stopford, which quantifies the ship's revenues and classifies its cost in three categories; operating costs, voyage costs and capital costs.

The innovation the present study brings is not only the focus to the offshore Oil & Gas sector, but above all the use of real data of a ship existing in reality, when so far this analysis was based in theoretical models of non-existing ships. Making this new perspective closer to reality.

The analysis focuses mainly on determining the costs in both ship conditions separately as a conventional ship and in its autonomous condition. Regarding revenues, the ship is operating in a fixed daily rate freight, which was considered to depend on brokerage markets and not on the degree of the ship autonomy, for this reason the analysis is centred on costs.

Total annual costs were determined under each of the conditions referred for the year of 2014, which was the best economic performance of the vessel so far. The costs determined on this year were considered to be an annual fixed cost for every year during the complete life cycle of the ship vessel, and by this it was calculated the NPV of those cost for the period for each condition separately conventional and autonomous ship.

The comparison between show that the autonomous vessel is cost advantageous in the three dimensions regarding the conventional ship.

Keywords: Autonomous ships, Unmanned Ships, PSV ship, SCC shore control center, Offshore Oil & Gas.

ÍNDICE

GLOSSÁRIO DE TERMOS E ABREVIATURAS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
ÍNDICE	v
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
AGRADECIMENTOS	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1 Definição de Navio autónomo	3
2.2 Perspetiva do Sector <i>Offshore Oil & Gas</i>	4
3. METODOLOGIA	7
3.1 Modelo Económico	7
3.2 Definição do ciclo de vida útil do navio	8
3.3 Caracterização do navio PSV de referência	9
3.4 Perfil Operacional do navio	10
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	12
4.1 Custos Operacionais	12

4.1.1 Custos de Tripulação	12
4.1.2 Provisões e Consumíveis	12
4.1.3 Custos de Manutenção	13
4.1.4 Custos de Seguro	18
4.1.5 Custos Gerais	19
4.1.6 Centro de Controlo Remoto SCC	19
4.2 Custos de Viagem	22
4.2.1 Resistência do Ar	22
4.2.2 Redução de Peso	24
4.2.3 Consumo Elétrico	26
4.3 Custos de Capital	32
4.3.1 Custos de Construção	32
4.4 Discussão de Resultados	33
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
ANEXOS	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Escala de Classificações de Graus de Autonomia.....	4
Figura 2 – Modelos de <i>Cashflow</i>	7
Figura 3 – Redução do Consumo de Combustível Navio Autónomo	31
Figura 4 – EBITDA 2014	34
Figura 5 – NPV.....	34
Figura 6 – Análise NPV Redução de Custo Navio Autónomo	35

LISTA DE TABELAS

Tabela I – Condições de Operação	11
Tabela II – Custos Operacionais.....	22
Tabela III – Consumo Anual de Combustível.....	31
Tabela IV – Distribuição de Custos Construção	32

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor José Miguel Soares, em primeiro lugar pela recetividade com que encarou o tema da tese, que sendo uma ideia pouco explorada tem sido alvo de ceticismo. Pelo contrário o seu incentivo positivo ao tema foi determinante para a tese que hoje se apresenta. Em segundo lugar pela discussão e organização da tese, pela disponibilidade do seu tempo e pela boa disposição com que sempre me recebeu.

À Ana João minha mulher, pelo apoio carinhoso, por aceitar entre outras ausências o tempo que a tese nos roubou a dois e à família, por ser a primeira pessoa com quem discuti ideias sobre a tese, e por todo o amor e compreensão.

A toda a minha família que me deu suporte, ao meu pai Vítor, exemplo de trabalho e perseverança, à minha mãe Angelina pela dedicação e amor incondicional, à minha irmã Marina e ao meu cunhado Francisco pela troca de ideias ao longo da tese, aos meus sogros Lurdes e Fernando pelo incentivo para concluir a tese, à Maria João pela forma carinhosa como se dedica ao meu filho.

Finalmente ao meu filho Francisco, que me compele a ser melhor todos os dias, a procurar aperfeiçoar-me de tantas formas diferentes para que encontre em mim o exemplo e a referência que encontrei em meus pais.

Aos vários amigos que de tantas formas se fizeram presentes em especial ao Carlos, na discussão de ideias, no incentivo e nas suas opiniões.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o relatório UNCTAD, a 1 de janeiro de 2018 existiam registrados 94.171 navios no mundo, com uma capacidade de carga total, em termos de tonelagem, de 1,92 mil milhões¹ DWT. O mesmo relatório enfatiza que 80% do transporte de mercadorias a nível mundial é feito por via marítima (Quinlan, Hampson, & Gregson, 2013; UNCTAD, 2018).

O valor da frota mundial de navios em 2017, foi calculado em \$791 mil milhões¹ (Norwegian Shipowners Association, 2018), e nesse mesmo ano foram transportados globalmente por via marítima 10,7 mil milhões de toneladas de mercadorias mundialmente (UNCTAD STAT, 2017).

Em 2015, o último estudo realizado a nível mundial sobre emprego no sector estimou a existência de 1.647.500 trabalhadores marítimos em todo o mundo, dos quais 774.000 oficiais e 754.000 indiferenciados (BIMCO & ICS, 2015). O relatório apontava a falta de 16.500 oficiais nesse ano, sendo que as projeções se agravam para 2020 e 2025 com uma escassez mundial de 92.000 e 147.000 oficiais respetivamente. Contudo para se ter a real dimensão do emprego gerado por esta indústria é preciso ir para além do número de tripulantes diretamente empregados pelos navios. Só na União Europeia, a indústria do “*Shipping*” emprega 615.000 pessoas, das quais 501.000 diretamente no mar. Mas no geral estima-se, que com emprego indireto, o sector seja responsável por gerar postos de trabalho para 2,2 milhões de pessoas (Oxford Economics Ltd, 2015). Em 2003/2004 a comissão europeia fez similar análise, sendo que nessa altura os números eram ligeiramente diferentes, cerca de 1,9 milhões de pessoas empregadas em sectores como construção naval, reparação naval, equipamento marítimo, aprestamentos navais, portos e serviços relacionados, pesca e processamento alimentar, sector *offshore* da energia eólica, *offshore* costeiro e “*offshore Oil & Gas*” (ECOTEC Research & Consulting, 2006). Os fretes marítimos geraram globalmente em 2018 receitas de \$456.4 milhões, e a previsão é de que em 2023 sejam de \$548.3m (MarketLine, 2019). Na economia Europeia estima-se que por cada milhão de euros investidos em “*Shipping*” se geram outros 1,6 milhões (Oxford Economics Ltd, 2015). Os números anteriormente apresentados, falam por si. O transporte por via marítima é fundamental para o comércio internacional e para o bem-estar de cidadãos em todo o mundo. A sua capacidade para gerar receitas, a par com o facto de

¹ Tradução de Billion, mil milhões; neste trabalho a unidade monetária de referência será sempre o Dólar dos Estados Unidos da América USD, cujo símbolo utilizado é \$.

ser um pilar basilar para as trocas comerciais dos países, e a criação de emprego que o sector gera, tem um impacto económico positivo imenso.

A adoção de navios não tripulados, capazes de navegar de forma autónoma poderá revolucionar o sector de muitas formas diferentes. As entidades que estão no desenvolvimento deste tipo de tecnologia prometem enormes benefícios. Nomeadamente, económicos pela redução de custos associados às tripulações, operações mais seguras pela menor prevalência de erros humanos, melhores eficiências energéticas e menores consumos de combustíveis com navios mais eficientes do ponto de vista do seu projeto e construção. Abre-se um novo paradigma tecnológico no sector cujos benefícios podem ainda não ser passíveis de serem quantificados de forma objetiva, dada a fase embrionária em que se encontra. Por outro lado, a adoção de uma nova tecnologia suscita algum ceticismo. A ideia de navios não tripulados tem sido muitas vezes recebida com desconfiança entre alguns membros da comunidade marítima. Porém o exemplo da aviação contraria perspetivas mais conservadoras. Num questionário recente, pilotos de linha aérea a operar aviões Boeing 777s declararam que gastam em média apenas 7 minutos a pilotar manualmente o avião num voo típico, os pilotos de Airbus gastam metade desse tempo (Markoff, 2015).

A tecnologia para construir navios inteligentes já está realmente disponível, ou pelo menos em desenvolvimento, portanto não há fatores técnicos que impeçam a introdução de navios inteligentes (Kobyliński, 2018).

Neste estudo pretende-se analisar um navio que existe fisicamente e opera no sector *Offshore Oil & Gas*, e fazer um estudo comparativo entre a sua condição atual enquanto navio tripulado, e a extrapolação para a condição de navio autónomo sem tripulação. Partindo de um navio em operação, teremos a possibilidade de aceder a dados reais para estabelecer uma base de comparação que se pretende que abra uma perspetiva crítica sobre o tema.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Definição de Navio Autónomo

Dada a novidade do tema, não se encontrou na literatura existente, uma definição padrão convencionalmente estabelecida para descrever navios que funcionam de forma autónoma. Esquemas de classificação para veículos autónomos e navios em particular, são uma área em constante desenvolvimento, como o navio autónomo é um conceito relativamente novo (Rødseth, 2018). Os termos utilizados para designar estes navios parecem ser difusos, encontrando-se na literatura consultada a menção a navios autónomos, navios inteligentes e navios desatendidos, terminologias diferentes para o mesmo conceito. A NFAS (*Norwegian Forum for Autonomous Ships*) faz uma distinção dos termos: **Navio Autónomo** – Significa que o navio pode executar um conjunto de operações definidas sem nenhuma, ou reduzida, atenção da tripulação na ponte de comando. Não significa necessariamente que não tem presença humana; **Navio Desatendido** – Significa que não tem presença humana na ponte de comando para executar ou supervisionar as operações (Rødseth & Nordahl, 2017).

A IMO (*International Maritime Organization*), enquanto entidade mundial reguladora do sector marítimo, utiliza a designação MASS “*Maritime Autonomous Surface Ship*”. O Termo define um navio que, num grau variável, pode operar independentemente de interação humana (IMO, 2018). Mas como bem faz notar, o termo MASS engloba em si uma grande variedade de navios autónomos ou automatizados. Pode designar um navio autónomo que utiliza inteligência artificial, ou tão simplesmente um sistema pré-programado, para a gestão e controlo de algumas das funções do navio que se processam independentemente de intervenção humana. Há, portanto, que fazer, uma diferenciação entre navios verdadeiramente autónomos, e navios semiautónomos que embora com algum grau de automação, operam sob a gestão e controlo de um operador humano (ISFMA & ITF, 2018). Na ausência de uma classificação convencional internacionalmente adotada, existem várias propostas com critérios que podem ser diferentes entre si. Rødseth propõe a utilização de três fatores para a caracterização, sendo estes, a complexidade operacional, o grau de automação e a presença de operador, sugerindo também que a limitação a cinco graus de automação parece ser suficiente para uma adequada descrição dos navios (Rødseth, 2018).

Efetivamente, o tronco comum em todas as classificações analisadas, foi a necessidade de estabelecer graus de autonomia diferentes para enquadrar os navios. Dessa forma a IMO

estabelece uma escala de classificações em função dos graus de autonomia variável, hierarquicamente organizados de acordo com a Figura 1:

Grau 1 - Navio com processos automatizados e suporte de decisão:

- Tripulantes estão a bordo para operar e controlar os sistemas e funções a bordo. Algumas operações podem ser automatizadas

Grau 2 – Navio controlado remotamente com tripulantes a bordo:

- O Navio é controlado e operado a partir de outra localização exterior, mas com tripulantes a bordo.

Grau 3 – Navio Controlado Remotamente sem tripulantes a bordo:

- O navio é controlado e operado a partir de outra localização exterior, sem tripulantes a bordo.

Grau 4 – Navio Totalmente Autónomo:

- O Sistema operativo do navio é capaz de tomar decisões e determinar ações por si próprio.

Figura 1 - Escala de Classificações de Graus de Autonomia

Fonte: IMO (2018)

Sendo a IMO o organismo de maior relevância no sector marítimo, estabelece as orientações e o quadro regulamentar que os restantes organismos seguem. Por conseguinte, as Sociedades Classificadoras que operam no sector e estipulam as normativas e requisitos para os navios, vão alinhar-se de acordo com estas orientações. Embora cada classificadora possa adotar o seu próprio esquema de classificação, para efeitos deste estudo utilizaremos a escala IMO apresentada. Achou-se conveniente, colocar no Anexo 1 algumas classificações em função do nível de autonomia, em vigor ao momento, adotadas pelas principais sociedades classificadoras.

2.2 Perspetiva do Sector *Offshore Oil & Gas*

O sector “*Offshore Oil & Gas*” é profundamente dependente do preço a que o petróleo é transacionado. A atividade das plataformas de petróleo tende a aumentar quando o preço do petróleo aumenta, embora, de forma variável em diferentes regiões do mundo (Ringlund, Rosendahl & Skjerpen, 2008). Se fizermos uma análise retrospectiva do preço do barril de Brent nos últimos dez anos, isso ajudará a compreender o momento atual do sector. Observe-se o período compreendido entre 2011 e meados de 2014 no Anexo 2. O preço do barril de Brent, manteve-se consistentemente num valor historicamente elevado (Macrotrends, 2018), com os mercados a transacionar nesse período, quase sempre, acima dos \$100 por barril. Durante esse período, é visível como o sector se ajustou ao momento positivo, pelo aumento do número plataformas no mundo. Não só em número absoluto, mas sobretudo na quantidade de plataformas ativas em exploração, conforme se verifica no Anexo 3.

A partir da segunda metade de 2014 o momento positivo que se viveu no sector, termina com a queda do preço do petróleo. Na viragem do ano de 2015 para 2016, o barril de petróleo

chegou a ser transacionado abaixo dos \$30. Numa análise a 17 plataformas no mar da Noruega, com o petróleo a \$125 por barril em 2012, todas eram lucrativas. Em Maio de 2016, apenas 5 dessas 17 eram rentáveis (Garcia, Brandt & Brett, 2016). A queda no preço do petróleo teve efeitos no setor, como se pode ver no gráfico do Anexo 3, e em 2017 o número de plataformas em atividade é o mais baixo do período em análise. Em 700 plataformas disponíveis mundialmente, apenas 452 estavam em operação no período dos censos, correspondendo a uma taxa de utilização de 65% (Huerta, 2018).

O abrandamento da atividade, tem impacto nos vários agentes envolvidos no sector. Os navios de suporte às plataformas de petróleo não são exceção. O gráfico do Anexo 4 mostra como o rácio de navios por plataforma cresceu, coincidente com a queda do preço do barril de petróleo. Até meados de 2014 esse rácio gravitou em torno dos 4,5 navios por plataforma ativa. A redução do número de plataformas em atividade, fez esse rácio subir para cerca de 8 navios por plataforma em 2016 e 2017.

Stopford descreve o mercado do frete marítimo como o mecanismo de ajuste que liga a oferta e a procura. Se existirem muitos navios disponíveis o preço do frete baixa, pelo contrário se a oferta de navios for baixa o preço do frete será elevado (Stopford, 2009). Partindo desta definição, e face ao excedente de navios disponíveis observado pelo rácio referido anteriormente, cria-se uma enorme pressão sobre o preço do frete neste mercado, vulgarmente referido a uma taxa diária no sector, “*Day Rate*”. No Anexo 5, está publicado o gráfico que reflete a evolução negativa do preço de frete. Vejamos particularmente os navios PSV de 3200 DWT, que é o caso do navio em estudo. A “*Day Rate*” em 2014 estava pouco acima dos \$20.000, quando em 2017 e 2018 andou muito perto dos \$8.000, uma quebra na ordem dos 60%. Numa publicação do sector foi recentemente referido que o “*breakeven point*” de um navio PSV de dimensão média a grande, varia entre \$8.000 a \$10.000 (Daleel Oil & Gas Supply Chain Portal, 2019). A informação está em linha com o relatório de 2017 do DBS Bank, no qual se refere que os armadores, de um modo geral, reportam estar a operar no “*breakeven*”. O relatório aponta a “*Day Rate*” para um navio PSV de média dimensão a variar entre \$8,000 a \$11,000 (DBS Group Research, 2017). Nas circunstâncias em que o navio opera abaixo do seu *breakeven* o armador opta muitas vezes por o colocar em *layup*.

Navio em *layup*, significa na prática retirá-lo do mercado temporariamente. Como Tvedt sintetizou, a relação entre a taxa de frete e o custo operacional do navio, vão determinar se o armador decide manter o navio a operar ou proceder ao seu *layup* (Tvedt, 2000). Navios com uma estrutura de custos elevada, necessitam de uma taxa de frete alta para poderem cobrir os

seus custos de operação. No panorama descrito, há navios que pela queda da taxa de frete, deixam de conseguir operar acima do *breakeven*, e isso materializa-se em navios parados para minimizar as perdas dos armadores.

Robert Day, responsável da área de *offshore* da consultora Vessels Value, apresenta o levantamento do número de navios *offshore* em situação de *layup* realizado pela consultora. Os dados apresentados no Anexo 6 por região mundial, são de abril de 2019, e a sua análise permite estimar que 25% da frota de OSV mundial estará em *layup*. Sendo a zona mais afetada o Golfo do México com cerca de 38% dos navios em *layup* (Vessels Value, 2019). No Anexo 7 encontra-se um gráfico da consultora Clarksons, onde se verifica que a quantidade de navios em *layup* no sector atingiu o seu pico em 2017. Desde então, o número de navios fora de operação tem vindo lentamente a diminuir (Vessels Value, 2019). Um fator a contribuir para esta melhoria é o número de navios abatidos no sector, que como se pode ver no gráfico do Anexo 8 duplicou de 2015 para 2016, e mantém uma tendência crescente.

Que o comportamento do preço do petróleo tem uma natureza cíclica, mas incerta (Knut, 1994), não é um dado novo. O momento vivido no *offshore*, já brevemente descrito, terá conduzido muitas empresas no sector a situações financeiras adversas. Eventualmente o mercado vai melhorar, como é espectável pela sua natureza cíclica. Porém no próximo ciclo negativo as empresas estarão novamente a lutar para sobreviver no sector. Os operadores de navios mais eficientes colocam um limite inferior aos outros na sua “*Dayrate*” antes de optarem por um *layup*. As “*Dayrate*” nunca ficarão abaixo do valor mínimo estabelecido para o navio mais eficiente no mercado entrar em *layup*. Tal significa na prática, que a opção de *layup* é mais viável para os armadores cuja frota tem menor eficiência (Tvedt 2000). O armador que conseguir cortar nos custos de operação tem para si uma vantagem competitiva, que lhe permitirá enfrentar um ciclo negativo em melhores circunstâncias que os seus competidores. Analisando a situação de mercado dos navios *offshore*, caracterizada por um frota de elevado custo e com excesso de oferta, e olhando para as previsões do preço de petróleo é clara a necessidade de uma visão de redução de custos nos processos de conceção de futuros navios *offshore* (Garcia *et al.*, 2016).

3 METODOLOGIA

3.1 Modelo Económico

Para se desenvolver a análise económica do navio em estudo adaptou-se o modelo desenvolvido no âmbito do projeto “*Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks*” (MUNIN), um projeto conjunto de várias instituições para o estudo e desenvolvimento de navios autónomos com financiamento da União Europeia. O modelo original que está publicado no relatório “*D9.3 Quantitative Assessment - Chapter 3 Economic in-depth assessment*” (Kretschmann, Rødseth, Fuller, Noble, Horahan, & McDowell, 2015) foi concebido para um navio graneleiro, utilizado no transporte internacional. Quantifica as receitas geradas pelo navio e tipifica as despesas do navio em três grupos: custos operacionais, custos de viagem, e custos de capital seguindo o modelo de “*cash-flow*” preconizado por (Stopford, 2009). O modelo utilizado está na base do artigo “*Analysing the economic benefit of unmanned autonomous ships: an exploratory Cost-Comparison between an autonomous vessel and a conventional Bulk Carrier*” (Kretschmann, Burmeister & Jahn, 2017) que serviu de inspiração para o presente estudo. O modelo utilizado no artigo referido para estabelecer o *cash-flow* de um navio graneleiro, não pode ser aplicado de forma taxativa no navio em estudo, porque há diferenças substanciais, conforme a Figura 2.

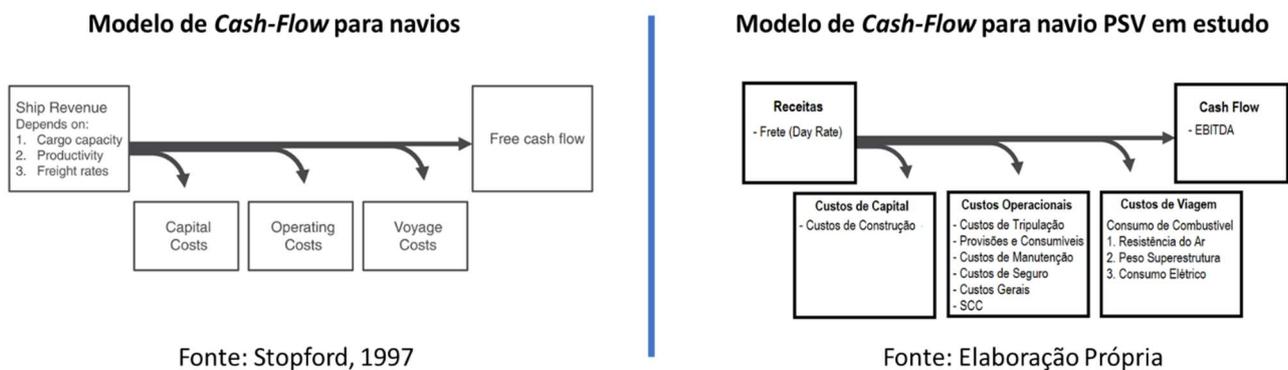


Figura 2 - Modelos de *Cashflow*

Fonte: Stopford (2009) e Elaboração própria

Em primeiro lugar na tecnologia utilizada, os navios da indústria *offshore* estão entre os tecnologicamente mais avançados, ao passo que os navios graneleiros estão no espetro tecnológico oposto. O mercado em que operam é em si muito diferente também, e isso implica diferenças nos contratos de *charter* que se vão repercutir nas receitas e na estrutura de custos, como será discutido neste estudo. O modelo foi adaptado em função do balanço contabilístico do navio para o ano 2014, utilizando valores reais. A análise centra-se no lado dos custos,

porque o navio contrata com o *charter* uma taxa de frete diária fixa que é função do preço transacionado nos mercados de *brokerage*, dependente de variáveis externas ao navio.

3.2 Definição do ciclo de vida útil do navio

Para a realização deste estudo é fundamental definir o ciclo de vida útil que será adotado para a análise a realizar. O navio é projetado e construído de acordo com as regras da sociedade classificadora DNV GL. Esta classificadora estabelece que o casco de um navio deve ser concebido para uma vida útil mínima de 25 anos em operação (DNV GL, 2017). São muitos os navios que excedem essa premissa de projeto, nesses casos entram em processo de reclassificação. Desde que o navio reúna as condições estabelecidas pela classificadora pode manter a sua certificação de classe e continuar a navegar independentemente da idade. Seria redutor estabelecer a vida útil do navio com base exclusivamente na longevidade do aço do casco e nas suas características de construção. Evans (1989), sugere como métrica para a substituição de um navio os seus custos operacionais, porque à medida que os navios envelhecem, os custos de operação aumentam, e eventualmente chegam ao ponto em que será mais barato substituí-lo do que continuar a operá-lo. Mas vai mais longe quando afirma que, a vida ótima do navio substituído não é motivo de preocupação, o que importa é se os custos operacionais relevantes do navio atualmente são maiores ou menores que os custos anuais totais mínimos de substituição desse navio (Evans, 1989). Contudo, há outros fatores a influenciar a vida do navio que vão além da sua rentabilidade. De forma geral o ciclo de vida de um navio é influenciado por quatro mercados, a construção naval, o mercado de frete, o mercado de compra e venda de navios (*brokerage*), e o mercado de demolição de navios (Stopford, 2009). À luz desta teoria, quando o mercado está num ciclo positivo, espera-se que os estaleiros navais recebam novas encomendas, e a tendência é manter os navios a operar mesmo os mais antigos. Quando o frete está alto, mesmo os navios menos eficientes se mantêm lucrativos. Pela mesma ordem de ideias, em situação de retração económica, como é o caso do *offshore* atualmente, é espetável que os navios mais antigos e obsoletos sejam enviados para abate, reduzindo a idade média da frota. O gráfico no Anexo 8 apresentado pela Tidewater na conferência “*Global Offshore Conference 2018*” relativo ao número de navios OSV abatidos, mostra um aumento significativo desde 2016. Na última coluna de 2018 está uma projeção, já que à data daquela apresentação o ano ainda não estava fechado. O relatório publicado em novembro de 2018 pela “*Danish Shipping Finance*”, aponta para o facto de existirem 117 navios em *layup*, correspondendo 9% da frota de navios com mais de 15 anos, e considera que não é provável que estes voltem à vida ativa. No mesmo relatório é possível ver que 84% dos navios *offshore*

no mundo têm menos de 15 anos, conforme o gráfico do Anexo 9 (Danish Ship Finance, 2018). A idade é um fator fundamental para o sucesso de um navio do sector *offshore*, com influência na sua capacidade de atração de clientes e de obtenção de fretes. O avançar da idade dos navios PSV, vai acabar por afetar a sua performance (Wiig & Tvedte, 2017). Numa análise realizada à atividade de “*Port State Control*”, foi encontrada uma correlação entre a idade dos navios inspecionados e o número de deficiências observadas, demonstrando claramente que os navios com mais idade são aqueles com maior prevalência de deficiências, sendo que 71,6% dos navios com mais de 30 anos tinha pelo menos uma deficiência (Graziano, Cariou, Wolff, Mejia Jr. & Schöder-Hinrichs, 2018). Noutra análise realizada à ocorrência de acidentes registados por seguradoras marítimas verificou-se que o maior risco de acidentes estaria concentrado nos navios com idades dos 17 aos 42 anos (Graziano *et al.*, 2018). A propósito da relação entre a idade e a tendência para acidentes, foi noticiado, em 2016, pelo “*Offshore Support Journal*”, aquando da “*Asia Pacific Maritime Offshore Market Analysis Conference*” em Singapura, que foi discutida a possibilidade de as empresas fretadoras imporem um corte não oficial a navios PSV com mais de 15 anos. O argumento era sustentado na limitação do risco de reputação das companhias fretadoras no caso de um acidente. É difícil justificar à opinião pública a operação de navios com 25 anos de idade, independentemente de quão bem mantidos possam estar (Offshore Support Journal, 2016).

Os argumentos apresentado apontam para que os navios com idade superior a 15 sejam tendencialmente retirados do mercado. Por esse motivo, optou-se neste estudo por considerar um ciclo de vida útil de 15 anos para o navio.

3.3 Caracterização do navio PSV de referência

O modelo de referência para o navio PSV em estudo foi estabelecido com base nas especificações detalhadas apresentadas no Anexo 10, e imagens do navio no Anexo 36. Foram deliberadamente omitidos dados que possam identificar especificamente o navio ou o armador.

O navio tem uma tripulação de 12 a 14 pessoas, opera exclusivamente com combustível MDO. A ponte está permanentemente em condução atendida, com dois DPO quando em operação à plataforma, ou um oficial de navegação e um marinheiro quando a navegar.

A casa da máquina é de condução desatendida. Significa que a navegar não necessita permanentemente de estar um engenheiro na condução da instalação propulsora. Nessas circunstâncias a central de alarmes está ligada aos alojamentos e se detetar alguma anomalia o alarme é ativado para o Engenheiro de Serviço. No caso do navio em DP, o protocolo exige

pelo menos um engenheiro permanentemente na casa da máquina na condução da instalação propulsora.

O objeto de estudo deste trabalho é um navio PSV, que opera exclusivamente no sector “*Offshore Oil & Gas*”. Não se encontrou uma definição universal para o termo “*offshore*” que pudesse ser apresentada. No *Cambridge English Dictionary*, o termo aparece definido como longe da costa ou à distância da costa. Poder-se-á definir de forma empírica, como as atividades que se desenvolvem com instalações físicas no mar, à distância da costa. No caso do sector *Offshore Oil & Gas*, essas atividades reportam-se à prospeção e exploração de hidrocarbonetos no mar.

A sociedade Classificadora DNV GL define OSV (*Offshore Support Vessels*), todos os navios destinados ao apoio a instalações *offshore*. Dentro dessa definição genérica atribui a classificação de PSV aos navios destinados a serviços de aprovisionamento das instalações *offshore* (DNV GL, 2015).

No caso particular, este navio foi projetado pela Rolls-Royce, modelo UT 755 LN, que se tornou uma referência pela sua popularidade no sector *offshore*. Mais de 200 navios deste tipo foram construídos, ou estarão ainda em fase de construção (Kongsberg, 2019). O navio foi construído nos Estaleiros Navais VARD BREVIK, e lançado ao mar em 2007. Desde a fase de projeto é certificado pela Sociedade Classificadora DNV GL com a notação:

1A1 Clean DK(+) DYNPOS(AUTR) E0 HL(2.5) LFL(*) SF TMON,

que designa um navio concebido para operações em condições meteorológicas adversas, como é o caso do Mar do Norte. *Clean Class*, ou seja projetado para controlar operacionalmente emissões e descargas poluentes, com *Decks* reforçados para o transporte de líquidos com densidades elevadas e equipado com sistema DP-II.

De acordo com a escala de classificação IMO em função do grau de autonomia, apresentada na Figura 1, da secção “2.1 Definição de Navio Autónomo”, o navio encontra-se atualmente a operar no Grau 1, e pretende efetuar-se o estudo comparativo de benefício económico do mesmo, considerando a sua evolução para o Grau 3.

3.4 Perfil Operacional do navio

Para traçar o perfil operacional do navio, consultaram-se os registos de diário da máquina “*Engine Log Book*”, que é um documento obrigatório nos navios ao abrigo da convenção internacional SOLAS, onde constam os detalhes da operação do navio. Compilaram-se todas

as horas que o navio despendeu em cada uma das condições de operação definidas, que se apresentam no Tabela I.

Tabela I – Condições de Operação

Condição	Horas/Ano	Descrição
Navegar	3642,5	Sempre que o navio está em trânsito no mar. Nesta condição, utiliza apenas os geradores de veio acoplados às MPP's para produção de energia elétrica. Os grupos geradores diesel auxiliares estão parados a navegar.
Manobras	675	Em Manobras nas entradas e saídas de porto, utiliza os geradores de veio acoplados às MPP's e os grupos geradores diesel para alimentação elétrica do navio, situação análoga a DP
DP	2261,5	Em operação nas plataformas, o Protocolo DP exige as duas MPP's a funcionar, com os respetivos geradores de veio a produzir energia para alimentar os impulsores laterais, e outros grandes consumidores como é o caso das bombas e outros dispositivos de carga. Adicionalmente, os grupos geradores diesel auxiliares têm de estar os dois ativamente a produzir energia para alimentar o quadro elétrico. Esta configuração garante suficiente redundância de máquinas, para no caso de uma avaria de um equipamento o navio não perder posição em relação à plataforma.
Atracado	2188	Navio atracado, refere-se naturalmente à sua estadia em porto. Utiliza apenas os grupos geradores diesel auxiliares para produção de energia elétrica. As MPP's estão paradas.
Total	8766	

Fonte: Elaboração própria

No seguimento da apresentação da metodologia e da revisão da literatura, indica-se agora a pergunta de pesquisa a que este estudo pretende responder:

- Pode um navio autónomo apresentar vantagem de custos operacionais, de viagem, e de capital face a um navio convencional nas mesmas condições de operação?

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Custos Operacionais

Os custos operacionais são todas as despesas necessárias para manter o navio no estado operacional (Kretschmann *et al.*, 2015). Os valores relativos aos custos operacionais do navio aqui apresentados foram obtidos através do balanço contabilístico do navio para o ano de 2014. A escolha recaiu neste ano, por ter sido o ano recorde de resultados operacionais do navio, com um EBITDA de 41,10%. Entendeu-se fazer a comparação entre navios partindo da situação que é conhecida como a mais favorável para o navio convencional no seu histórico de operação. No pressuposto de que será a melhor forma de colocar à discussão o modelo de navio autónomo. Se o navio autónomo se mostrar economicamente mais vantajoso no melhor cenário possível do navio convencional pela redução de custos, então não será irrealista assumir que também o será nos cenários menos otimistas do navio convencional.

O balanço original é disponibilizado em Coroas Norueguesas, mas por uma questão de coerência de análise de dados foi convertido para Dólares Americanos².

4.1.1 Custos de Tripulação

Nesta secção figuram todos os custos relativos à tripulação do navio convencional que se apresentam na tabela do Anexo 11, nomeadamente ordenados, formação, viagens de tripulantes para embarque e desembarque do navio, seguros com tripulantes, cuidados médicos, mantimentos impostos e prestações sociais, etc., e totalizam \$1.957.560. No navio autónomo, com a supressão dos tripulantes, todos os custos de tripulação são eliminados.

4.1.2 Provisões e Consumíveis

Nesta secção, estão agrupados todo o tipo de provisões e consumíveis, utilizados no navio convencional que se apresenta na tabela do Anexo 12. No navio autónomo foram eliminados todos os consumíveis que são associados à utilização dos tripulantes, como sejam materiais de escritório ou de consumo para manutenção geral nos departamentos de máquinas e de convés. Além destas são também eliminadas despesas com material de segurança para proteção individual, e outras referentes aos camarotes da tripulação. O custo com água potável para

² A taxa de conversão utilizada foi obtida no site <https://www.bloomberg.com/quote/NOKUSD:CUR> referente ao dia 08 de Novembro de 2019: **1 Coroa Norueguesa = 0,1093 Dólares Americanos** (para simplificação de cálculos arredondou-se para 0,11).

consumo doméstico foi totalmente eliminado, embora possa subsistir um consumo para os tanques de expansão das MPP e dos geradores diesel, mas cuja expressão é marginal neste contexto. Analisados os custos eliminados nesta secção, passemos aos custos que transitam para o navio autónomo. Químicos e gases vão continuar a consumir-se a bordo nomeadamente gases de *span* para calibração do sistema de gás inerte dos tanques, ou para os sistemas fixos de combate a incêndio. Também os produtos químicos se vão manter, por exemplo para adicionar aos tanques de combustível para eliminação de fungos e bactérias, ou desinfetantes para os tanques de carga água potável que é fornecida às plataformas de petróleo. Embora nesta secção se reconheça que muito possivelmente a supressão da tripulação vai reduzir esta rubrica de custos, pela eliminação de gases que se associam aos tripulantes, como por exemplo para as instalações frigoríficas e climatização do navio. Não dispondo de valores pormenorizados relativamente ao custo individual de cada um dos gases e químicos utilizados a bordo, optou-se por transitar o valor completo nesta rubrica de custo do navio convencional para o modelo de navio autónomo.

Na rubrica de subscrições de cartas náuticas, estas cartas são eletrónicas, utilizadas no sistema de navegação do navio, e embora a tripulação as deixe de utilizar, o navio autónomo vai continuar a funcionar com recurso às mesmas. Por fim nesta secção transitou integralmente o consumo de óleos lubrificantes e hidráulicos, assumindo que os equipamentos a bordo os continuarão a consumir. Poder-se-ia também eliminar o óleo referente aos hidráulicos do “Turco” do bote salva vidas que deixa de existir, mas a quantidade de óleo que isso representa neste universo é desprezável. Resumindo, os custos de provisões e consumíveis do navio convencional totalizam \$88.000, e no navio autónomo são de apenas \$38.500.

4.1.3 Custos de Manutenção

Os custos de manutenção relativos ao navio convencional encontram-se compilados nas tabelas dos Anexos 13 e 14. O Anexo 13 detalha os custos com a manutenção, e o Anexo 14 é uma depreciação que aparece no balanço contabilístico depois do apuramento das despesas operacionais.

O navio autónomo, como qualquer outro, tem manutenções e reparações que têm de ser efetuadas periodicamente. No caso dos navios convencionais, a tripulação que se encontra a bordo encarrega-se maioritariamente desses trabalhos, e planifica-os de acordo com as conveniências de operação do navio. Sendo que há trabalhos que são realizados enquanto a navegar, e outros durante a estadia em porto. Nos navios autónomos, a manutenção tem de ser

realizada durante as estadias em porto, o que implica que técnicos especializados tenham de se deslocar ao navio.

No projeto MUNIN, foi assumido que a companhia teria a sua própria equipa de manutenção, e que esta se deslocaria ao encontro do navio. A equipa seria composta por 9 pessoas, a base salarial foi estabelecida em função dos vencimentos em vigor para os tripulantes no departamento de máquinas que habitualmente se ocupam da reparação e manutenção. A acrescentar aos ordenados e encargos sociais, teriam de ser incluídas despesas de deslocação, e as necessárias ajudas de custo. Essas deslocações implicam também trânsito de ferramentas, sobresselentes, equipamentos de teste e calibração, que vão necessariamente onerar a operação. Acresce ainda, que os técnicos de manutenção têm de ter um elevado nível de especialização, e ser devidamente certificados de acordo com convenções internacionais para poderem realizar trabalhos a bordo. Refletindo-se numa equipa de elevado nível salarial, cuja capacidade produtiva está bastante afetada por tempos “*idle*”, passados em viagem entre portos, e a aguardar a chegada do navio a porto. Esses custos têm de ser imputados ao navio autónomo.

Optou-se por uma perspetiva diferente neste estudo, assumindo que uma equipa de manutenção própria nesta fase embrionária dos navios autónomos se afigura como uma forma pouco eficiente de estruturar a manutenção. Eventualmente numa fase mais madura da tecnologia, se a dimensão da frota de navios autónomos for relevante, poder-se-á optar por desenvolver uma equipa para esse efeito, explorando eventuais economias de escala ou por decisão estratégica da gestão. Dada a perspetiva aqui desenvolvida, o *outsourcing* da manutenção é a escolha que será feita para estimativa de custos de manutenção do navio em análise.

Atualmente não há uma prática generalizada de *outsourcing* de manutenção na marinha mercante, e a razão justifica-se com o facto de haver tripulações a bordo. Não é economicamente viável ter o custo suplementar de contratar manutenção externa, quando os tripulantes a podem executar. Já que, havendo um contrato de manutenção ou não; os tripulantes não são dispensáveis por força das convenções internacionais em vigor, e isso seria aliás uma duplicação de custos. A política da companhia detentora do navio, é que a manutenção de um modo geral é executada pelas tripulações. Exceções feitas a trabalhos de docagem, a equipamentos muito específicos que exijam manutenção por entidades certificadas independentes, intervenções ao abrigo de uma garantia, ou a equipamentos cuja manutenção sai fora do âmbito normal de conhecimento e experiência dos tripulantes. Como a manutenção em regime de *outsourcing* não é uma prática comum no sector marítimo, não foi possível obter

dados que permitissem estimar com rigor os custos de um possível modelo de *outsourcing* de manutenção para o navio em estudo.

Recorreu-se ao sector da aviação civil pela similaridade de conceito. O modelo de *outsourcing* em vigor nesta indústria, que recorre a esta prática de forma madura, poderá aplicar-se de forma adaptada aos navios autónomos. A manutenção é efetuada durante as estadias no aeroporto, e organizada de forma a evitar tempos prolongados de imobilização das aeronaves. Nesta indústria o *outsourcing* de manutenção é uma prática generalizada, embora a percentagem de manutenção contratada a terceiros varie substancialmente de companhia para companhia. A FAA estimava em 2007 que as principais transportadoras aéreas mundiais faziam em média *outsourcing* de 64% das suas despesas de manutenção, numa tendência crescente (McFadden & Worrells, 2012). Também em 2007, nos Estados Unidos da América, 71% da manutenção pesada na aviação foi executada em *outsourcing* (Quinlan *et al.*, 2013). A percentagem de manutenção em *outsourcing* depende da dimensão da frota da empresa, da sua capacidade instalada, e da estratégia de negócio adotada. Para a indústria aeronáutica o *outsourcing* tornou-se um modo de gestão muito importante para reduzir custos de manutenção e obter suporte técnico (Manda & Chaitanya, 2017). Os contratos de manutenção são geralmente o método mais económico para manutenção de equipamentos ou ativos altamente técnicos, complexos ou científicos, pela natureza desses equipamentos e pela necessidade de reduzir ao mínimo o seu tempo de inatividade. Equipamentos complexos e dispendiosos são normalmente mais bem mantidos e assistidos pelo fabricante original, ou por empresas de “serviço autorizado” especializadas (Rahman & Chattopadhyay, 2008). Para aqueles que estudam a indústria das linhas aéreas, e mais especificamente, a manutenção de aeronaves, é um facto bem conhecido que as companhias de linha aérea não estão no negócio da manutenção de aeronaves (McFadden & Worrells, 2012). A questão central, que se equaciona sempre que é preciso decidir sobre a opção de fazer *outsourcing*, é se essa atividade é ou não *core* da empresa? Na literatura consultada parece haver amplo entendimento que a manutenção não faz parte do *core*, embora seja estrategicamente importante. A manutenção é muitas vezes vista como um mal necessário, e não fazendo parte do *core* do negócio é cada vez mais contratada a terceiros, porque as empresas não desejam desenvolver as competências necessárias ou ter a perturbação da manutenção (Cooke, 2003). A manutenção de aeronaves é vista, na atualidade, como *non-core* para o negócio (McFadden & Worrells, 2012).

A adoção de manutenção em regime de *outsourcing* permite uma redução de custos e libertar capital para investir no negócio. Redução de custos pela eliminação dos funcionários afetos à

manutenção, dos custos com a sua formação, vencimentos prestações sociais, absentismo, custos de gestão de pessoal, etc. Elimina a necessidade de investir em ferramentas e equipamentos de precisão, e a necessária constante atualização que a atividade exige. Empresas especializadas podem prestar esses serviços de forma mais eficiente, aumentando inclusivamente a fiabilidade dos equipamentos, que no caso de um navio autónomo se torna crucial, eliminando custos de posse de *stock* e investimento em sobresselentes. Tem também a enorme vantagem de uma maior previsibilidade de custo, já que a manutenção passa a estar subjacente a um custo previamente contratado. Pagando-se uma taxa por hora de voo, a faturação é simples, há pouca gestão administrativa, e os custos são previsíveis (McFadden & Worrells, 2012).

Procurou-se obter detalhes sobre contratos de manutenção da indústria da aviação, vulgarmente referidos como MRO, para se estabelecer uma base de extrapolação para os custos a imputar à manutenção do navio autónomo. Infelizmente a natureza desses contratos é confidencial e não foi possível obter dados específicos.

Afim de conseguir uma estimativa de custos com contratos de manutenção em *outsourcing*, investigaram-se trabalhos académicos existentes sobre o tema. A literatura sobre *outsourcing* de manutenção é algo limitada em dados (Murthy, Karim & Ahmadi, 2015). Essa limitação, foi uma contrariedade ao desenvolvimento teórico do modelo. Para se encontrar um valor que fosse realista para a manutenção do navio autónomo em *outsourcing*, utilizaram-se os seguintes pressupostos:

- O custo anual de manutenção (corretiva e preventiva) como fração do custo total de operação varia consoante os sectores da indústria. Na indústria dos transportes varia entre cerca de 20-30% (Murthy, Atrens & Eccleston, 2002). A partir deste pressuposto, assumiu-se que o custo de manutenção do navio autónomo é de 30% do custo total de operação do navio convencional, respetivamente \$848.925,00.
- Da literatura consultada extraiu-se que o *outsourcing* reduz em média 20% dos custos anuais (Domberger, Jensen & Stonecash, 2002). Como a manutenção em *outsourcing* ainda não é uma prática muito comum no sector dos transportes marítimos, optou-se por uma estimativa de redução de custos mais conservadora. Adotar-se-á 15% como redução possível de custos, e com isto se chega ao valor de \$721.585,25 como custo anual em contratos de manutenção para o navio autónomo.

O Anexo 15 sintetiza os custos de manutenção discutidos nesta secção. Aquilo que imediatamente se realça é que os custos mais do que duplicam do navio convencional para o autónomo com o modelo de *outsourcing*, o que parece estar em oposição à ideia de redução de custos, a que se associa o navio autónomo. Porém, é importante deixar claro que, nos custos de manutenção do navio convencional não estão contemplados quaisquer custos com mão-de-obra, uma vez que estes estão integrados nos custos de tripulação. Apenas foram contabilizados sobresselentes e a eventual contratação de um ou outro serviço ocasional de manutenção externo. Conforme discutido anteriormente, os custos de pessoal foram todos refletidos na secção de custos de tripulação, pelo que não se deverá interpretar o Anexo 15 como uma comparação de custos de manutenção, mas antes como uma forma de organização de dados. Porém, o objetivo final do trabalho está assegurado, na medida em que os custos estão todos refletidos nesta monografia, sem prejuízo para as conclusões na discussão de resultados.

O facto de a manutenção se concentrar exclusivamente nas estadias do navio em porto levantou outra questão que pode onerar a operação do navio. É preciso avaliar se as horas que o navio passa em porto, no decurso normal das operações de carga e descarga, são suficientes para levar a cabo os trabalhos de manutenção e reparação. Caso não sejam, e o navio tenha de prolongar a sua estadia em porto para efeitos de manutenção, o contrato de *charter* prevê penalizações que podem ser acionadas pelo fretador, que vão desde o não pagamento da *day rate* relativa aos dias passados em porto para manutenção, até indemnizações compensatórias pela privação do uso do navio contratado.

O navio tem um programa informático de gestão de manutenção certificado onde se registam todas as atividades de manutenção em detalhe, nomeadamente o executante e o tempo de execução. Através desse programa foi possível organizar os tempos de manutenção por departamento, que se apresentam na tabela do Anexo 16.

A transição do navio convencional para autónomo elimina completamente toda a manutenção nos departamentos *Galley* e *Hospital*, já que estes são suprimidos.

Há depois todo um conjunto de tarefas administrativas e de gestão documental que eram realizadas a bordo em diferentes departamentos, que se considerou que são absorvidas pelo centro de controlo em terra SCC. Por fim há várias outras tarefas de manutenção eliminadas pela ausência dos tripulantes, que se distribuem nos departamentos *Deck*, *Bridge* e *Engine* em equipamentos como sejam por exemplo ventilações, ar condicionado, bombas para águas sanitária, etc. Resumindo, no navio convencional gastaram-se 8106,28 h/ano em atividades de manutenção, das quais são eliminadas 2444,45 h/ano correspondente a 30% do tempo empregue

em manutenção. O Centro de Controlo remoto absorve 324,5 h/ano correspondente a 4%, e finalmente para o navio autónomo transitam no total 5337,33 h/ano distribuídas por vários departamentos. O navio passa em terra 2188 h/ano, o que visto assim parece manifestamente insuficiente. Contudo, muitas tarefas de manutenção são executadas em paralelo ao mesmo tempo por diferentes departamentos, desde que não conflituem entre si. Com a atual alocação de pessoal em cada um dos departamentos, assumindo que as horas despendidas nos trabalhos de manutenção se distribuem de forma igualitária pelos membros alocados, conclui-se que o tempo das estadias em porto é suficiente para executar a manutenção e ainda há bastante folga, não constituindo qualquer obstáculo à operação do navio, à viabilidade da manutenção, e não resultando por isso em nenhum custo suplementar, conforme se pode ver detalhe no Anexo 16.

4.1.4 Custos de Seguro

Cerca de 75% a 96% dos acidentes marítimos são causados, pelo menos parcialmente, por alguma forma de erro humano. Especificamente o erro humano contribui percentualmente com 89% a 96% para as causas de colisões entre navios, 75% das explosões a bordo, 79% de encalhes, 84% a 88% de acidentes com navios tanques e 75% dos abalroamentos (Hanzu-Pazara, Barsan, Arsenie, Chiotoroiu & Raicu, 2008). Em 2015, foi publicado um artigo que fazia uma resenha de vários estudos nesta área, e que pela confluência de autores aponta que o erro humano em acidentes marítimos representa 80% a 90% das causas (Ugurlu, Yildirim & Başar, 2015), muito embora se deva salientar que há estatísticas que apresentam percentagens menores, como é o caso da EMSA que coloca o erro humano como 58% das causas de acidentes (EMSA, 2018). As diferenças nos números são justificáveis com o facto de haver estatísticas que consideram uma única causa simples para o acidente, mas quando analisada detalhadamente a sua causa até há raiz, encontra-se o erro humano nesse maior nível de detalhe (Porathe, Hoem, Rødseth, Fjørtoft & Johnsen, 2018). A taxonomia da classificação do acidente tem em si um papel relevante no resultado da estatística.

Aceitando como reais os números que colocam o erro humano no topo das causas de acidentes marítimos, poder-se-á assumir que os navios autónomos pela ausência de tripulantes, eliminam 80% a 90% dos acidentes, o que fará estes navios particularmente seguros. Subsequentemente, os prémios de seguro relativos a estes navios tenderiam a diminuir. Porém, adotemos uma abordagem mais cautelosa, sobretudo nesta fase preliminar em que é preciso percorrer a curva aprendizagem. Alguns dos desafios que se colocam em termos de segurança são, a quebra de comunicação nestes navios dependentes de satélites para a navegação, e monitorizados por um centro de controlo de terra (SCC), que tem em si a prerrogativa de

assumir o controlo do navio remotamente, se necessário. Também a avaria de possíveis elementos não redundantes que coloquem a operação do navio em causa, ou interação com navios convencionais, já que nesses casos a comunicação se faz através do SCC. Por outro lado, a eliminação total do humano a bordo retira o último garante em caso de emergência (Burmeister, Bruhn, Rødseth & Porathe, 2014). Acrescente-se ainda que é conhecido o que o erro humano significa estatisticamente em matéria de segurança marítima. Pelo contrário, não há dados estatísticos disponíveis sobre o número de acidentes que foram evitados pela intervenção humana, já que estes não são quantificados. Nem da forma, como em caso de acidente, os danos podem ser minimizados pela existência de ação humana (Wróbel, Montewka & Kujala, 2017). Considerou-se que a possibilidade das seguradoras cobrarem um prémio de seguro menor a estes navios, pela potencial redução de acidentes por erro humano, se cancela com o desconhecimento relativo a potenciais novas causas de acidentes em navios autónomos, e ao grau de gravidade dos mesmos. Mantiveram-se por essa razão, os custos de seguro inalterados do navio convencional para o autónomo, que figuram na tabela do Anexo 17, no total de \$78.210.

4.1.5 Custos Gerais

Nesta rubrica contabilística o navio autónomo suprime apenas dois custos. Um referente ao item 4926 relativo ao bem-estar da tripulação nomeadamente subscrições de televisão satélite, vídeos, jornais, entre outros, e o item 4948 referente a resíduos enviados para terra que pela eliminação da tripulação são reduzidos para uma quantidade considerada marginal. Os custos gerais apresentam-se na tabela do Anexo 18, o navio convencional totaliza \$346.481 e o autónomo \$333.911.

4.1.6 Centro de Controlo Remoto SCC

Quando na definição de navio autónomo, se apresentou a classificação IMO em função dos graus de autonomia dos navios, fica clara a ideia de que se pode eliminar totalmente a tripulação. Mas ainda assim continuam a existir humanos envolvidos na monitorização e nas decisões do navio. Até por imposição do quadro normativo internacional, nomeadamente pelas regras das convenções STCW e SOLAS. Este assunto esteve à discussão no comité de segurança marítima da IMO, na sua 99^a sessão de 28 de fevereiro de 2018. O ponto 14 dessa reunião focava precisamente a supervisão externa do navio, e quando deve essa entidade externa assumir o controlo remotamente, nomeadamente os critérios para essa tomada de decisão (ISFMA & ITF, 2018). A supervisão desses navios é realizada em centros de controlo de terra

SCC, devendo esse centro de controlo de terra ser considerado uma extensão do navio (Bureau Veritas, 2013).

Num navio autónomo, ou controlado remotamente, a consciência situacional completa de todos os componentes da ponte, deve ser recriada numa ponte artificial de uma estação em terra. Mais que uma réplica da ponte de um navio real, permite criar um ambiente virtual com uma visão 360º melhorada, abrangendo detalhadamente os pormenores na proximidade do navio (Levander, 2016).

O termo consciência situacional traduzido da expressão inglesa “*Situational Awareness*”, foi definido por Endsley como a perceção dos elementos num meio envolvente de tempo e espaço, a compreensão do seu significado, e a sua projeção e estado num futuro próximo (Endsley, 1988). Por outras palavras, significa estar plenamente consciente de tudo o que está a acontecer em nosso redor e perceber de que forma as nossas ações terão impacto nesse meio envolvente. Vários conceitos de navios inteligentes estão atualmente em desenvolvimento, e um navio autónomo deve ser equipado com sensores para monitorização do navio e das suas funções, bem como do meio envolvente, das condições meteorológicas e suas previsões na área de operação. A DNV GL estima que cerca de 15.000 a 20.000 sensores diferentes serão instalados a bordo dos navios inteligentes, que monitorizam constantemente os sistemas de navegação, os sistemas de segurança, a maquinaria e toda a automação, a carga e a envolvente do navio (Kobyliński, 2018). Numa nota de imprensa publicada no seu site em 2016, a Rolls-Royce revelava a sua conceção de SCC, e num vídeo de 6 minutos é possível ver como uma equipa de 7 a 14 pessoas monitoriza, e controla, uma frota de navios distribuída pelo mundo. Com recurso a ecrãs interativos, tecnologia de reconhecimento de voz, hologramas, drones de vigilância e satélites, que podem monitorizar tudo o que está a acontecer em tempo real no navio e nas suas imediações, e agir sobre o navio (Rolls-Royce, 2016). Liro Lindborg (*General Manager, Remote & Autonomous Operations, Ship Intelligence, Rolls-Royce*) comentava nessa mesma nota de imprensa que a pesquisa em curso procurava entender os fatores humanos envolvidos na monitorização e operação remota de navios, e identificar as formas como as tripulações em terra podem fazer uso das ferramentas para um sentimento mais realístico do que está a suceder no mar (Rolls-Royce, 2016). Dois anos mais tarde, fruto de uma parceria entre a Rolls-Royce e a Intel, surge o sistema “*Intelligence Awareness System*”, que processa e integra dados de várias fontes, LIDAR, radar, Camaras HD e térmicas, satélites, AIS, cartas eletrónicas e previsões meteorológicas para auxiliar a navegação, e a deteção de objetos em redor do navio,

particularmente útil para condições de visibilidade reduzida, disponibiliza-os no SCC, onde os operadores podem assumir o controlo do navio.

Em suma, um navio autónomo deve ser capaz de monitorizar a sua própria condição, o ambiente envolvente, comunicar informações obtidas, e tomar decisões com base nessas informações sem necessidade de supervisão humana. No entanto, o “capitão virtual” pode intervir e tomar decisões críticas ou difíceis (Ahvenjärvi, 2017). O SCC será utilizado parcialmente como um *backup* caso o navio encontre eventos inesperados, parcialmente para reduzir a complexidade exigida dos sistemas de deteção e controlo a bordo, e parcialmente para satisfazer os requisitos legais de que algum humano está no controlo do navio. O conceito de SCC foi analisado extensivamente no projeto MUNIN, e a conclusão foi que seria muito desafiador projetar um sistema geral de navios autónomos sem um SCC tripulado continuamente. Quando o SCC estiver no controlo do navio, assumirá a responsabilidade do capitão do navio e quaisquer outras pessoas com funções definidas a bordo. Será operado pelo, ou em nome do armador, como uma entidade privada, e espera-se que um SCC, em geral, sirva vários navios para fazer o melhor uso de seus recursos (Rødseth & Nordahl, 2017).

Para a definição de custos utilizou-se integralmente o modelo de SCC já desenvolvido pelo projeto MUNIN, que compreende custos anuais com pessoal e infraestruturas identificados no Anexo 19 num total de \$989.957. Compreende 5 salas de situação, 45 estações de trabalho, com um departamento para monitorização dos navios autónomos 24h por dia, 7 dias por semana, e outro departamento para planeamento e apoio ao trabalho por turnos. O SCC tem capacidade para monitorizar 90 navios ao mesmo tempo, trabalha a três turnos por dia e ainda tem de garantir pessoal para folgas, períodos de formação, absentismo e férias. O valor apurado com custos de pessoal é de \$116.000 ano por navio. A acrescentar aos custos de pessoal, estão os custos das infraestruturas e equipamento do SCC, apurados no mesmo modelo no montante de \$873.957 ano por navio (Kretschmann *et al.*, 2015).

Finalmente com a apresentação do custo do SCC encerra-se o apuramento de todos os custos operacionais que se encontram compilados na Tabela II.

Tabela II - Custos Operacionais

Custos Operacionais	Navio Convencional			Navio Autónomo	
	NOK x1000	USD	Percentagem	USD	Percentagem
Custos de tripulação	17 796,00	1 957 560,00	69,18%	0,00	0,00%
Provisões e Consumíveis	800,00	88 000,00	3,11%	38 500,00	1,78%
Manutenção Periódica e Reparações	1 124,00	123 640,00	4,37%	0,00	33,37%
Depreciação Manutenção Periódica	2 124,00	233 640,00	8,26%	0,00	0,00%
Manutenção em Outsourcing	0,00	0,00	0,00%	721 586,25	0,00%
Custos de Seguro	711,00	78 210,00	2,76%	78 210,00	3,62%
Custos Gerais	3 170,00	346 481,00	12,24%	333 911,50	15,44%
Centro de Controlo Remoto	0,00	0,00	0,00%	989 957,00	45,79%
Total	25 725,00	2 829 750,00	100,00%	2 162 164,75	100,00%

Fonte: Elaboração própria

No Anexo 20, apresenta-se o balanço contabilístico completo do ano 2014, onde figura uma coluna relativamente ao navio convencional, e outra relativa ao navio autónomo afetado das alterações aos custos operacionais discutidos anteriormente.

4.2 Custos de Viagem

Custos de viagem, são custos variáveis associados a viagens concretas do navio. Como por exemplo combustível consumido, ou custos associados à estadia em porto. O contrato de afretamento do navio, objeto desta monografia, prevê que esses custos são suportados diretamente pelo *charter*. O porto em que o navio atraca, que serve de base de operação àquele conglomerado de plataformas de petróleo é explorado pela empresa que afretou o navio, e como tal não há imputação de custos de estadia ao navio. O combustível gasto pelo navio, é também fornecido pela empresa fretadora nos mesmos tanques de carga empregues para o abastecimento das plataformas. O contrato em vigor prevê que o afretador suporte esse custo. Contudo, a possibilidade de um navio autónomo, nas mesmas condições de operação, poder reduzir o consumo de combustível merece uma análise.

4.2.1 Resistência do Ar

Calculou-se a diminuição da resistência do ar no navio autónomo, conseguida pela eliminação da superestrutura. A Superestrutura é uma construção feita sobre o convés principal, estendendo-se ou não de um a outro bordo e cuja cobertura é, em geral, ainda um convés (Fonseca, 2006). A superestrutura eliminada, é referente ao modulo de hotel onde estão incorporados os espaços de tripulação como sejam camarotes, cozinha, lavandaria, balneários, messes e ponte de comando. Pelo ganho aerodinâmico da remoção desta estrutura é esperada uma melhoria no consumo de combustível do navio.

O cálculo da resistência do ar é conseguido através da seguinte equação (Kretschmann *et al.*, 2015):

$$R_w = \frac{1}{2} \rho \cdot C_d \cdot V_{app}^2 \cdot A_{CS} \quad [kN]$$

- R_w representa a resistência do ar em kN;
- ρ é a densidade do ar, adotou-se o valor de atmosfera padrão internacional ISA, que considera ao nível do mar e à temperatura de 15°C $\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$;
- C_d é o coeficiente de resistência do ar, e para um navio convencional *offshore* $C_d=0,9$ (Blendermann, 1994). Para o navio autónomo o coeficiente utilizado foi $C_d=0,45$ (Kretschmann, *et al.*, 2015), sendo este valor referente a um navio “*car carrier*” de proa fechada, tendo sido igualmente adotado no projeto MUNIN sob o argumento de ser o coeficiente que melhor simula as características de um navio autónomo;
- V_{app} é a soma da velocidade do navio e da velocidade real do vento. Para simplificar o cálculo consideraram-se condições de mar calmo segundo a escala Beaufort $Bft=0$, que corresponde a uma velocidade do vento de 0,2 m/s (Schneekluth & Bertram, 1998). A velocidade de serviço do navio em condições normais é de 13 nós;
- A_{CS} é a área de secção do navio acima da linha de água. O cálculo das áreas foi realizado a partir dos desenhos do plano de arranjo geral do navio. As áreas foram esquematizadas no Anexo 21. No caso do navio autónomo apenas a área A1, relativa ao casco acima da linha de água é considerada, as restantes são eliminadas pela inexistência da superestrutura. No navio convencional todas as áreas serão consideradas.

No Anexo 22 encontram-se os valores do cálculo da resistência do ar respetivamente 5,78 kN para o navio convencional e 1,7 kN para o navio autónomo. A resistência do ar diminuiu aproximadamente 70,6% pela eliminação da superestrutura. Que corresponde a uma poupança em termos de potência de propulsão, calculada pela seguinte expressão:

$$P_E = R_w \cdot V$$

- P_E - Potência de Propulsão expressa em kW;
- R_w - Resistência do ar em kN calculada no ponto anterior;
- V - Velocidade do navio em m/s.

A eliminação da superestrutura permite a redução de 27,3 kW conforme o Anexo 23, para uma potência instalada de máquina 4800kW, da qual 2100kW são considerados como potência de propulsão. A restante é utilizada para produção de energia elétrica a bordo. O efeito da eliminação da superestrutura corresponde a uma poupança de potência de 1,3% para os 2100kW. Considerando que sempre que o navio se encontra no mar a eliminação da superestrutura afeta positivamente o consumo, isso corresponde a um total de 6579 h/ano, conforme esquematizado no Anexo 24.

O consumo registrado pela Rolls-Royce, fabricante das MPP's do navio, durante as provas de mar após a construção do navio é de 194g/kWh. Este consumo é relativo às MPP's a funcionar na gama de 75% a 100% de carga, respetivamente a faixa de operação de maior eficiência das mesmas. Doravante, este valor de consumo será a referência utilizada sempre que houver menção ao consumo das MPP's.

$$Q_{P_E} = P_E \cdot q \cdot H$$

Onde:

- Q_{P_E} , em $\left[\frac{\text{Ton}}{\text{ano}} \right]$, representa a diminuição de combustível consumido anualmente pela eliminação da superestrutura;
- $P_E = 27,3 \left[\text{kW} \right]$, relativo à potência ganha pela eliminação da superestrutura calculada no ponto anterior;
- $q = 194 \left[\frac{\text{g}}{\text{kWh}} \right]$, consumo MPP;
- $H = 6579 \left[\frac{\text{h}}{\text{ano}} \right]$, horas do navio em operação no mar por ano.

Pela eliminação da superestrutura, estima-se uma redução de combustível aproximada de 35 Ton/ano.

4.2.2 Redução de Peso

A eliminação da superestrutura e da ponte de comando tem efeitos no navio autónomo que vão além da menor resistência ao ar. A redução de peso inerente, vai ter repercussões no consumo de combustível que serão quantificadas nesta secção.

Para estimar a redução de peso do navio adotar-se-á o método Muller-Koster para calcular o peso efetivo da superestrutura existente no navio convencional (Schneekluth & Bertram, 1998).

O método consiste em decompor em camadas a superestrutura, e depois calcular a contribuição de peso de cada camada para o peso total da superestrutura.

O cálculo de peso por camada é dado pela seguinte expressão:

$$G_{DH} = C_{DH} \cdot F_u \cdot h \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

Onde:

- C_{DH} - Fator de peso volumétrico expresso em $[t/m^3]$ tabelado em função da relação de F_o/F_u ;
- F_u - Área de construção implantada em $[m^2]$;
- h - Altura do Piso em $[m]$;
- $K_1 K_2 K_3$ - Fatores de correção adimensionais calculados pelas seguintes expressões:
 - $K_1 = 1 + 0,02(h - 2,6)$;
 - $K_2 = 1 + 0,05(4,5 - f_i)$, sendo f_i o comprimento das paredes internas;
 - $K_3 = 1$, neste caso um valor constante em função do comprimento de proa do navio.

O peso da superestrutura calculado por este método é de 182,95 Ton, os valores em detalhe estão disponíveis na tabela do Anexo 25.

Existe um outro piso abaixo do “*forecastle*” que contempla uma oficina de trabalhos de marinharia, uma sala de café, um paiol de tintas, balneários para marinheiros, um paiol para produtos químicos, ginásio, hospital, lavandaria e dois camarotes suplentes. A área total deste piso é 164 m², mas o mesmo não pode ser calculado diretamente pelo método anterior. Estimou-se um valor sabendo que a média do GDH dos pisos calculados anteriormente é de 57 Ton e que a distribuição de peso no piso do “*forecastle*” é a mesma desses pisos, resultando em 232,5 Ton. Adicionando este peso, aos pisos calculados anteriormente é possível estimar o peso total em aço da superestrutura, respetivamente 415,45 Ton.

Além do peso direto do aço, existem pesos adicionais na estrutura, referidos como sobrecarga, que se referem ao isolamento das paredes, instalações sanitárias, cozinha, condutas, encanamentos, revestimento dos pisos, mobiliário, etc. Para esse cálculo, Schneekluth e Bertram (1998) propõem a utilização de fatores de densidade a aplicar ao volume da estrutura, e dada a dimensão do navio, o fator selecionado foi de 70kg/m³, e o volume considerado foi de

1143,5m³, volume esse que é relativo a 733m³ da superestrutura acima do *forecastle* acrescido do piso que se encontra no nível abaixo. O adicional de peso total calculado pelas sobrecargas é de aproximadamente 80 Ton.

Seguindo a metodologia de MUNIN (Kretschmann *et al.*, 2015) é estimado que a redução de peso seja majorada em 20% do peso da superestrutura, pelo facto de serem removidos pesos adicionais relativos a equipamentos ou estruturas que deixam de existir com a eliminação dos tripulantes. Por exemplo, tanques de água potável, dispositivos de segurança como sejam turcos, baleeiras e jangadas pneumáticas, unidade de tratamento de esgotos e águas residuais, instalações frigoríficas, etc. O valor final de redução de peso da superestrutura após os cálculos descritos é de 594,59 Ton, disponível no Anexo 26.

A sociedade classificadora *American Bureau of Shipping*, publicou um documento relativo à melhoria da eficiência energética dos navios, em que aborda o impacto da redução de peso no consumo de combustível. A análise contempla diferentes tipos de navios, e embora não aborde diretamente um navio *offshore*, adotou-se a relação publicada nesse documento para um navio porta contentores até 1000 TEU por ter dimensões aproximadas ao navio objeto deste estudo. A relação mostra que 1% de redução de peso de aço num navio deste tipo corresponde a 0,32% de redução de combustível (ABS, 2013). Utilizando esta relação, e assumindo que as medidas do casco se mantêm inalteradas, para uma redução de peso de 18,56% conforme calculado na tabela do Anexo 27, espera-se que o consumo de combustível se reduza em 5,76%.

4.2.3 Consumo Elétrico

O consumo de combustível está diretamente relacionado com o consumo elétrico do navio. A eliminação da tripulação retira uma considerável carga elétrica do navio. Para apurar essa redução efetuou-se o balanço elétrico do navio seguindo a norma brasileira 03.092NBR7567Nov/1982. O balanço elétrico é, por regra, um documento onde figuram todos os consumíveis elétricos, a sua carga e o fator de simultaneidade (a probabilidade de estarem ligados em simultâneo com outros consumíveis ao mesmo tempo). O documento é um requisito das sociedades classificadoras, utilizado em projeto para estabelecer a potência elétrica necessária ao navio. Neste caso, utilizou-se esta norma, porque não foi possível encontrar na sociedade classificadora do navio em estudo, um documento público de acesso livre com as normas do balanço elétrico. Contudo, este tipo de cálculos e documentos segue um padrão universal na indústria da construção naval, e não será expectável encontrar diferenças substanciais entre as várias entidades certificadoras que fazem a emissão e regulação destas normas.

O balanço elétrico foi realizado distribuindo os consumíveis elétricos em 12 grupos diferentes, e fazendo o respetivo balanço individual de cada um desses grupos. Foi calculada a potência elétrica necessária para cada grupo nas diferentes condições de operação do navio definidas na Tabela I. O balanço por grupos individuais encontra-se disponível para consulta no Anexo 28.

A produção de energia elétrica é assegurada por dois grupos geradores diesel de 250 kW de potência cada um, e por dois geradores de veio de 1300 kW cada, respetivamente acoplados cada um à sua MPP. Para além destes, há ainda um gerador de emergência cuja potência é desprezada neste balanço, uma vez que a sua utilização é exclusiva a situações de emergência. Na tabela do Anexo 29, constam dados referentes aos geradores, respetivas potências e consumos.

Para efeitos de cálculo do consumo de combustível, considera-se que os grupos geradores diesel trabalham num regime de 85% de carga, correspondendo ao consumo individual de 160,65 g/kWh. Relativamente aos geradores de veio, optou-se por considerar valores precisos de consumo registados durante as provas de mar do navio após a sua construção, 194 g/kWh.

A potência elétrica total em cada uma das condições de operação definidas, é calculada pela soma da potência elétrica de cada um dos grupos elétricos individuais. Conhecidos os consumos de combustível apresentados anteriormente, e o número de horas que o navio passa anualmente em cada uma das condições de operação definidas, calculou-se o consumo de combustível anual para a produção de energia elétrica do navio, em cada uma das condições de operação definidas na Tabela I. O cálculo do combustível consumido para produção de energia elétrica é o seguinte:

Navio a Navegar – Nesta condição a energia elétrica a bordo é produzida exclusivamente por geradores de veio acoplados às MPP's. Os grupos geradores diesel estão parados.

$$C_{enav} = P_{enav} \cdot t \cdot q_{MPP}$$

- C_{enav} - Consumo de combustível para produção de energia elétrica na condição de navio a navegar $\left[\frac{ton}{ano} \right]$;
- P_{enav} - Potência elétrica necessária na condição de navio a navegar $[kW]$;
- t - Tempo na condição de navio a navegar em $\left[\frac{h}{ano} \right]$;
- q_{MPP} - Consumo de combustível das MPP $\left[\frac{g}{kWh} \right]$.

Navio em Manobras – Quando em manobras o navio tem os geradores de veio a produzir 75% da energia elétrica consumida, e os grupos geradores diesel a produzir os restantes 25%. Esta relação percentual foi estabelecida por observação a bordo.

$$C_{eman} = (P_{eman} \cdot t \cdot 0,25q_{Aux}) + (P_{eman} \cdot t \cdot 0,75q_{MPP})$$

- C_{eman} - Consumo de combustível para produção de energia elétrica na condição de navio em manobras $\left[\frac{ton}{ano} \right]$;
- P_{eman} - Potência elétrica necessária na condição de navio em manobras $[kW]$;
- t - Tempo na condição de navio em manobras em $\left[\frac{h}{ano} \right]$;
- q_{Aux} - Consumo de combustível dos grupos geradores diesel $\left[\frac{g}{kWh} \right]$;
- q_{MPP} - Consumo de combustível das MPP's $\left[\frac{g}{kWh} \right]$.

Navio em DP – Nesta condição o navio está em operação à plataforma de petróleo. A produção de energia é realizada pelos geradores de veio acoplados (75%), e pelos geradores diesel (25%) na mesma proporção da condição anterior. A necessidade de o navio ter todos os geradores a alimentar a rede prende-se com dois motivos. Por um lado, todos equipamentos de DP que estão a assegurar que o navio mantém a sua posição constante em relação à plataforma, e isso exige uma grande disponibilidade de potência elétrica. Por outro, é uma questão de redundância na alimentação elétrica, na eventualidade de uma falha de um gerador, os restantes que se encontram ligados ao barramento asseguram a alimentação dos consumíveis para que o navio mantenha a sua posição estável e inalterada em relação à plataforma.

$$C_{eDP} = (P_{eDP} \cdot t \cdot 0,25q_{Aux}) + (P_{eDP} \cdot t \cdot 0,75q_{MPP})$$

- C_{eDP} - Consumo de Combustível na condição DP em $\left[\frac{ton}{ano} \right]$;
- P_{eDP} - Potência elétrica necessária na condição DP $[kW]$;
- t - Tempo na condição de navio em DP $\left[\frac{h}{ano} \right]$;
- q_{Aux} - Consumo de combustível dos grupos geradores diesel $\left[\frac{g}{kWh} \right]$;
- q_{MPP} - Consumo de combustível das MPP's $\left[\frac{g}{kWh} \right]$.

Navio atracado – Nesta condição o navio encontra-se com as MPP's paradas, a produção de energia elétrica é realizada exclusivamente pelos grupos geradores diesel.

$$C_{eatrac} = P_{eatrac} \cdot t \cdot q_{Aux}$$

- C_{eatrac} - Consumo elétrico com o navio na condição de atracado $\left[\frac{ton}{ano} \right]$;
- P_{eatrac} - Potência elétrica em $[kW]$;
- t - Tempo na condição de navio atracado em $\left[\frac{h}{ano} \right]$;
- q_{Aux} - Consumo dos grupos geradores diesel $\left[\frac{g}{kWh} \right]$.

Apresentada a metodologia de cálculo para o consumo de combustível para a produção de energia elétrica, passemos ao cálculo do combustível consumido na propulsão do navio.

O combustível consumido na propulsão do navio, é obtido conhecendo a potência das MPP's, descontando a potência que está dedicada aos geradores de veio acoplados. A potência de cada máquina é de 2400kW, e os geradores de veio são respetivamente de 1318 kW cada. A potência de propulsão disponível é de aproximadamente 1100kW por MPP, que perfaz no conjunto 2200kW. Considerou-se que sempre que o navio se encontra fora da condição de atracado, tem as duas MPP's em funcionamento, e não há perdas no sistema, sendo aproveitada toda a potência das máquinas.

O cálculo do combustível consumido na propulsão do navio convencional para as várias condições de operação, é definido segundo a seguinte expressão:

$$C_{PrConv} = P_{prop} \cdot t_{prop} \cdot q_{MPP}$$

- C_{PrConv} - Combustível consumido na propulsão do navio convencional;
- P_{prop} - Potência das MPP's conforme descrito, $P_{prop} = 2100 [kW]$;
- t_{prop} - Tempo com as MPP's em operação função da condição de operação, disponível no Tabela I [h];
- q_{MPP} - Consumo de combustível das MPP's $\left[\frac{g}{kWh} \right]$;

O cálculo do combustível consumido na propulsão do navio autónomo, é semelhante ao do navio convencional, mas incluíram-se os fatores que afetam a sua potência de propulsão. Concretamente, a redução da resistência do ar, e o decréscimo de peso pela eliminação da

superestrutura, que se vão repercutir na redução do consumo de combustível, pela redução da potência necessária à propulsão, é calculada pela seguinte expressão:

$$P_{Aut} = P_{prop} - \left[\left(P_{prop} \cdot 0,013 \right)_{Res,Ar} + \left(P_{prop} \cdot 0,058 \right)_{Peso} \right]$$

- P_{Aut} - Potência de Propulsão das MPP's para o Navio Autónomo [kW];
- P_{prop} - Potência das MPP's conforme descrito, $P_{prop} = 2100$ [kW].

Apurado o valor de potência do navio autónomo, é possível calcular o seu consumo através da seguinte expressão:

$$C_{Pr,Aut} = P_{Aut} \cdot t_{prop} \cdot q_{MPP}$$

- $C_{Pr,Aut}$ - Combustível consumido na propulsão do navio autónomo;
- P_{Aut} - Potência de Propulsão das MPP's para o Navio Autónomo [kW];
- t_{prop} - Tempo com as MPP's em operação, disponível no Tabela I [h];
- q_{MPP} - Consumo de combustível das MPP's $\left[\frac{g}{kWh} \right]$.

Na tabela do Anexo 30, figuram todos os resultados dos cálculos das expressões apresentadas. É possível obter a estimativa de consumo de combustível do navio afeto ao seu consumo elétrico, acrescido do consumo de propulsão, quer para o navio convencional, quer para o navio autónomo, nos mesmos pressupostos das condições de operação previamente definidas na Tabela I.

A poupança de combustível com o navio autónomo pela menor Resistência do Ar, Redução de Peso, e menor Consumo Elétrico está sintetizada na Figura 3.

A diferença entre consumos do navio convencional e autónomo, é de 459,68 Ton de MGO por ano, conforme Tabela III.



Figura 3 – Redução do Consumo de Combustível Navio Autónomo

Fonte: Elaboração própria

Tabela III - Consumo Anual de Combustível

Consumo de Combustível	Ton/Ano
Convencional	4020,27
Autónomo	3560,58
Poupança	459,68

Fonte: Elaboração própria

O passo seguinte é delinear o preço de combustível MGO que servirá de referência para apurar os custos de combustível. Foram definidos três cenários possíveis relativos ao preço da tonelada de MGO. Recorreu-se ao gráfico disponível no Anexo 31 que faz a média do preço do combustível praticado em 20 portos de referência, no período compreendido entre 31 de outubro de 2014 e 30 de outubro de 2019. A escolha do período recai precisamente no facto de em 2014 o preço do barril de petróleo, que estava em valores historicamente elevados, ter iniciado uma queda acentuada, atingindo o seu mínimo nesse intervalo em 2016.

Considerou-se que a amplitude de preços verificada é suficientemente abrangente para uma análise realista. Os custos anuais com combustível para os três cenários em análise encontram-se organizados na tabela do Anexo 32.

4.3 Custos de Capital

4.3.1 Custos de Construção

O custo de construção do navio foi de 150 milhões de NOK, tendo sido a informação publicada na página da empresa armadora, embora por motivos de confidencialidade não possa constar como referência. A mesma informação está disponível no Norwegian Shipyard Orderbook de 2007, publicação que reúne os navios construídos em estaleiros Noruegueses, onde consta a construção do navio no estaleiro Aker Yards Brevik por esse montante (Norsk Skipsfarts Forum, 2007), correspondente a aproximadamente \$16,5 milhões.

Considerou-se a distribuição de custos por grupo tecnológico, resultante da análise realizada à construção de um navio PSV similar nos estaleiros navais Ulstein (Shetelig, 2013), apresentada na Tabela IV.

Tabela IV – Distribuição de Custos Construção

Custos de Construção do Navio USD			
Grupo Tecnológico	Porcentagem	Navio Convencional	Navio Autónomo
Casco	30	4 950 000,00	4 950 000,00
Maquinaria e Propulsão	25	4 125 000,00	4 125 000,00
Porões e Equipamentos de Carga	20	3 300 000,00	3 300 000,00
Sistemas Comuns do Navio	20	3 300 000,00	3 300 000,00
Hotel e Alojamentos	5	825 000,00	0,00
Total	100	16 500 000,00	15 675 000,00

Fonte: Adaptado de Shetelig (2013)

Eliminar os custos com a construção do módulo de hotel, que é retirado com a superestrutura, permite uma redução estimada de 5%, correspondente a \$825.000. Por outro lado, um navio autónomo necessita de novas tecnologias, e alguns sistemas a bordo necessitarão de ser redundantes para garantir que o navio é pelo menos tão seguro como o navio tripulado (Kretschmann *et al.*, 2017).

No caso do navio PSV em análise, esse nível de redundância elevado já existe como um requisito do sistema DP-2. O equipamento de classe 2 tem redundância de modo a que uma falha num componente não provoque a falha total do sistema. A perda de posição não deverá

ocorrer por uma falha num único componente do sistema como sejam geradores, impulsores, quadros de alimentação, ou válvulas de controlo remoto (Kongsberg, 2019).

Na prática o navio tem todos os sistemas essenciais duplicados, e a funcionar de forma independente entre si, para que a falha num componente de um desses sistemas não ponha em causa o funcionamento do navio como um todo. Durante a operação, o sistema DP mantém a posição do navio estável e inalterada em relação à plataforma, sem necessidade de intervenção humana, e o operador DPO apenas monitoriza o sistema. Todos os componentes de propulsão interagem de forma autónoma para compensar perturbações causadas por efeito de ondulação, correntes ou vento, dentro de limites estabelecidos. Para que possa navegar como um navio autónomo, para além do sistema descrito, haverá a necessidade de mais sensores, *software* e *hardware* adicional para o controlo remoto, uma melhoria no sistema de comunicação satélite do navio, e câmaras de infravermelhos com visão noturna. Porém os custos adicionais que isso possa trazer não se espera que sejam significativos, ainda que não tenham sido minuciosamente quantificados. Levander (2016), afirma que a diferença de custo de construção entre navios tripulados e não tripulados não será significativa.

Considerou-se, no caso em estudo que o eventual acréscimo de custo do navio autónomo se cancela com a redução de custo pela eliminação de outros equipamentos inerentes à tripulação, que deixam de ser incluídos no navio. Assumiu-se, portanto, que os 5% de redução de custos se mantêm face ao acréscimo de custo pela adição da tecnologia mencionada.

4.4 Discussão de Resultados

A partir do balanço contabilístico de 2014, Anexo 20, fez-se a comparação do navio convencional com o navio autónomo, este último com a eliminação de custos operacionais discutidos na secção anterior, acrescido dos custos do SCC e da manutenção em *outsourcing*. Assumindo que as receitas se mantêm constantes para ambos, dependentes da taxa de frete que varia em função dos mercados de *brokerage*. É possível por comparação, verificar na Figura 4 que nas mesmas condições de operação, o EBITDA desse ano aumenta de \$1.166.349 do navio convencional, para \$1.842.716 no autónomo, correspondendo a um ganho de \$676.367, ou seja cerca de 15.35%.

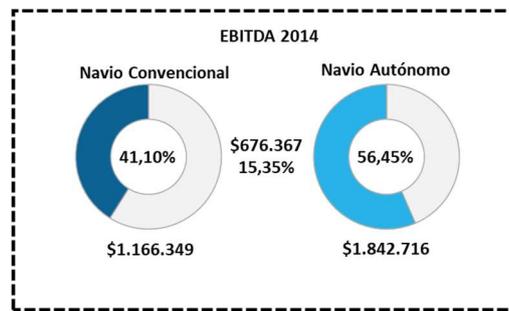


Figura 4 – EBITDA 2014

Fonte: Elaboração própria

Considerando-se que os dados desse ano são repetíveis ao longo dos 15 anos de vida útil do navio, calculou-se o NPV dessa diferença de EBITDA (Figura 5). A taxa de 8% foi adotada para todos os cálculos de NPV realizados neste trabalho, obtida no relatório de contas da empresa, referida como o custo de capital. Concluiu-se que o navio autónomo permite um ganho em EBITDA ao fim desse período de \$5.789.351, conforme Anexo 33.

$$\text{Net Present Value} = \sum \frac{\text{Year } n \text{ Total Cash Flow}}{(1 + \text{Discount Rate})^n}$$

Where “n” is the year whose cash flow is being discounted.

Figura 5 – NPV

Fonte: Gallo (2014)

Esse impacto no EBITDA da empresa, é consequência dos custos operacionais. Calculado o NPV dos custos eliminados pelo navio autónomo, verifica-se uma poupança de \$5.714.182, correspondente a 24%, durante a vida útil considerada, conforme tabela do Anexo 34.

Na análise ao custo de viagem, focou-se o impacto no custo de combustível. Comparando o consumo do navio enquanto convencional e autónomo, com este último afetado pela redução do coeficiente de resistência do ar, diminuição de peso e menor consumo elétrico discutidos anteriormente. A comparação foi realizada, fazendo o cálculo do NPV do custo de MGO consumido pelo navio de acordo para os três cenários de preços estabelecidos na secção “4.2 Custos de Viagem”.

Concluiu-se que a adoção do navio autónomo permite uma poupança de combustível que pode variar entre \$1.472.345,85 e \$3.344.845,55 ao longo da vida útil do navio dependendo do preço do combustível, correspondendo a uma poupança de 11%, conforme Anexo 35. Este custo

não entra no balanço contabilístico, porque contratualmente é suportado pelo *charter* que afretou o navio. Porém este potencial de poupança gera uma vantagem para o Armador que coloca o navio no mercado perante outros competidores.

Também ao nível dos custos de capital se estima uma redução de 5% na construção do navio autónomo, correspondendo a \$825.000. Os custos operacionais, de viagem e capital apresentam-se na Figura 6.



Figura 6 - Análise NPV Redução de Custo Navio Autónomo

Fonte: Elaboração própria

A manutenção era uma variável em análise que poderia inviabilizar a transição do navio para condição de autónomo, pela possível necessidade de prolongar as estadias do navio em porto, para além do estritamente necessário nas operações de carga e descarga do navio. Também nesta dimensão se verifica, que os trabalhos de manutenção não são um obstáculo à operação do navio autónomo, conforme discutido na secção “4.13 Custos de Manutenção”.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Em resposta à pergunta de pesquisa, fica claro que em todas as dimensões analisadas neste estudo (custos operacionais, custos de viagem, e custos de capital), o navio autónomo apresenta sempre uma vantagem de custos face ao navio convencional. Estão neste momento várias empresas a investir e a desenvolver projetos nesta área, e acredita-se que os navios autónomos vão ser uma realidade num futuro próximo. A principal dificuldade encontrada nesta monografia foi a falta de dados por se tratar de um tema em desenvolvimento.

O tema é bastante rico e por se encontrar numa fase embrionária, há muito espaço para o desenvolvimento de futuros trabalhos académicos. Quando analisados os custos de viagem, identificou-se o potencial de poupança em combustível do navio autónomo. A par dessa poupança há também uma redução de emissões de CO₂ que está dependente do combustível consumido que é um tema interessante a desenvolver. Os navios autónomos parecem ter muito potencial no campo da sustentabilidade ambiental, não só pela menor emissão de CO₂, mas também pela eliminação de detritos gerados por tripulações, e pela menor prevalência de erro humano nas operações, contribuindo assim para a diminuição de acidentes com impacto ambiental.

A adoção de navios autónomos terá implicações sociais no sector, ao nível do emprego, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida de muitos trabalhadores, que deixam de estar sujeitos à ausência e às condições de trabalho adversas no mar, e passam a trabalhar a partir de centros em terra. Por outro lado, torna obsoletas algumas funções de trabalhadores indiferenciados, e também não é linear que mesmo os mais qualificados sejam todos absorvidos em novas funções, dependendo muito da escala e da velocidade a que esta transição ocorrer.

A introdução de navios autónomos, terá repercussões também ao nível portuário, que vão ter de se adaptar para receber estes navios. A adaptação deverá ocorrer não só em infraestruturas portuárias para receber estes navios, mas também nos serviços prestados e nos planos de segurança e contingência.

No capítulo da segurança de um modo geral, abre-se uma nova discussão, começando pela interação entre os navios autónomos e os navios convencionais, que terão de operar em simultâneo no mesmo espaço marítimo. Permite a redução de erros humanos, e por conseguinte menor tendência para acidentes. Desincentiva a pirataria, porque deixa de haver lugar a resgates de tripulantes. Porém o controlo remoto dos navios, depende de sistemas informáticos que

podem ficar à mercê de vírus, e de potenciais falhas segurança, nomeadamente a perda de controlo do navio, o que poderá potenciar atos terroristas.

Outra situação nova e desafiadora tem a ver com o apuramento de responsabilidades no caso de um acidente com um navio autónomo. Quem é o responsável, se a figura do comandante deixa de existir? A legislação existente, e as convenções internacionais em vigor vão ter de evoluir para acompanhar a transição a que esperamos assistir no futuro, sendo esta uma importante fonte de resistência aos navios autónomos, pela necessidade de convergência de inúmeras entidades envolvidas, e de todos os interesses que se cruzam de natureza económica, política, diplomática e social.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABS. (2013). *Ship Energy Efficiency Measures - Status and Guidance*. Retrieved January 20, 2020 from https://www.academia.edu/26268978/Ship_Energy_Efficiency_Measures_Status_and_Guidance

Ahvenjärvi, S. (2017). The Human Element and Autonomous Ships. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 10(3), 517–521. <https://doi.org/10.12716/1001.10.03.18>

BIMCO, & ICS. (2015). *Manpower Report, The global supply and demand for seafarers in 2015*. Retrieved from <http://www.ics-shipping.org/docs/default-source/resources/safety-security-and-operations/manpower-report-2015-executive-summary.pdf?sfvrsn=16>

Blendermann, W. (1994). Parameter identification of wind loads on ships. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 51(3), 339–351. [https://doi.org/10.1016/0167-6105\(94\)90067-1](https://doi.org/10.1016/0167-6105(94)90067-1)

Bureau Veritas. (2013). *Guidelines for Autonomous Shipping*, 33(December), 132–134. <https://doi.org/10.1109/ICELIE.2013.6701286>

Burmeister, H.-C., Bruhn, W. C., Rødseth, Ø. J., & Porathe, T. (2014). Can unmanned ships improve navigational safety? *Transport Research Arena*, 1–10. Retrieved from http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/198207/local_198207.pdf

Chak, C., Labovitz, J., & Pacific, A. (2019). *Why recovery is still a distant dream for the OSV sector*. Retrieved February 19, 2020, from Alix Partners website: <https://informaconnect.com/why-recovery-is-still-a-distant-dream-for-the-osv-sector/>

Cooke, F. L. (2003). Maintaining change: The maintenance function and the change process. *New Technology, Work and Employment*, 18(1), 35–49. <https://doi.org/10.1111/1468-005X.00109>

Daleel Oil & Gas Supply Chain Portal. (2019). *Platform Supply Vessel Simulator*. Retrieved August 23, 2019, from <https://www.scmdaleel.com/category/platform-supply-vessel-psv/174>

Danish Ship Finance. (2018). *Shipping Market Review - May 2018*. Retrieved January 20, 2020, from <https://www.shipfinance.dk/media/1817/shipping-market-review-may-2018.pdf>

DBS Group Research. (2017). Offshore support vessels. In *Industry Outlook Offshore Support Vessels*. Singapore.

DNV GL. (2017). *DNV GL rules for classification ships, Part 3 Hull Chapter 1 General principles*. Retrieved January 20, 2020 from <https://rules.dnvgl.com/servicedocuments/dnvgl/#!/home>.

DNV GL. (2015). *DNV GL rules for classification ships, Part 2 Materials and welding Chapter 3 Non-metallic materials*. Retrieved January 20, 2020 from <https://rules.dnvgl.com/servicedocuments/dnvgl/#!/home>.

Domberger, S., Jensen, P. H., & Stonecash, R. E. (2002). Examining the Magnitude and Sources of Cost Savings Associated with Outsourcing. *Public Performance & Management Review*, 26(2), 148-168. <https://doi.org/10.2307/3381275>

ECOTEC Research & Consulting. (2006). *An exhaustive analysis of employment trends in all sectors related to sea or using sea resources Summary report for the European Commission, DG Fisheries and Maritime Affairs*.

EMSA. (2018). *Annual Overview of Marine Casualties and Incidents 2014*. Retrieved January 20, 2020 from <http://www.emsa.europa.eu/emsa-documents/latest/item/2303-annual-overview-of-marine-casualties-and-incident-2014.html>

Endsley, M. R. (1988). Design and Evaluation for Situation Awareness Enhancement. In *Proceedings of the Human Factors Society Annual Meeting, Vol. 32(Issue 2)*, (pp. 97-101).

Evans, J. J. (1989). Replacement, obsolescence and modifications of ships. *Maritime Policy & Management: The Flagship Journal of International Shipping and Port Research*, 16(3), 223–231. <https://doi.org/10.1080/03088838900000061>

Fonseca, M. (2006). *Arte Naval Moderna. Volume I e II*. In S. de D. da Marinha (Ed.), *Arte Naval* (7ª Ed.). Rio de Janeiro: Marinha do Brasil.

Gallo, A. (2014). *A Refresher on Net Present Value*. Retrieved January 13, 2020 from <https://hbr.org/2014/11/a-refresher-on-net-present-value>

Garcia, J. J., Brandt, U. B., & Brett, P. O. (2016). Unintentional consequences of the golden era of the Offshore Oil & Gas industry. In *International Conference on Ships and Offshore Structures, ICSOS 2016*. Hamburg, Germany.

Graziano, A., Cariou, P., Wolff, F., Mejia Jr., M., & Schöder-Hinrichs, J. (2018). Port state control inspections in the European Union: Do inspector's number and background matter? *Marine Policy*, 88, 230-241.

Hanzu-Pazara, R., Barsan, E., Arsenie, P., Chiotoroiu, L., & Raicu, G. (2008). Reducing of maritime accidents caused by human factors using simulators in training process. *Journal of Maritime Research*, 5(1), 3–18.

Huerta, C. (2018). *NOV rig census shows global rig market entering expansion cycle*. Retrieved December 30, 2019, from <https://www.drillingcontractor.org/nov-rig-census-shows-global-rig-market-entering-expansion-cycle-49037>

IMO. (2018). *IMO takes first steps to address autonomous ships*. Retrieved August 16, 2019, from <http://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/08-MS-C-99-MASS-scoping.aspx>

ISFMA, & ITF. (2018). Regulatory scoping exercise for the use of Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) - Comments and proposals for interim guidelines for MASS trials. In IMO (Ed.), *MSC 99/5/1, Vol. 13* (pp. 1–5). Retrieved from <https://docs.imo.org/Search.aspx?keywords=MASS>

Kobyliński, L. (2018). Smart ships – autonomous or remote controlled? *Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie*, 53(125), 28–34. <https://doi.org/10.17402/262>

Kongsberg. (2019). *Platform supply vessel design - UT 755 LN PSV*. Retrieved August 18, 2019, from <https://www.kongsberg.com/maritime/products/ship-design/offshore-vessel-designs/platform-supply-vessel-designs/>.

Kretschmann, L., Burmeister, H. C., & Jahn, C. (2017). Analyzing the economic benefit of unmanned autonomous ships: An exploratory cost-comparison between an autonomous and a conventional bulk carrier. *Research in Transportation Business and Management*, 25, 76–86. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2017.06.002>

Kretschmann, L., Rødseth, Ø., Fuller, B., Noble, H., Horahan, J., & McDowell, H. (2015). *MUNIN - Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks - D9.3: Quantitative assessment*. Retrieved December, 16, 2019 from <http://www.unmanned-ship.org/munin/wp-content/uploads/2015/10/MUNIN-D9-3-Quantitative-assessment-CML-final.pdf>

Knut, A. M. (1994). Business Cycles and the Oil Market. *The Energy Journal*, 15, 15-38.
<https://doi.org/10.5547/issn0195-6574-ej-vol15-nosi-3>

Levander, O. (2016). Ship intelligence – A new era in shipping. In *Proceedings of the RINA - International Conference Smart Ship Technology* (pp. 25-32). London.

Lloyd's Register. (2017). *ShipRight Design and Construction - Additional Design Procedures*. London.

Macrotrends. (2018). *Brent Crude Oil Prices - 10 Year*. Retrieved August 18, 2019, from <https://www.macrotrends.net/2480/brent-crude-oil-prices-10-year-daily-chart>

Macrotrends. (2019). *Brent Crude Oil Prices - 10 Year Daily Chart*. Retrieved November 6, 2019, from <https://www.macrotrends.net/2480/brent-crude-oil-prices-10-year-daily-chart>

Manda, V., & Chaitanya, M. (2017). Aircraft Servicing , Maintenance , Repair & Overhaul- the Changed. *International Journal of Research in Engineering and Applied Sciences*, 7(May), 249–270. Retrieved from <http://euroasiapub.org/journals.php>

MarketLine. (2019). *MarketLine Industry Profile: Marine Freight in Global*. Retrieved January 13, 2020, from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&site=eds-live&db=bsu&AN=136076368>

Markoff, J. (2015, April 06). Planes Without Pilots. *The New York Times*, pp. 3–7. Retrieved from <https://www.nytimes.com/2015/04/07/science/planes-without-pilots.html>

McFadden, M., & Worrells, D. S. (2012). Global Outsourcing of Aircraft Maintenance. *Journal of Aviation Technology and Engineering*, 1(2), 63–73.
<https://doi.org/10.5703/1288284314659>

Murthy, D. N. P., Atrens, A., & Eccleston, J. A. (2002). Strategic maintenance management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 8(4), 287-305.

Murthy, D. N. P., Karim, M. R., & Ahmadi, A. (2015). Data Management in Maintenance Outsourcing. *Reliability Engineering and System Safety*, 142(C), 100-110.

Norsk Skipsfarts Forum. (2007). *Orderbook For Norwegian Shipyards*. Retrieved January 13, 2020, from <http://skipsfarts-forum.net/>

Norwegian Shipowners Association. (2018). *Think Ocean*.

Offshore Support Journal. (2016). Age limit would enhance safety and reduce overcapacity. *Offshore Support Journal*, 103/104. <https://doi.org/ISSN:2051-0594>

Oxford Economics Ltd. (2015). *The economic value of the EU shipping industry - update Feb 2015*. Retrieved from [http://www.ecsa.eu/images/Studies/150220 European Shipping Update.pdf](http://www.ecsa.eu/images/Studies/150220_European_Shipping_Update.pdf)

Porathe, T., Hoem, A., Rødseth, Ø. J., Fjørtoft, K., & Johnsen, S. O. (2018). At least as safe as manned shipping? Autonomous shipping, safety and “human error”. In S. Haugen, A. Barros, C. van Gulijk, T. Kongsvik, & J. E. Vinnem (Eds.), *Proceedings of ESREL 2018 - Safety and Reliability – Safe Societies in a Changing World* (pp. 417-425). Trondheim, Norway.

Quinlan, M., Hampson, I., & Gregson, S. (2013). Outsourcing and offshoring aircraft maintenance in the US: Implications for safety. *Safety Science*, 57, 283–292. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2013.02.011>

Rahman, A., & Chattopadhyay, G. (2008). Cost estimation for maintenance contracts for complex asset/equipment. In *Proceedings of the 2008 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, IEEM 2008*, 1355–1358. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2008.4738091>

Ringlund, G. B., Rosendahl, K. E., & Skjerpen, T. (2008). Does oil rig activity react to oil price changes? An empirical investigation. *Energy Economics*, 30(2), 371–396. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2007.06.002>

Rødseth, Ø. J. (2018). Defining ship autonomy by characteristic factors. In *Proceedings of the International Conference on Maritime Autonomous Surface Ships* (pp. 19-26). Busan, Korea.

Rødseth, Ø. J., & Nordahl, H. (2017). *Definition for autonomous merchant ships*. Norwegian Forum for Autonomous Ships.

Rolls-Royce. (2016). *Rolls-Royce reveals future shore control centre*. Retrieved July 22, 2019, from <https://www.rolls-royce.com/media/press-releases>

Rynd, J., & Fanning, Q. (2018). *Tidewater - UBS Global Oil and Gas Conference 2018*. Retrieved from https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/98222/000156459018014512/tdw-ex991_7.htm

Schneekluth, H., & Bertram, V. (1998). *Ship Design for Efficiency and Economy* (2nd Ed.). Oxford: Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/b978-0-7506-4133-3.x5000-2>

Shetelig, H. (2013). *Shipbuilding Cost Estimation - Parametric Approach*. Unpublished Master dissertation, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim.

Ship & Bunker. (2019). *Global Average Bunker Price*. Retrieved January 13, 2020 from https://shipandbunker.com/prices/av/global/av-glb-global-average-bunker-price#_MGO

Stopford, M. (2009). *Maritime Economics* (3rd edi.). Oxon: Routledge. [https://doi.org/10.1016/S0966-6923\(98\)00021-0](https://doi.org/10.1016/S0966-6923(98)00021-0)

Tvedt, J. (2000). The ship lay-up option and equilibrium freight rates. In M. J. Brennan, & L. Trigeorgis (Eds.), *Project Flexibility, Agency and Competition* (pp. 340-348). Oxford: Oxford University Press.

Ugurly, Ö., Yildirim, U., & Başar, E. (2015). Analysis of grounding accidents caused by human error. *Journal of Marine Science and Technology* 23(5), 748-760.

UNCTAD. (2018). Review of maritime transport 2018. In *United Nations Publications* (Sales No.). Retrieved from un.org/publications

UNCTAD STAT. (2017). UNCTADstat - Table view - World seaborne trade by types of cargo and by group of economies , annual EN FR Reports Actions Table Chart World seaborne trade by types of cargo and by group of economies, annual Other : YEAR ECONOMY MEASURE - Metric tons in m. Retrieved August 2, 2019, from <https://unctadstat.unctad.org/wds/TableViewer/tableView.aspx>

Vessels Value. (2019). *Global offshore*. Retrieved August 25, 2019, from <https://blog.vesselsvalue.com/global-offshore-layups/>

Wiig, A., & Tvedte, M. V. (2017). *Revenue determinants in the Offshore Support Vessel market - A study of North Sea fixtures*. Retrieved January 13, 2020, from <https://pdfs.semanticscholar.org/4450/1fc076351c56bf9433b44aa64d1561366814.pdf>

Wróbel, K., Montewka, J., & Kujala, P. (2017). Towards the assessment of potential impact of unmanned vessels on maritime transportation safety. *Reliability Engineering and System Safety*, 165(March), 155–169. <https://doi.org/10.1016/j.res.2017.03.029>

ANEXOS

Anexo 1 – Classificações por níveis de autonomia Sociedades classificadoras

- Bureau Veritas

Level of autonomy		Definition	Acquisition	Analysis	Decision	Action
0	Human operated	Human makes all decisions and controls all functions	System Human	Human	Human	Human
1	Human directed	System suggests actions Human makes decisions and actions	System	System Human	Human	Human
2	Human delegated	System invokes functions Human can reject decisions during a certain time	System	System	System Human	Human
3	Human supervised	System invokes functions without waiting for human reaction	System	System	System	System Human
4	Fully autonomous	System invokes functions without informing the human, except in case of emergency	System	System	System	System

Fonte: Bureau Veritas (2013)

- Lloyd’s Register

AL 0)	Manual: No autonomous function. All action and decision-making performed manually (n.b. systems may have level of autonomy, with Human in/ on the loop.), i.e. human controls all actions.
AL 1)	On-board Decision Support: All actions taken by human Operator, but decision support tool can present options or otherwise influence the actions chosen. Data is provided by systems on board.
AL 2)	On &Off-board Decision Support: All actions taken by human Operator, but decision support tool can present options or otherwise influence the actions chosen. Data may be provided by systems on or off-board.
AL 3)	‘Active’ Human in the loop: Decisions and actions are performed with human supervision. Data may be provided by systems on or off-board.
AL 4)	Human on the loop, Operator/ Supervisory: Decisions and actions are performed autonomously with human supervision. High impact decisions are implemented in a way to give human Operators the opportunity to intercede and over-ride.
AL 5)	Fully autonomous: Rarely supervised operation where decisions are entirely made and actioned by the system.
AL 6)	Fully autonomous: Unsupervised operation where decisions are entirely made and actioned by the system during the mission.
A higher Autonomous Level (AL) system may use a lower AL system as part of its reversionary control and a complex system may be a combination of multiple systems at different levels	

Fonte: Lloyd’s Register (2017)

- DNV GL – Diferencia categorizações para diferentes graus de automação respetivamente para funções de navegação e de engenharia

Níveis de autonomia para funções de navegação

<i>Autonomy level</i>	<i>Description of autonomy level</i>
M	Manually operated function.
DS	System decision supported function.
DSE	System decision supported function with conditional system execution capabilities (human in the loop, required acknowledgement by human before execution).
SC	Self controlled function (the system will execute the operation, but the human is able to override the action. Sometimes referred to as 'human on the loop').
A	Autonomous function (the system will execute the function, normally without the possibility for a human to intervene on the functional level).

Fonte: DNV GL (2017)

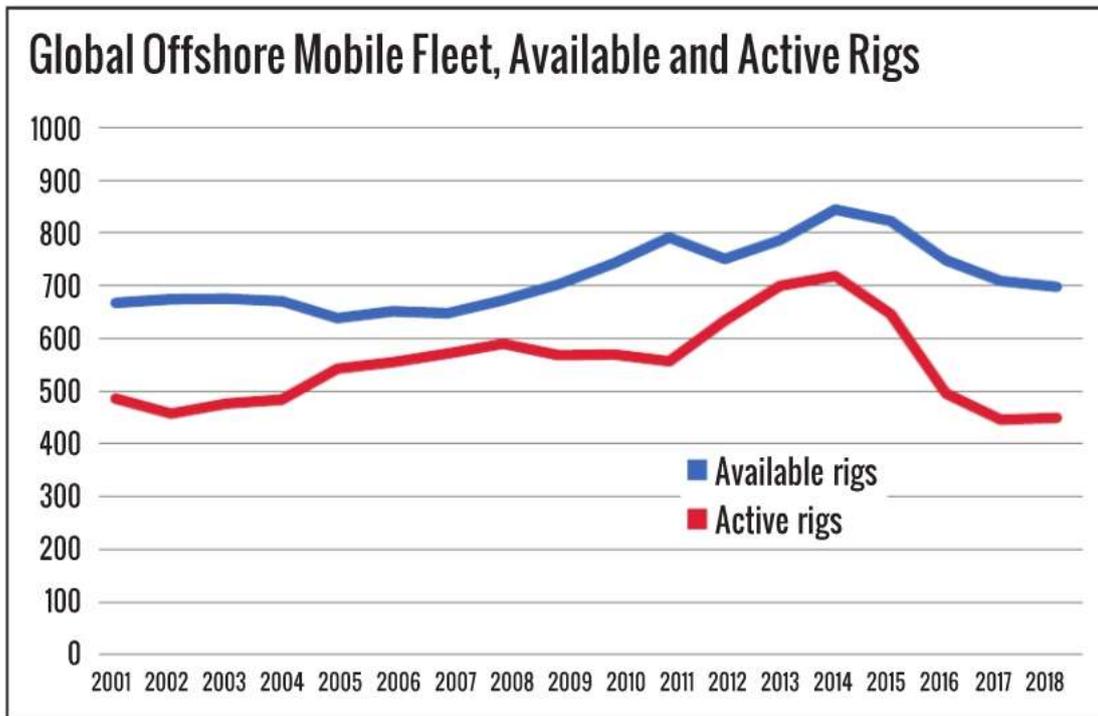
Anexo 2 - Evolução Preço do Barril de Petróleo Brent de 2009 a 2019



Year	Average Closing Price	Year Open	Year High	Year Low	Year Close	Annual % Change
2019	\$65.33	\$54.06	\$74.94	\$53.23	\$57.13	12.97%
2018	\$71.34	\$66.65	\$86.07	\$50.57	\$50.57	-24.22%
2017	\$54.71	\$56.82	\$66.80	\$44.82	\$66.73	17.44%
2016	\$45.13	\$37.22	\$56.82	\$27.88	\$56.82	52.41%
2015	\$53.03	\$55.38	\$66.33	\$36.11	\$37.28	-32.55%
2014	\$98.97	\$107.94	\$115.19	\$55.27	\$55.27	-49.73%
2013	\$108.56	\$112.98	\$118.90	\$96.84	\$109.95	-0.77%
2012	\$111.57	\$111.12	\$128.14	\$88.69	\$110.80	2.51%
2011	\$111.26	\$95.82	\$126.64	\$93.52	\$108.09	15.94%
2010	\$79.61	\$79.05	\$93.63	\$67.18	\$93.23	19.66%
2009	\$61.74	\$42.94	\$78.68	\$39.41	\$77.91	117.50%

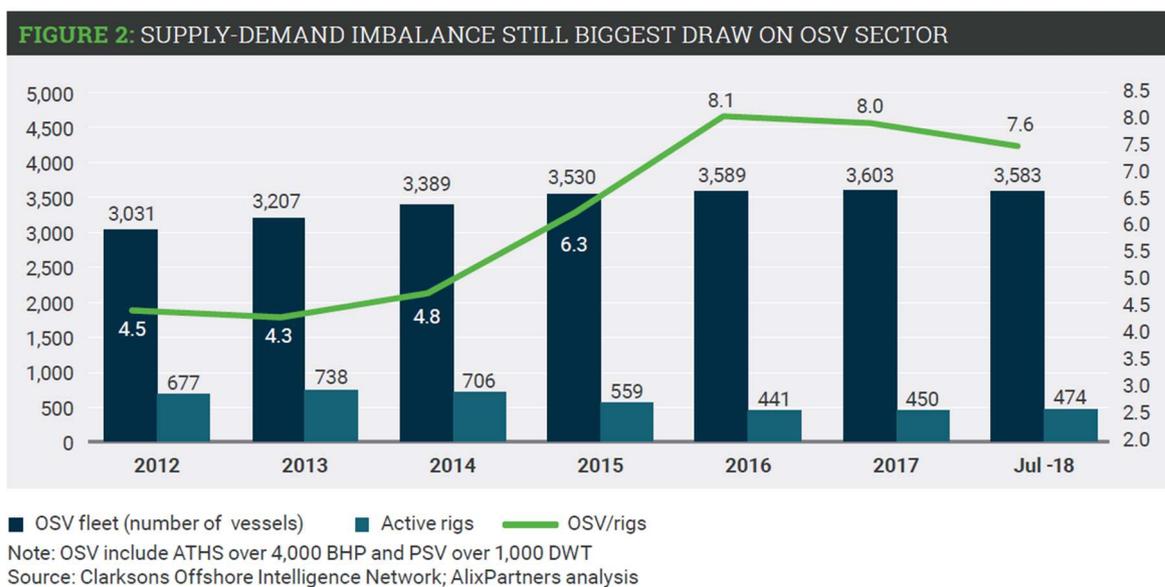
Fonte: Macrotrends (2019)

Anexo 3 - Plataformas Ativas



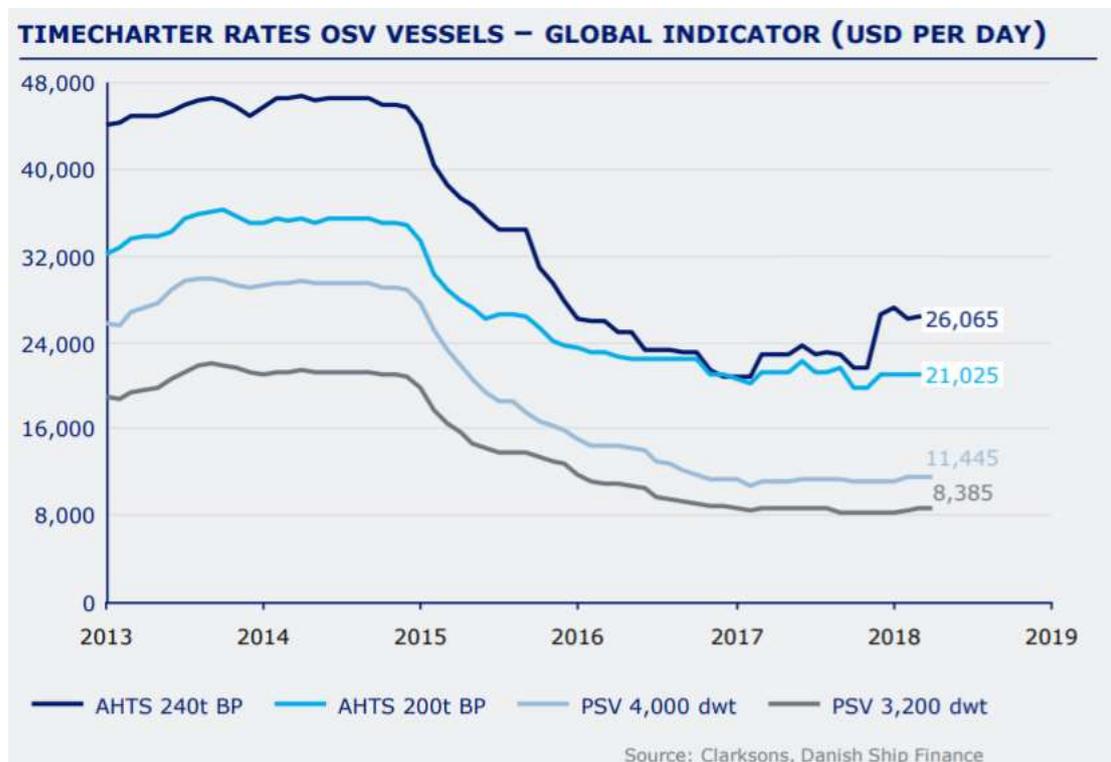
Fonte: Huerta (2018)

Anexo 4 - Rácio do número de navios OSV por plataformas ativas



Fonte: Chak, Labovitz & Pacific (2019)

Anexo 5 - Taxas Diárias de Frete (DayRate) dos Navios OSV no período de 2013 a 2019



Fonte: Danish Ship Finance (2018)

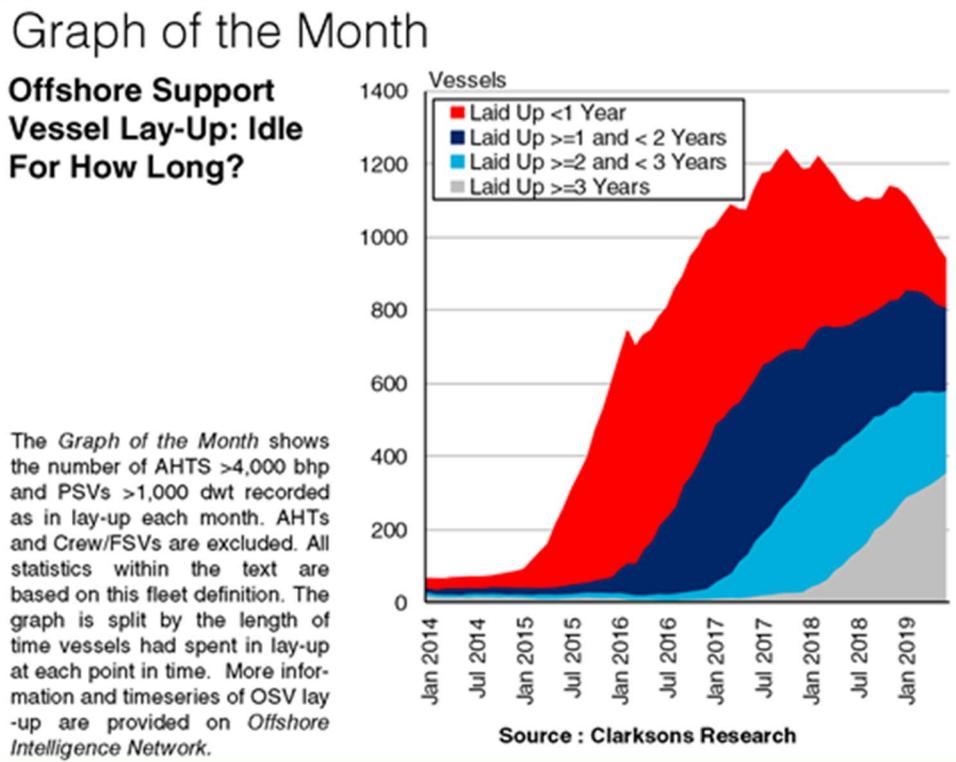
Anexo 6 – Número de Navios OSV em *Layup* Distribuição por Região

REGION	OSV	OCV	MODU	OSV	OCV	MODU	OSV	OCV	MODU
	ACTIVE			LAID UP			TOTAL		
Gulf of Mexico	638	156	49	390	76	13	1,028	232	62
Northwest Europe	656	284	60	109	16	23	765	300	83
Middle East Gulf	943	255	67	200	45	26	1,143	300	93
South East Asia	927	215	51	365	51	16	1,292	266	67
West Africa	517	93	25	206	28	4	723	121	29



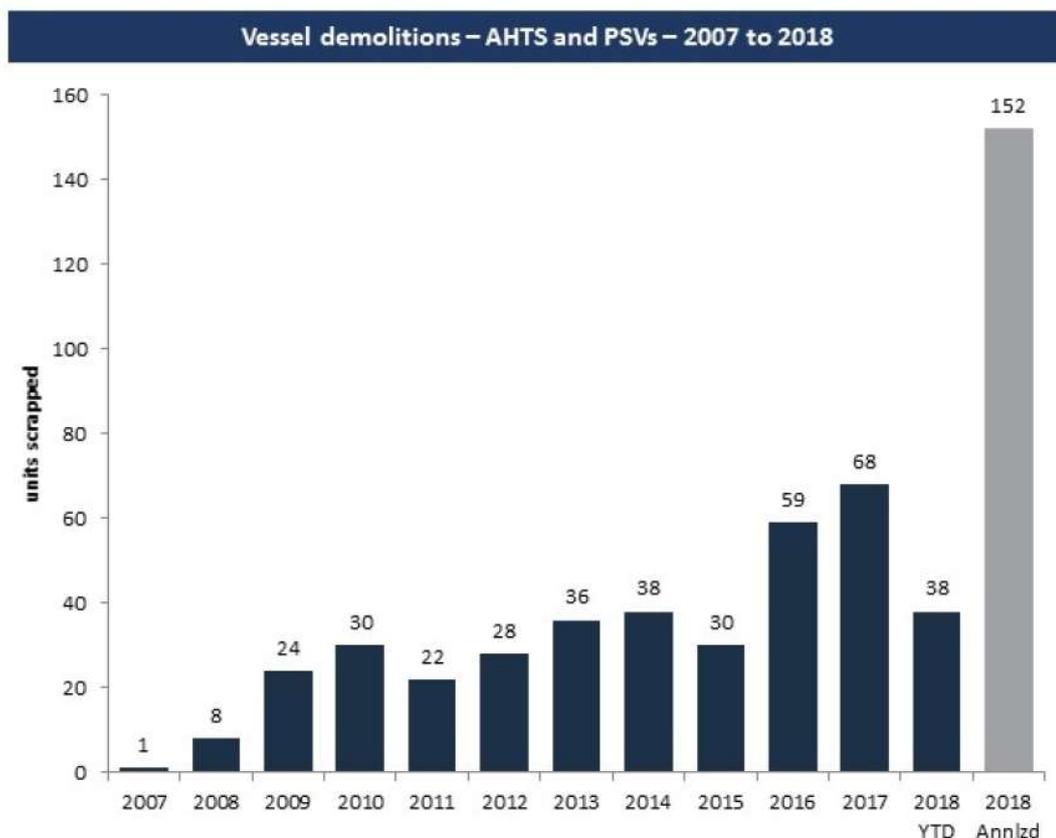
Fonte: Vessels Value (2019)

Anexo 7 – Número de Navios OSV em Lay-Up



Fonte: Vessels Value (2019)

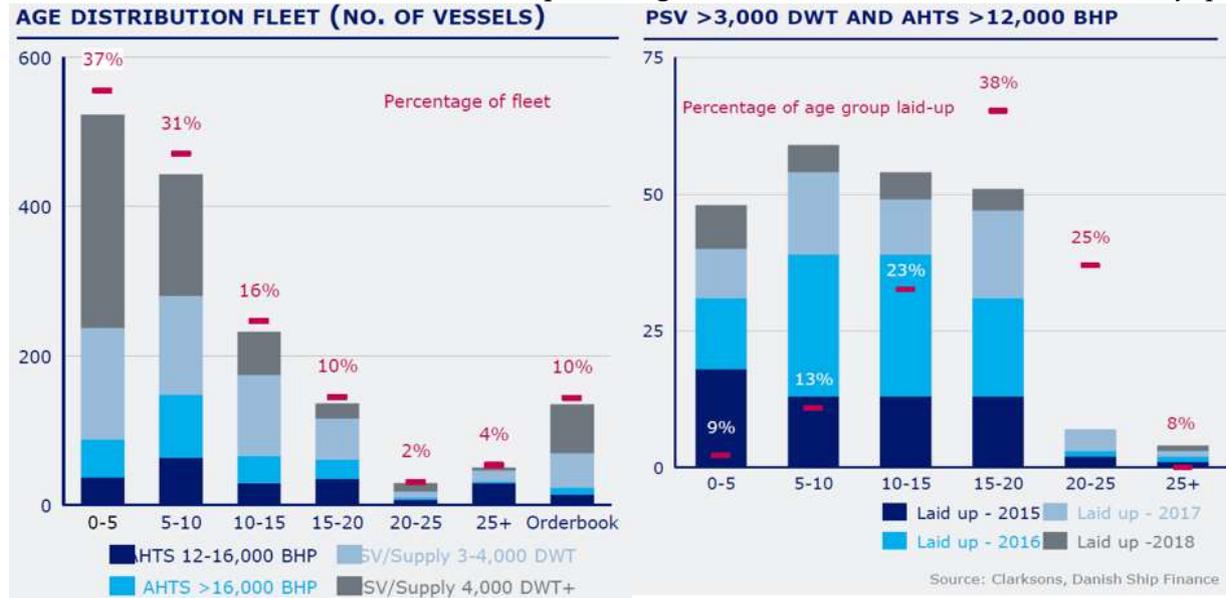
Anexo 8 – Abate de navios AHTS e PSV no período de 2007 a 2018



Source: Clarksons Research Services Ltd.

Fonte: Rynd & Fanning (2018)

Anexo 9 – Idade dos navios OSV por categorias, Idade dos navios OSV em *Layup*



Fonte: Danish Ship Finance (2018)

Anexo 10 – Tabela de Especificações Técnicas do Navio

GENERAL	
Ship Type:	UT 755 LN
Class:	DNV + 1A1, EO, SF, DK(+), HL(2.5), TMON, CLEAN, LFL*, DYN POS AUTR
Ship Yard:	Aker Brevik yd. no. 57
Vessel delivered:	November 2007

PRINCIPAL DIMENSIONS	
LOA:	76.60 m
Lpp. :	68.30 m
B mld.:	16.00 m
D main dk.:	7.00 m
Summer draft:	5.86 m
Deadweight:	3204 t
Gross tonnage:	2304 (GRT)

TANK CAPACITIES	
Water Ballast:	1173 m3
Fresh Water:	762 m3
Fuel Oil:	1212 m3
Mud:	963 m3 (Dens. 2.5)
Methanol:	139 m3
Base Oil:	193 m3
Cement:	315 m3 (Dens. 2.4)
Note: All tanks can not be filled simultaneously	

CARGO DECK	
Cargo deck area:	700 m2
Deck load:	5 t/m2
Specified deck cargo:	1600 t - VCG = 1.0 m ab. M.dk.

CARGO PUMPS	
1 x Fuel Oil pump	Capacity: 200m3/h – 9bar
1 x Fresh water pump	Capacity: 200m3/h – 9 bar
1 x Ballast / Drillwater pump	Capacity: 200m3/h – 9 bar
2 x Liquid mud pumps	Capacity 75 m3/h – 18 bar each
1 x Brine pump	Capacity 75m3/h – 18 bar
1 x Base oil pump	Capacity 150m3/h – 9 bar
2 x Methanol pumps	Capacity 80m3/h – 9 bar each

MAIN ENGINES
2 x RRM Bergen C25:33 L8P / 2400 kW each

MAIN GEAR
2 x RRM Ulstein Gearbox 600 AGSC-KP500ND/ 2025Kw each

MAIN PROPELLERS
2 x RRM Kamewa Ulstein w/prop.dia. 2900mm each

GENERATORS	
2 x Stamford shaft generators	PM 734 E2 – 1440kW – 440V/60Hz each
2 x Scania DI 1262M / Stamford HCM 434 F	250kW – 440V/60Hz each
1 x John Deere 4045TFM-50/Stamford UCM 224F	48kW – 440V/60Hz

THRUSTERS	
Bow Thrusters:	
2 x RRM Kamewa Ulstein TT1850 DPN – 760kW each	
Stern Thrusters:	
2 x RRM Kamewa Ulstein TT1650 DPN – 590kW each	

DECK CRANES
1 x ABAS Crane KDE40 / 3 t – 16 m

TUGGER WINCHES
2 x RRM Brattvaag LAKMX 22010 – 10 t

DYNAMIC POSITION SYSTEM	
Type:	Marine Technologies DPII
Class Definition:	DYNPOS AUTR.
ERN (99.99.99)	

SAFETY EQUIPMENT
Life-saving appliances are provided for 18 persons, and are installed in accordance to the Safety Equipment Certificate.

ACCOMMODATION FACILITIES
The accommodation facilities provide for a total number of 16 persons.

Fonte: Empresa Armadora

Anexo 11 - Custos de tripulação

Custos de Tripulação		Convencional		Autónomo
		NOK x 1000	USD	USD
4960	Provisions	555,00	61 050,00	0,00
5000	Substitute Salary (Salary Employ)	900,00	99 000,00	0,00
5004	Sickpay Crew	752,00	82 720,00	0,00
5005	Salary Crew	14 432,00	1 587 520,00	0,00
5010	Overtime	50,00	5 500,00	0,00
5017	Salary Courses/Training	124,00	13 640,00	0,00
5050	Salary Settlement 53hifft day	100,00	11 000,00	0,00
5185	Stiftelsen Norsk Maritim Komp.	288,00	31 680,00	0,00
5310	Collective Supplement Pension	492,00	54 120,00	0,00
5320	Group Life insurance	18,00	1 980,00	0,00
5350	Insurance loss of Licence crewmembers	304,00	33 440,00	0,00
5400	Employers Tax	2 352,00	258 720,00	0,00
5501	Cost Allowance, Excl. Tax	514,00	56 540,00	0,00
5780	Travel Expenses crew	1 690,00	185 900,00	0,00
5785	Travel Expenses course/ training Crew	54,00	5 940,00	0,00
5810	Sickpay Refunds	-376,00	-41 360,00	0,00
5820	Salary Governente Compensation	-5 148,00	-566 280,00	0,00
5910	Medical Treatment /hospital/ sickpay	31,00	3 410,00	0,00
5920	Course / Training Crew	188,00	20 680,00	0,00
5940	Seamens Pension Fund	476,00	52 360,00	0,00
Salary Wages and Personnel Costs		17 796,00	1 957 560,00	0,00

Fonte: Elaboração própria

Anexo 12 – Provisões e Consumíveis

Provisões e Consumíveis		Convencional		Autónomo
		NOK x 1000	USD	USD
4441	Tools, welding equipment, non	20,00	2 200,00	0,00
4503	Fallarrestor and equipment	20,00	2 200,00	0,00
4910	Deck consumables	120,00	13 200,00	0,00
4912	Engine consumables	120,00	13 200,00	0,00
4914	Working gear & personal protection	60,00	6 600,00	0,00
4916	Electro consumables	40,00	4 400,00	0,00
4918	Chemicals & gas	35,00	3 850,00	3 850,00
4920	Office consumables	15,00	1 650,00	0,00
4924	Subscriptions – nautical charts	65,00	7 150,00	7 150,00
4962	Cabinstores & consumables	40,00	4 400,00	0,00
4936	Lube & hydraulic oil	250,00	27 500,00	27 500,00
4940	Fresh water supply	15,00	1 650,00	0,00
Total		800,00	88 000,00	38 500,00

Fonte: Elaboração própria

Anexo 13 – Manutenção Periódica e Reparações

Manutenção Periódica e Reparações		Convencional	
		NOK x 1000	USD
4202	General hull & superstructure,inc SFI	30,00	3 300,00
4270	Paint,superstructure,tanks	45,00	4 950,00
4340	Service crane	30,00	3 300,00
4351	Loading / discharging pumps &	45,00	4 950,00
4376	Inert gas system	10,00	1 100,00
4403	Steering gear & rudder	6,00	660,00
4404	Side trusters	10,00	1 100,00
4408	DP system incl subscriptions	220,00	24 200,00
4410	Integrated navigation system	45,00	4 950,00
4421	Communication equipment	30,00	3 300,00
4425	Integr.telep.Central,Satcom	10,00	1 100,00
4430	Mooring equipment	20,00	2 200,00
4438	Anchor handling and loose lifting	5,00	550,00
4445	Incinerators and garbage system	2,00	220,00
4501	Lifeboats, mobboats, davits, safety	75,00	8 250,00
4504	Hospital incl equipment-non consumables	30,00	3 300,00
4505	Firefighting equip incl outfit	20,00	2 200,00
4510	Accomodation, incl SFI 520/530	10,00	1 100,00
4540	Furniture & inventory excl consumables	25,00	2 750,00
4550	Galley equipment non consumable	20,00	2 200,00
4558	Laundry equipment	35,00	3 850,00
4561	Gangway, helideck, personel lift	6,00	660,00
4570	Ventilation / AC	15,00	1 650,00
4580	Sanitary discharge system	15,00	1 650,00
4600	Propulsion engines	130,00	14 300,00
4630	CP propeller plant, gears & main	30,00	3 300,00
4640	Boilers	5,00	550,00
4650	Auxilliary engines incl	40,00	4 400,00
4700	FO systems	35,00	3 850,00
4710	Lube oil systems	15,00	1 650,00
4720	Cooling system	15,00	1 650,00
4730	Starting air- & working air system	15,00	1 650,00
4790	Automation systems, machinery	25,00	2 750,00
4800	Ballast system incl bilge water sep	10,00	1 100,00
4810	Fire alarm plant incl connected	10,00	1 100,00
4830	Common hydraulic power packs	5,00	550,00
4855	Computer system incl servers, network,	20,00	2 200,00
4870	El-switchboard, starters & dist. Panels	10,00	1 100,00
Total		1 124,00	123 640,00

Fonte: Elaboração própria

Anexo 14– Depreciação de Manutenção Periódica

Depreciação de Manutenção Periódica		Convencional	
		NOK x 1000	USD
6070	Depr. Periodic maintenance	2 124,00	233 640,00

Fonte: Elaboração própria

Anexo 15– Despesas Gerais de Manutenção

Despesas Gerais de Manutenção	Convencional USD	Autónomo USD
Manutenção Periódica e Reparações	123 640,00	721 585,25
Depreciações Manutenção	233 640,00	
Total	357 280,00	721 585,25

Fonte: Elaboração própria

Anexo 16- Horas de Manutenção por Departamento

Manutenção Horas/Ano	Departamento						
	Bridge	Deck	Electric	Engine	Galley	Hospital	Safety
Navio Convencional	44,00	2715,68	1003,00	4115,50	180,00	35,00	13,10
Manutenção transferida para SCC	4,00	279,70	1,00	34,00	0,00	0,00	5,80
Eliminadas no Navio Autónomo	6,00	1417,85	333,00	465,30	180,00	35,00	7,30
Navio Autónomo	34,00	1018,13	669,00	3616,20	0,00	0,00	0,00
Pessoas alocadas à Manutenção	1	2	1	3	1	1	1
Navio autónomo após alocação	34	509,065	669	1205,4	0	0	0

Fonte: Elaboração própria

Anexo 17-Custos de Seguro

Custos de Seguro		Convencional		Autónomo
		NOK x 1000	USD	USD
7500	Insurance Hull & Machinery	399,00	43 890,00	43 890,00
7510	Insurance L of H ship	189,00	20 790,00	20 790,00
7520	Insurance P&I ship	111,00	12 210,00	12 210,00
7530	War risk insurance	12,00	1 320,00	1 320,00
Total		711,00	78 210,00	78 210,00

Fonte: Elaboração própria

Anexo 18 – Custos Gerais

Custos de Gerais		Convencional		Autónomo
		NOK x 1000	USD	USD
4101	Travel Expenses, tech.manag	30,00	3 279,00	3 279,00
4110	Class, authorities-DnV, S-dir	240,00	26 232,00	26 232,00
4121	External audits & survey costs ex	100,00	10 930,00	10 930,00
4926	Subscriptions – (Sat-TV, newspaper, welfare)	60,00	6 558,00	0,00
4930	Port Transit Fee	10,00	1 093,00	1 093,00
4932	Forwarding expenses	170,00	18 581,00	18 581,00
4938	Waste oil /garbage delivered ashore	55,00	6 011,50	0,00
4942	Agency fee	65,00	7 104,50	7 104,50
4970	Communication, VHF/Mobile/Tlp	410,00	44 813,00	44 813,00
4100	Techn. Management Administration fee	1 850,00	202 205,00	202 205,00
6891	Shared costs, deductible Other operating expenses	180,00	19 674,00	19 674,00
Total		3 170,00	346 481,00	333 911,50

Fonte: Elaboração própria

Anexo 19 – Custos Centro de Controlo de Terra SCC

SCC- Centro Controlo Terra	Custos (USD/Ano)
Custos de Pessoal	116 000,00
Infraestruturas e Equipamentos	873 957,00
Total	989 957,00

Fonte: Adaptado de Kretschmann *et al.*, (2015)

Anexo 20 - Balanço Contabilístico do navio ano de 2014

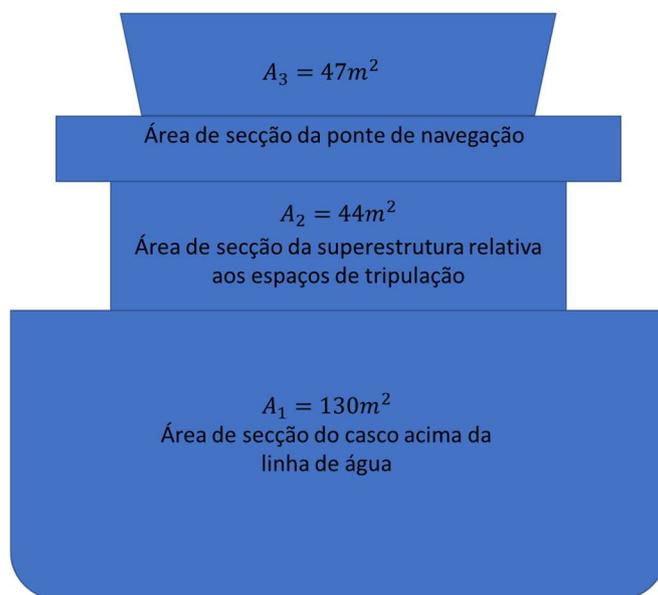
ACC. NO	DESCRIPTION – 2014	Convencional		Autónomo
		NOK x 1000	USD	USD
3100	Charter Hire	41112	4522320	4522320
8075		0	0	0
3121	Comission to broker	-1028	-113080	-113080
4102	External Technical Consultants & Other Revenue	-20	-2200	-2200
	Subcontractors		0	0
	Net Operating Revenue	40064	4407040	4407040
4960	Provisions	555	61050	0
5000	Substitute Salary (Salary Employ)	900	99000	0
5004	Sickpay Crew	752	82720	0
5005	Salary Crew	14432	1587520	0
5010	Overtime	50	5500	0
5017	Salary Courses/Training	124	13640	0
5050	Salary Settlement 58hft day	100	11000	0
5185	Stiftelsen Norsk Maritim Komp.	288	31680	0
5310	Collective Supplement Pension	492	54120	0
5320	Group Life insurance	18	1980	0
5350	Insurance loss of Licence crewmembers	304	33440	0
5400	Employers Tax	2 352	258720	0
5501	Cost Allowance, Excl. Tax	514	56540	0
5780	Travel Expenses crew	1 690	185900	0
5785	Travel Expenses course/ training Crew	54	5940	0
5810	Sickpay Refunds	-376	-41360	0
5820	Salary Governente Compensation	-5 148	-566280	0
5910	Medical Treatment /hospital/ sickpay	31	3410	0
5920	Course / Training Crew	188	20680	0
5940	Seamens Pension Fund	476	52360	0
	Salary Wages and Personnel Costs	17796	1957560	0
	Shore Control Center	0	0	989957
4101	Travel Expenses, tech.manag	30	3279	3279
4110	Class, authorities-DnV, S-dir	240	26232	26232
4121	External audits & survey costs ex	100	10930	10930
4202	General hull & superstructure,inc SFI	30	3300	0
4270	Paint,superstructure,tanks	45	4950	0
4340	Service crane	30	3300	0
4351	Loading / discharging pumps &	45	4950	0
4376	Inert gas system	10	1100	0
4403	Steering gear & rudder	6	660	0
4404	Side trusters	10	1100	0
4408	DP system incl subscriptions	220	24200	0
4410	Integrated navigation system	45,00	4950	0
4421	Communication equipment	30,00	3300	0
4425	Integr.telep.Central,Satcom	10,00	1100	0

4430	Mooring equipment	20,00	2200	0
4438	Anchor handling and loose lifting	5,00	550	0
4441	Tools, welding equipment, non	20,00	2200	0
4445	Incinerators and garbage system	2,00	220	0
4501	Lifeboats, mobboats, davits, safety	75	8250	0
4503	Fallarrestor and equipment	20	2200	0
4504	Hospital incl equipment-non	30	3300	0
4505	Firefighting equip incl outfit	20	2200	0
4510	Accomodation, incl SFI 520/530	10	1100	0
4540	Furniture & inventory excl consumables	25	2750	0
4550	Galley equipment non consumable	20	2200	0
4558	Laundry equipment	35	3850	0
4561	Gangway, helideck, personel lift	6	660	0
4570	Ventilation / AC	15	1650	0
4580	Sanitary discharge system	15	1650	0
4600	Propulsion engines	130	14300	0
4630	CP propeller plant, gears & main	30	3300	0
4640	Boilers	5	550	0
4650	Auxilliary engines incl	40	4400	0
4700	FO systems	35	3850	0
4710	Lube oil systems	15	1650	0
4720	Cooling system	15	1650	0
4730	Starting air- & working air system	15	1650	0
4790	Automation systems, machinery	25	2750	0
4800	Ballast system incl bilge water sep	10	1100	0
4810	Fire alarm plant incl connected	10	1100	0
4830	Common hydraulic power packs	5	550	0
4855	Computer system incl servers, network,	20	2200	0
4870	EI-switchboard, starters & dist. Panels	10	1100	0
4910	Deck consumables	120	13200	0
4912	Engine consumables	120	13200	0
4914	Working gear & personal protection	60	6600	0
4916	Electro consumables	40	4400	0
4918	Chemicals & gas	35	3850	0
4920	Office consumables	15	1650	0
4924	Subscriptions – nautical charts	65	7150	0
4926	Subscriptions – (Sat-TV, newspaper, welfare)	60	6558	0
4930	Port Transit Fee	10	1093	1093
4932	Forwarding expenses	170	18581	18581
4938	Waste oil /garbage delivered ashore	55	6011,5	0
4940	Fresh water supply	15	1650	0
4942	Agency fee	65	7104,5	7104,5
4962	Cabinstores & consumables	40	4400	0
4970	Communication, VHF/Mobile/Tlp	410	44813	44813
	Technical Opex Maintenance	2 814	308 742	1 589 935

4936	Lube & hydraulic oil	250	27500	27500
	Lube Oil	250	27500	27500
4100	Techn. Management Administration fee	1850	202205	202205
	Techn. Management Administration Fee	1850	202205	202205
7500	Insurance Hull & Machinery	399	43890	43890
7510	Insurance L of H ship	189	20790	20790
7520	Insurance P&I ship	111	12210	12210
7530	War risk insurance	12	1320	1320
	Insurance	711	78210	78210
6891	Shared costs allocated, deductible Other operating expenses	180	19674	19674
	Other Operating Expenses	180	19674	19674
	Operating expenses	23 601	2 593 891	1 917 524
	EBITDA	16 463	1 813 149	2 489 516
6030	Depreciation ships	3756	413160	413160
6070	Depr. Periodic maintenance	2124	233640	233640
	Operating profit (EBIT)=EBITDA-(Depreciations)	10 583	1 166 349	1 842 716
8150	Interest cost long term loans	1857	204270	204270
8154	Other Cost Interest	0	0	0
	Financial expenses	1857	204270	204270
	Net financial items	-1857	-204270	-204270
	Net profit= (EBIT+Net Financial Items)	8725	959750	1 638 446
	EBITDA margin=(EBITDA/Net operating Revenues)	41,10%	41,14%	56,49%

Fonte: Empresa Armadora

Anexo 21- Área de Secção do Navio



Fonte: Elaboração Própria

Anexo 22 – Cálculo da Resistência do Ar R_w

Cálculo da Resistência do Ar R_w	Unidades	Navio Convencional	Navio Autónomo
Velocidade	Nós	13,000	13,000
	m/s	6,688	6,688
Corrente Marítima	m/s	0,200	0,200
Densidade ar	kg/m ³	1,225	1,225
Cd Navio <i>Offshore</i>	Adimensional	0,900	0,450
Acs Calculado	m ²	221,000	130,000
R_w	kN	5,780	1,700

Fonte: Elaboração própria

Anexo 23 – Potência de Propulsão PE

PE	kW
Convencional	38,65
Autónomo	11,37
Poupança	27,28

Fonte: Elaboração própria

Anexo 24 – Condições de Operação Afetadas pela Superestrutura

Condição	Horas/Ano
Navegar	3642,50
Manobras	675,00
DP	2261,50
Total	6579,00

Fonte: Elaboração própria

Anexo 25 Cálculo Método Muller-Koster

Metodo Muller-Koster	CDH (t/m3)	K1	K2	K3	Lp Interior (m)	Lp Exterior (m)	fi (m)	GDH (Ton)	Volume (m3)
Forecastle Deck (mess)	0,100	0,998	1,225	1,000	89,000	44,000	2,023	59,485	201,500
A-Deck AB's	0,098	0,998	1,225	1,000	99,750	44,000	2,267	58,295	201,500
B-Deck Officers	0,091	0,998	1,225	1,000	99,250	44,000	2,256	54,131	201,500
Bridge Wheelhouse	0,070	0,998	1,225	1,000	1,000	1,000	1,000	11,040	129,000
							Total	182,950	733,500

Fonte: Elaboração própria

Anexo 26 – Cálculo de Peso da Superestrutura

Peso	Toneladas
Superestrutura	182,95
Piso abaixo do Forecastle	232,50
Sobrecargas	80,05
Total	495,50
Adicional 20%	594,59

Fonte: Elaboração própria

Anexo 27-Redução de Peso Calculada

Redução de Peso Total	594,54
Tonelagem do Navio	3204
Percentagem	18,56%

Fonte: Elaboração própria

Anexo 28 -Balanço Elétrico Por Grupos individuais

Grupo 1 Casa das Máquinas Funcionamento Contínuo					No Mar										Em Porto								
Nr SFI	Descrição do Consumível	Numero de unidades	Potência P [kW]	Factor cosφ	Potência Absorvida	unidades em serviço	Navegar Convencional	unidades em serviço	Navegar Autonomo	unidades em serviço	Manobras Convencional	unidades em serviço	Manobras Autonomo	unidades em serviço	DP Convencional	unidades em serviço	DP Autonomo	unidades em serviço	Atracado Convencional	unidades em serviço	Atracado Autonomo		
721	S.W. Cooling Pump M.E. 1, 2 (Frequency)	2,00	12,30	0,87	11,05	2,00	22,10	2,00	22,10	2,00	22,10	2,00	22,10	2,00	22,10	2,00	22,10	2,00	48,21	2,00	48,21	2,00	22,10
722	F.W.L.T. Cooling Pump 1,2 Main Eng.	2,00	26,20	0,92	24,10	2,00	48,21	2,00	48,21	2,00	48,21	2,00	48,21	2,00	48,21	2,00	48,21	2,00	48,21	2,00	48,21	2,00	48,21
712	Lub. Oil Separator Supply Pump	1,00	0,25	0,86	0,22	1,00	0,22	1,00	0,22	1,00	0,22	1,00	0,22	1,00	0,22	1,00	0,22	1,00	0,22	1,00	0,22	1,00	0,22
734	Instrument Working Air Compressor	1,00	4,00	0,85	3,40	1,00	3,40	1,00	3,40	1,00	3,40	1,00	3,40	1,00	3,40	1,00	3,40	1,00	3,40	1,00	3,40	1,00	3,40
730	Air Dryer Refrigerated	1,00	0,70	1,00	0,70	1,00	0,70	1,00	0,70	1,00	0,70	1,00	0,70	1,00	0,70	1,00	0,70	1,00	0,70	1,00	0,70	1,00	0,70
702	F.O. Separator	1,00	2,50	0,81	2,03	1,00	1,53	1,00	1,53	1,00	1,53	1,00	1,53	1,00	1,53	1,00	1,53	1,00	1,53	1,00	1,53	1,00	1,53
712	Lub. Oil Separator	1,00	2,50	0,81	2,03	1,00	2,35	1,00	2,35	1,00	2,35	1,00	2,35	1,00	2,35	1,00	2,35	1,00	2,35	1,00	2,35	1,00	2,35
712	Lub. Oil Separator Supply Pump	1,00	0,25	0,86	0,22	1,00	0,22	1,00	0,22	1,00	0,22	1,00	0,22	1,00	0,22	1,00	0,22	1,00	0,22	1,00	0,22	1,00	0,22
712	Lub. Oil Separator Preheater 1	1,00	24,00	1,00	24,00	1,00	24,00	1,00	24,00	1,00	24,00	1,00	24,00	1,00	24,00	1,00	24,00	1,00	24,00	1,00	24,00	1,00	24,00
403	Sieving Gear Pump 1,2 (Rev. 1/2) 30d	4,00	4,90	0,83	4,07	4,00	8,13	4,00	8,13	4,00	16,27	4,00	16,27	4,00	16,27	4,00	16,27	4,00	16,27	4,00	16,27	4,00	16,27
404	Bow Thruster No 1, 2	2,00	735,00	0,86	632,10	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	1264,20	2,00	1264,20	2,00	1264,20	2,00	1264,20	2,00	1264,20	2,00	1264,20	2,00	1264,20
404	Serve Pump Thrusters	4,00	4,60	0,84	3,86	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	15,46	4,00	15,46	4,00	15,46	4,00	15,46	4,00	15,46	4,00	15,46	4,00	15,46
404	Stem Thruster No 1, 2	2,00	590,00	0,85	503,50	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	1093,00	2,00	1093,00	2,00	1093,00	2,00	1093,00	2,00	1093,00	2,00	1093,00	2,00	1093,00
722	F.W. Preheating Circ. Pump M.E. 1, 2	2,00	15,50	0,85	13,18	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	24,47	2,00	24,47	2,00	24,47	2,00	24,47	2,00	24,47	2,00	24,47	2,00	24,47
651	F.W. Preheating Aux. 1,2, Emerg. Eng.	0,50	0,50	0,85	0,43	0,00	1,38	0,00	1,38	0,00	0,43	1,00	0,43	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,43	1,00	0,43	1,00	0,43
581	F.W. Hydrophore Pump Nr. 1, 2	2,00	3,60	0,86	3,10	1,00	3,10	0,00	0,00	1,00	3,10	0,00	0,00	1,00	3,10	0,00	0,00	1,00	3,10	0,00	0,00	1,00	3,10
574	Supply Eng. Room Fan 1, 2	2,00	17,60	0,85	14,96	2,00	29,52	2,00	29,52	2,00	29,52	2,00	29,52	2,00	29,52	2,00	29,52	2,00	29,52	2,00	29,52	2,00	29,52
574	Supply Eng. Room Fan 1 (reversible)	1,00	4,50	0,91	4,10	1,00	4,10	1,00	4,10	1,00	4,10	1,00	4,10	1,00	4,10	1,00	4,10	1,00	4,10	1,00	4,10	1,00	4,10
582	Sewage Treatment Plant	1,00	8,30	1,00	8,30	1,00	8,30	0,00	0,00	1,00	8,30	0,00	0,00	1,00	8,30	0,00	0,00	1,00	8,30	0,00	0,00	1,00	8,30
578	Domestic Hot Water Circ. Pump	1,00	0,18	0,85	0,15	1,00	0,15	0,00	0,00	1,00	0,15	0,00	0,00	1,00	0,15	0,00	0,00	1,00	0,15	0,00	0,00	1,00	0,15
Potência Total					1457,78		157,48		145,94		2447,42		2435,88		2447,00		26,00		1,00		140,84		129,29
Factor de Simultaneidade					1,00		1,00		1,00		1,00		1,00		1,00		1,00		1,00		1,00		1,00
Potência total a considerar					1457,78		157,48		145,94		2447,42		2435,88		2447,00		26,00		1,00		140,84		129,29

Grupo 2 Casa das Máquinas Funcionamento Intermitente					No Mar										Em Porto								
Nr SFI	Descrição do Consumível	Numero de unidades	Potência P [kW]	Factor cosφ	Potência Absorvida	unidades em serviço	Navegar Convencional	unidades em serviço	Navegar Autonomo	unidades em serviço	Manobras Convencional	unidades em serviço	Manobras Autonomo	unidades em serviço	DP Convencional	unidades em serviço	DP Autonomo	unidades em serviço	Atracado Convencional	unidades em serviço	Atracado Autonomo		
731,00	Starling Air Compressor 1, 2	2,00	18,00	0,85	15,30	1,00	15,30	1,00	15,30	1,00	15,30	1,00	15,30	1,00	15,30	1,00	15,30	1,00	15,30	1,00	15,30	1,00	15,30
582,00	Sewage Discharge Pump	1,00	3,60	0,86	3,12	1,00	3,12	0,00	0,00	1,00	3,12	0,00	0,00	1,00	3,12	0,00	0,00	1,00	3,12	0,00	0,00	1,00	3,12
643,00	Hotwater Boiler (1x10 kW)	1,00	10,25	1,00	10,25	1,00	10,25	0,00	0,00	1,00	10,25	0,00	0,00	1,00	10,25	0,00	0,00	1,00	10,25	0,00	0,00	1,00	10,25
643,00	Hotwater Boiler (1x10 kW)	1,00	0,60	1,00	0,60	1,00	0,60	0,00	0,00	1,00	0,60	0,00	0,00	1,00	0,60	0,00	0,00	1,00	0,60	0,00	0,00	1,00	0,60
701,00	F.O. Transfer Pump 1, 2	2,00	3,60	0,89	3,20	1,00	3,20	1,00	3,20	1,00	3,20	1,00	3,20	1,00	3,20	1,00	3,20	1,00	3,20	1,00	3,20	1,00	3,20
711,00	F.O. Transfer Pump Thruster/Main Gear	1,00	1,73	0,87	1,51	1,00	1,51	1,00	1,51	1,00	1,51	1,00	1,51	1,00	1,51	1,00	1,51	1,00	1,51	1,00	1,51	1,00	1,51
711,00	Sludge Pump	1,00	1,73	0,87	1,51	1,00	1,51	1,00	1,51	1,00	1,51	1,00	1,51	1,00	1,51	1,00	1,51	1,00	1,51	1,00	1,51	1,00	1,51
713,00	St. by Servo / Lub. Oil Main Prop. PS 38	2,00	14,30	0,85	14,71	1,00	14,71	1,00	14,71	1,00	14,71	1,00	14,71	1,00	14,71	1,00	14,71	1,00	14,71	1,00	14,71	1,00	14,71
713,00	LD Pumping Pump Main Eng. 1, 2	2,00	4,50	0,86	3,87	1,00	3,87	1,00	3,87	1,00	3,87	1,00	3,87	1,00	3,87	1,00	3,87	1,00	3,87	1,00	3,87	1,00	3,87
803,00	Blige Water Separator	1,00	3,20	0,86	2,75	1,00	2,75	1,00	2,75	1,00	2,75	1,00	2,75	1,00	2,75	1,00	2,75	1,00	2,75	1,00	2,75	1,00	2,75
Potência Total					66,61		58,86		44,85		55,70		42,09		52,94		42,09		52,94		42,09		42,09
Factor de Simultaneidade					0,50		0,50		0,50		0,50		0,50		0,50		0,50		0,50		0,50		0,50
Potência total a considerar					33,31		29,43		22,42		27,85		21,05		26,47		21,05		26,47		21,05		21,05

Grupo 3 Casa das Máquinas Funcionamento Intermitente pouca frequente					No Mar										Em Porto								
Nr SFI	Descrição do Consumível	Numero de unidades	Potência P [kW]	Factor cosφ	Potência Absorvida	unidades em serviço	Navegar Convencional	unidades em serviço	Navegar Autonomo	unidades em serviço	Manobras Convencional	unidades em serviço	Manobras Autonomo	unidades em serviço	DP Convencional	unidades em serviço	DP Autonomo	unidades em serviço	Atracado Convencional	unidades em serviço	Atracado Autonomo		
811,00	Fire/Blige Pump	1,00	17,30	0,91	15,74	1,00	15,74	1,00	15,74	1,00	15,74	1,00	15,74	1,00	15,74	1,00	15,74	1,00	15,74	1,00	15,74	1,00	15,74
811,00	Blige Fire Pump	1,00	17,30	0,91	15,74	1,00	15,74	1,00	15,74	1,00	15,74	1,00	15,74	1,00	15,74	1,00	15,74	1,00	15,74	1,00	15,74	1,00	15,74
811,00	Emergency Fire Pump	1,00	17,30	0,91	15,74	1,00	15,74	1,00	15,74	1,00	15,74	1,00	15,74	1,00	15,74	1,00	15,74	1,00	15,74	1,00	15,74	1,00	15,74
353,00	F.W. Pumper Pump High Pressure P.H.I System	1,00	12,00	0,91	11,56	1,00	11,56	1,00	11,56	1,00	11,56	1,00	11,56	1,00	11,56	1,00	11,56	1,00	11,56	1,00	11,56	1,00	11,56
721,00	Backup S.W. Cool. P. M.E.	1,00	14,60	0,83	12,12	1,00	12,12	1,00	12,12	1,00	12,12	1,00	12,12	1,00	12,12	1,00	12,12	1,00	12,12	1,00	12,12	1,00	12,12
722,00	Backup F.W.L.T. Cooling Pump	1,00	25,30	0,90	22,77	1,00	22,77	1,00	22,77	1,00	22,77	1,00	22,77	1,00	22,77	1,00	22,77	1,00	22,77	1,00	22,77	1,00	22,77
383,00	Water Pump	1,00	4,60	0,85	3,92	1,00	3,92	1,00	3,92	1,00	3,92	1,00	3,92	1,00	3,92	1,00	3,92	1,00	3,92	1,00	3,92	1,00	3,92
513,00	Watertight Sliding Doors (3x0,8)	3,00	0,80	0,85	0,68	3,00	2,04	3,00	2,04	3,00	2,04	3,00	2,04	3,00	2,04	3,00	2,04	3,00	2,04	3,00	2,04	3,00	2,04
505,00	Smoke Diving Compressor	1,00	2,20	0,90	1,98	1,00	1,98	0,00	0,00	1,00	1,98	0,00	0,00	1,00	1,98	0,00	0,00	1,00	1,98	0,00	0,00	1,00	1,98
Potência Total					111,50		99,73		101,09		99,11		101,09</										

Grupo 8 Lavandaria Funcionamento Intermitente				No Mar												Em Porto							
Nr SFI	Descrição do Consumível	Numero de unidades	Potência P [KW]	Factor cosφ	Potência Absorvida	unidades em serviço	Navegar Convencional	unidades em serviço	Navegar Autonomo	unidades em serviço	Manobras Convencional	unidades em serviço	Manobras Autonomo	unidades em serviço	DP Convencional	unidades em serviço	DP Autonomo	unidades em serviço	Atracado Convencional	unidades em serviço	Atracado Autonomo		
558.00	Washing Machine N1.3 Laundry	2,00	2,30	1,00	2,30	2,00	4,60	0,00	0,00	2,00	4,60	0,00	0,00	2,00	4,60	0,00	0,00	2,00	4,60	0,00	0,00	0,00	
558.00	Tumble Dryer N1.2	2,00	2,80	1,00	2,80	2,00	5,60	0,00	0,00	2,00	5,60	0,00	0,00	2,00	5,60	0,00	0,00	2,00	5,60	0,00	0,00	0,00	
Potência Total				5,10	5,10	10,20	0,00	0,00	10,20	0,00	10,20	0,00	0,00	10,20	0,00	0,00	0,00	0,00	10,20	0,00	0,00	0,00	
Factor de Simultaneidade				1,00	0,50	0,50	0,00	0,00	0,50	0,00	0,50	0,00	0,00	0,50	0,00	0,50	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Potência total a considerar				5,10	5,10	5,10	0,00	0,00	5,10	0,00	5,10	0,00	0,00	5,10	0,00	4,31	0,00	0,00	4,31	0,00	2,59	0,00	0,00

Grupo 9 Oficinas Funcionamento Intermitente				No Mar												Em Porto							
Nr SFI	Descrição do Consumível	Numero de unidades	Potência P [KW]	Factor cosφ	Potência Absorvida	unidades em serviço	Navegar Convencional	unidades em serviço	Navegar Autonomo	unidades em serviço	Manobras Convencional	unidades em serviço	Manobras Autonomo	unidades em serviço	DP Convencional	unidades em serviço	DP Autonomo	unidades em serviço	Atracado Convencional	unidades em serviço	Atracado Autonomo		
441.00	Lathe	1,00	2,00	0,78	1,56	1,00	1,56	0,00	0,00	1,00	1,56	0,00	0,00	1,00	1,56	0,00	0,00	1,00	1,56	0,00	0,00	0,00	
441.00	Drilling Machine	1,00	1,10	0,70	0,77	1,00	0,77	0,00	0,00	1,00	0,77	0,00	0,00	1,00	0,77	0,00	0,00	1,00	0,77	0,00	0,00	0,00	
441.00	Grinding Machine	1,00	0,85	0,70	0,60	1,00	0,60	0,00	0,00	1,00	0,60	0,00	0,00	1,00	0,60	0,00	0,00	1,00	0,60	0,00	0,00	0,00	
441.00	H.P. Washer Workshop Maindeck	1,00	6,70	0,85	5,70	1,00	5,70	0,00	0,00	1,00	5,70	0,00	0,00	1,00	5,70	0,00	0,00	1,00	5,70	0,00	0,00	0,00	
Potência Total				10,65	8,62	8,62	0,00	0,00	8,62	0,00	8,62	0,00	0,00	8,62	0,00	0,00	0,00	0,00	8,62	0,00	0,00	0,00	0,00
Factor de Simultaneidade				0,50	0,50	0,50	0,00	0,00	0,50	0,00	0,50	0,00	0,00	0,50	0,00	0,50	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Potência total a considerar				5,33	4,31	4,31	0,00	0,00	4,31	0,00	4,31	0,00	0,00	4,31	0,00	4,31	0,00	0,00	4,31	0,00	2,59	0,00	0,00

Grupo 10 Ar Condicionado e Ventilações Funcionamento Intermitente				No Mar												Em Porto						
Nr SFI	Descrição do Consumível	Numero de unidades	Potência P [KW]	Factor cosφ	Potência Absorvida	unidades em serviço	Navegar Convencional	unidades em serviço	Navegar Autonomo	unidades em serviço	Manobras Convencional	unidades em serviço	Manobras Autonomo	unidades em serviço	DP Convencional	unidades em serviço	DP Autonomo	unidades em serviço	Atracado Convencional	unidades em serviço	Atracado Autonomo	
890.00	Heating Fan Store Forecastle Deck	1,00	4,80	0,80	3,84	1,00	4,80	0,00	0,00	1,00	4,80	0,00	0,00	1,00	4,80	0,00	0,00	1,00	4,80	0,00	0,00	0,00
890.00	Heating Fan Bow Thruster Room	1,00	6,00	0,80	4,80	1,00	4,80	0,00	0,00	1,00	4,80	0,00	0,00	1,00	4,80	0,00	0,00	1,00	4,80	0,00	0,00	0,00
890.00	Heating Fanbow Lower Cement Room	2,00	6,00	0,80	4,80	2,00	9,60	0,00	0,00	2,00	9,60	0,00	0,00	2,00	9,60	0,00	0,00	2,00	9,60	0,00	0,00	0,00
890.00	Heating Fan Store Lower Cement Room MR	1,00	6,00	0,80	4,80	1,00	4,80	0,00	0,00	1,00	4,80	0,00	0,00	1,00	4,80	0,00	0,00	1,00	4,80	0,00	0,00	0,00
890.00	Heating Fan Steering Gear Room	1,00	6,00	0,80	4,80	1,00	4,80	0,00	0,00	1,00	4,80	0,00	0,00	1,00	4,80	0,00	0,00	1,00	4,80	0,00	0,00	0,00
890.00	Heating Fan Stern Thruster Room	1,00	6,00	0,80	4,80	1,00	4,80	0,00	0,00	1,00	4,80	0,00	0,00	1,00	4,80	0,00	0,00	1,00	4,80	0,00	0,00	0,00
570.00	Hot water Circ. Pump AC - Unit	1,00	2,60	0,90	2,34	1,00	2,34	0,00	0,00	1,00	2,34	0,00	0,00	1,00	2,34	0,00	0,00	1,00	2,34	0,00	0,00	0,00
571.00	Exhaust fan sanitary spaces	1,00	1,30	0,91	1,18	1,00	1,18	0,00	0,00	1,00	1,18	0,00	0,00	1,00	1,18	0,00	0,00	1,00	1,18	0,00	0,00	0,00
570.00	Exhaust Fan Wheelhouse	1,00	0,10	0,90	0,09	1,00	0,09	0,00	0,00	1,00	0,09	0,00	0,00	1,00	0,09	0,00	0,00	1,00	0,09	0,00	0,00	0,00
571.00	Exhaust Fan Mess- Dayroom	1,00	0,63	0,90	0,57	1,00	0,57	0,00	0,00	1,00	0,57	0,00	0,00	1,00	0,57	0,00	0,00	1,00	0,57	0,00	0,00	0,00
571.00	Exhaust fan Spare area Main Deck	1,00	0,23	0,90	0,21	1,00	0,21	0,00	0,00	1,00	0,21	0,00	0,00	1,00	0,21	0,00	0,00	1,00	0,21	0,00	0,00	0,00
571.00	Exhaust Fan Laundry	1,00	0,23	0,90	0,21	1,00	0,21	0,00	0,00	1,00	0,21	0,00	0,00	1,00	0,21	0,00	0,00	1,00	0,21	0,00	0,00	0,00
571.00	Exhaust fan wash changing Room	1,00	0,23	0,90	0,21	1,00	0,21	0,00	0,00	1,00	0,21	0,00	0,00	1,00	0,21	0,00	0,00	1,00	0,21	0,00	0,00	0,00
576.00	Esh. Fan Sternthruster Room (Ex)	1,00	4,60	0,91	4,19	1,00	4,19	0,00	0,00	1,00	4,19	0,00	0,00	1,00	4,19	0,00	0,00	1,00	4,19	0,00	0,00	0,00
579.00	Esh. Fan Eng. Room Workshop	1,00	0,23	0,90	0,21	1,00	0,21	0,00	0,00	1,00	0,21	0,00	0,00	1,00	0,21	0,00	0,00	1,00	0,21	0,00	0,00	0,00
579.00	Esh. Fan CO2 Room	1,00	0,23	0,90	0,21	1,00	0,21	0,00	0,00	1,00	0,21	0,00	0,00	1,00	0,21	0,00	0,00	1,00	0,21	0,00	0,00	0,00
579.00	Esh. Fan Paint Store	1,00	0,23	0,90	0,21	1,00	0,21	0,00	0,00	1,00	0,21	0,00	0,00	1,00	0,21	0,00	0,00	1,00	0,21	0,00	0,00	0,00
579.00	Esh. Fan Deck Stores STB	1,00	0,23	0,90	0,21	1,00	0,21	0,00	0,00	1,00	0,21	0,00	0,00	1,00	0,21	0,00	0,00	1,00	0,21	0,00	0,00	0,00
579.00	Esh. Fan Deck Stores (Ex)	1,00	0,23	0,90	0,21	1,00	0,21	0,00	0,00	1,00	0,21	0,00	0,00	1,00	0,21	0,00	0,00	1,00	0,21	0,00	0,00	0,00
573.00	Supply Fan Galley	1,00	0,64	0,90	0,54	1,00	0,54	0,00	0,00	1,00	0,54	0,00	0,00	1,00	0,54	0,00	0,00	1,00	0,54	0,00	0,00	0,00
573.00	Exhaust fan Galley	1,00	0,83	0,91	0,76	1,00	0,76	0,00	0,00	1,00	0,76	0,00	0,00	1,00	0,76	0,00	0,00	1,00	0,76	0,00	0,00	0,00
573.00	Supply Fan up Cement Tank room	1,00	0,63	0,90	0,57	1,00	0,57	0,00	0,00	1,00	0,57	0,00	0,00	1,00	0,57	0,00	0,00	1,00	0,57	0,00	0,00	0,00
575.00	Supply Fan Cement Tank Room	1,00	10,50	0,88	9,24	1,00	9,24	0,00	0,00	1,00	9,24	0,00	0,00	1,00	9,24	0,00	0,00	1,00	9,24	0,00	0,00	0,00
576.00	Supply Fan Steering Gear Room	1,00	0,63	0,90	0,57	1,00	0,57	0,00	0,00	1,00	0,57	0,00	0,00	1,00	0,57	0,00	0,00	1,00	0,57	0,00	0,00	0,00
579.00	Supply Emergency Gen. Room	1,00	0,95	0,91	0,86	1,00	0,86	0,00	0,00	1,00	0,86	0,00	0,00	1,00	0,86	0,00	0,00	1,00	0,86	0,00	0,00	0,00
571.00	Supply Fan Forepeak Store	1,00	0,63	0,90	0,57	1,00	0,57	0,00	0,00	1,00	0,57	0,00	0,00	1,00	0,57	0,00	0,00	1,00	0,57	0,00	0,00	0,00
574.00	Supply Fan Bow Thr	1,00	0,63	0,90	0,57	1,00	0,57	0,00	0,00	1,00	0,57	0,00	0,00	1,00	0,57	0,00	0,00	1,00	0,57	0,00	0,00	0,00
571.00	Air Treatment Unit Accommodation	1,00	8,60	0,87	7,48	1,00	7,48	0,00	0,00	1,00	7,48	0,00	0,00	1,00	7,48	0,00	0,00	1,00	7,48	0,00	0,00	0,00
573.00	Cooling Machinery for AC-1	1,00	36,00	0,85	30,60	1,00	30,60	0,00	0,00	1,00	30,60	0,00	0,00	1,00	30,60	0,00	0,00	1,00	30,60	0,00	0,00	0,00
573.00	Cooling Machinery Wheelhouse	1,00	3,60	0,85	3,06	1,00	3,06	0,00	0,00	1,00	3,06	0,00	0,00	1,00	3,06	0,00	0,00	1,00	3,06	0,00	0,00	0,00
573.00	Heating Cabins	15,00	1,20	0,88	1,06	15,00	15,84	0,00	0,00	15,00	15,84	0,00	0,00	15,00	15,84	0,00	0,00	15,00	15,84	0,00	0,00	0,00
573.00	Heating Bridge/Messroom/Dirty Mess	6,00	2,20	0,88	1,94	6,00	11,62	0,00	0,00	6,00	11,62	0,00	0,00	6,00	11,62	0,00	0,00	6,00	11,62	0,00	0,00	0,00
573.00	Heating Floors Bathroom	15,00	2,80	0,88	2,46	15,00	27,10	0,00	0,00	15,00	27,10	0,00	0,00	15,00	27,10	0,00	0,00	15,00	27,10	0,00	0,00	0,00
573.00	Heating Floor/Driving Room	1,00	4,00	0,85	3,40	1,00	3,40	0,00	0,00	1,00	3,40	0,00	0,00	1,00	3,40	0,00	0,00	1,00	3,40	0,00	0,00	0,00
574.00	Cooling Machinery Eng. C Room	1,00	4,40	0,91	4,00	1,00	4,00	0,00	0,00	1,00	4,00	0,00	0,00	1,00	4,00	0,00	0,00	1,00	4,00	0,00	0,00	0,00
Potência Total																						

Anexo 29-Consumos de Combustível dos Geradores

Geradores	Marca	Modelo	P (kW)	Consumo g/kWh	
				MCR	85%
Grupo Gerador 1	Scania	DI12 62 M	250	189	160,65
Grupo Gerador 2	Scania	DI12 62 M	250	189	160,65
Gerador de Veio 1	Stamford	PM734 E2	1318	206,4	194
Gerador de Veio 2	Stamford	PM734 E2	1318	206,4	194
Capacidade Instalada			3136		

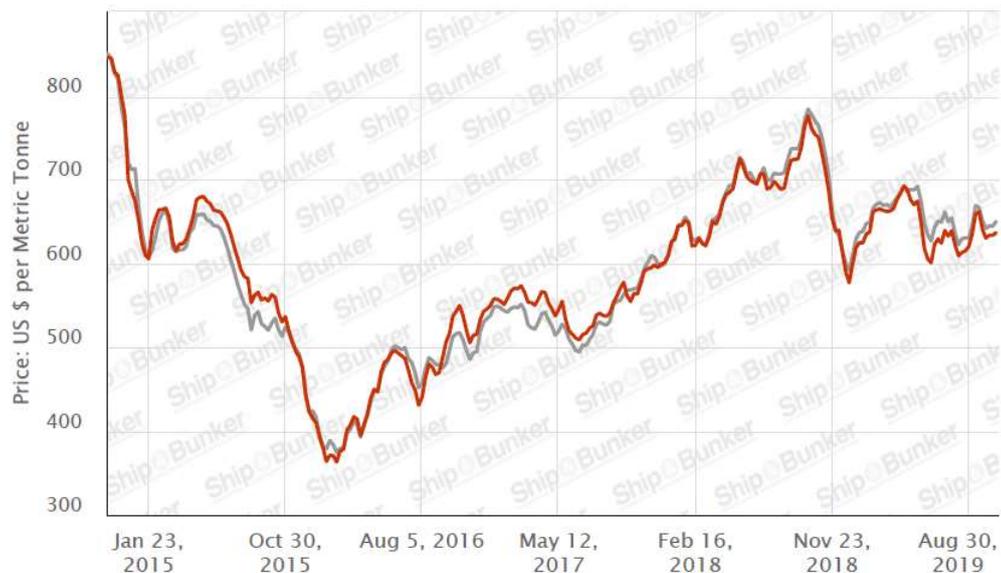
Fonte: Elaboração própria

Anexo 30 – Balanço Elétrico

Balanço Electrico	Carga em kW							
	No Mar						Em Porto	
	Navegar Convencional	Navegar Autonomo	Manobras Convencional	Manobras Autonomo	DP Convencional	DP Autonomo	Atracado Convencional	Atracado Autonomo
Grupo 1 Casa da Máquina Funcionamento Continuo	157,48	145,94	2447,42	2435,88	2447,00	2435,45	140,84	129,29
Grupo 2 Casa da Máquina Funcionamento Intermitente	29,43	22,42	27,85	21,05	26,47	21,05	26,47	21,05
Grupo 3 Casa da Máquina Funcionamento intermitente pouco Frequente	30,33	29,73	30,33	29,73	30,33	29,73	30,33	29,73
Grupo 4 Máquinas de Convés Funcionamento Intermitente	81,24	81,24	81,24	81,24	0,00	0,00	0,00	0,00
Grupo 5 Equipamentos de Carga Funcionamento Intermitente	89,77	89,47	68,49	89,47	247,31	247,31	114,16	68,49
Grupo 6 Cozinha Funcionamento Intermitente	26,78	0,00	26,78	0,00	26,78	0,00	26,78	0,00
Grupo 7 Instalações Frigoríficas Funcionamento intermitente	4,31	0,00	4,31	0,00	4,31	0,00	4,31	0,00
Grupo 8 Lavandaria Funcionamento Intermitente	5,10	0,00	5,10	0,00	5,10	0,00	5,10	0,00
Grupo 9 Oficinas Funcionamento intermitente	4,31	0,00	4,31	0,00	4,31	0,00	2,59	0,00
Grupo 10 Ar Condicionado e Ventilações Funcionamento intermitente	105,37	27,34	140,49	27,34	105,37	27,34	105,37	27,34
Grupo 11 Ponte Equipamentos Navegação Funcionamento Continuo	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Grupo 12 Iluminação Funcionamento intermitente	29,56	21,83	29,56	21,83	29,56	21,83	27,56	19,83
Total kW	578,68	432,98	2880,88	2721,54	2941,53	2797,71	498,49	310,73
Diferença em kW Navio Convencional Vs Autónomo	-145,70		-159,34		-143,82		-187,76	
Diferença Percentual Navio Convencional Vs Autónomo	-25,18%		-5,53%		-4,89%		-37,67%	
Horas Ano	3642,50		675,00		2261,50		2188,00	
Toneladas de Combustível Consumo Electrico Ano	408,92	305,96	361,04	341,07	267,17	254,11	175,22	49,77
Toneladas de Combustível Consumido na Propulsão Afetado da Resistência do Ar, e Redução de Peso	1554,62	1444,86	288,09	267,75	965,21	897,06	0,00	0,00
Consumo Total em Toneladas	1963,54	1750,82	649,13	608,82	1232,38	1151,17	175,22	49,77

Fonte: Elaboração própria

Anexo 31– Preço da Tonelada de MGO no período de 31/10/2014 a 30/10/2019



Fonte: Ship & Bunker (2019).

Anexo 32– Custo de Combustível Anual

Custo Combustível Anual	Cenário A	Cenário B	Cenário C
MGO USD/Ton	374,20	590,50	850,10
Navio Convencional	1 504 384,39	2 373 968,43	3 417 630,07
Navio Autónomo	1 332 370,90	2 102 525,43	3 026 853,29
Poupança anual USD	172 013,50	271 443,00	390 776,78

Fonte: Elaboração própria

Anexo 33 – Cálculo NPV EBITDA

NPV do EBITDA USD			
Ano	Navio Convencional	Navio Autónomo	Ganho de EBITDA
0	1 813 149,00	2 489 516,25	676 367,25
1	1 678 841,67	2 305 107,64	626 265,97
2	1 554 483,02	2 134 358,92	579 875,90
3	1 439 336,13	1 976 258,26	536 922,13
4	1 332 718,64	1 829 868,76	497 150,12
5	1 233 998,74	1 694 322,93	460 324,19
6	1 142 591,43	1 568 817,53	426 226,10
7	1 057 955,03	1 452 608,82	394 653,79
8	979 587,99	1 345 008,17	365 420,18
9	907 025,91	1 245 377,93	338 352,02
10	839 838,81	1 153 127,72	313 288,91
11	777 628,53	1 067 710,85	290 082,32
12	720 026,41	988 621,16	268 594,74
13	666 691,12	915 389,96	248 698,83
14	617 306,60	847 583,29	230 276,70
15	571 580,18	784 799,35	213 219,17
Total	15 519 610,22	21 308 961,29	5 789 351,06

Fonte: Elaboração Própria

Anexo 34 – Cálculo NPV Custos Operacionais

Cálculo NPV Custos Operacionais USD			
Ano	Navio Convencional	Navio Autónomo	Custos Eliminados
0	2 829 750,00	2 162 164,75	667 585,25 USD
1	2 620 138,89	2 002 004,40	618 134,49
2	2 426 054,53	1 853 707,78	572 346,75
3	2 246 346,78	1 716 396,09	529 950,70
4	2 079 950,73	1 589 255,64	490 695,09
5	1 925 880,30	1 471 533,00	454 347,30
6	1 783 222,50	1 362 530,55	420 691,95
7	1 651 131,95	1 261 602,36	389 529,58
8	1 528 825,88	1 168 150,34	360 675,54
9	1 415 579,51	1 081 620,68	333 958,83
10	1 310 721,77	1 001 500,63	309 221,14
11	1 213 631,27	927 315,40	286 315,87
12	1 123 732,66	858 625,37	265 107,29
13	1 040 493,20	795 023,49	245 469,71
14	963 419,63	736 132,86	227 286,77
15	892 055,21	681 604,50	210 450,71
Total	24 221 184,82	18 507 003,10	5 714 181,72

Fonte: Elaboração Própria

Anexo 35 Cálculo NPV Custos de Combustível

Custos de Combustível						
Ano	Cenário A MGO=374USD/Ton		Cenário B MGO=590USD/Ton		Cenário C MGO=850,1USD/Ton	
	Navio Convencional	Navio Autónomo	Navio Convencional	Navio Autónomo	Navio Convencional	Navio Autónomo
1	1 392 948,51	1 233 676,76	2 198 118,91	1 946 782,81	3 164 472,29	2 802 641,94
2	1 289 767,14	1 142 293,29	2 035 295,29	1 802 576,67	2 930 066,94	2 595 038,83
3	1 194 228,84	1 057 678,98	1 884 532,68	1 669 052,47	2 713 024,94	2 402 813,73
4	1 105 767,44	979 332,39	1 744 937,66	1 545 418,96	2 512 060,13	2 224 827,53
5	1 023 858,74	906 789,25	1 615 683,02	1 430 943,48	2 325 981,60	2 060 025,49
6	948 017,35	839 619,67	1 496 002,80	1 324 947,67	2 153 686,67	1 907 431,01
7	877 793,84	777 425,62	1 385 187,77	1 226 803,39	1 994 154,32	1 766 139,82
8	812 772,08	719 838,54	1 282 581,27	1 135 929,07	1 846 439,19	1 635 314,65
9	752 566,74	666 517,17	1 187 575,25	1 051 786,17	1 709 665,91	1 514 180,23
10	696 821,06	617 145,52	1 099 606,72	973 876,09	1 583 023,99	1 402 018,73
11	645 204,68	571 431,04	1 018 154,37	901 737,12	1 465 762,96	1 298 165,49
12	597 411,74	529 102,82	942 735,52	834 941,78	1 357 187,92	1 202 005,09
13	553 159,02	489 910,01	872 903,26	773 094,24	1 256 655,49	1 112 967,67
14	512 184,28	453 620,38	808 243,76	715 828,00	1 163 569,89	1 030 525,62
15	474 244,70	420 018,87	748 373,85	662 803,70	1 077 379,53	954 190,39
Total	12 876 746,16	11 404 400,32	20 319 932,14	17 996 521,61	29 253 131,78	25 908 286,23
Poupança	1 472 345,85		2 323 410,53		3 344 845,55	
%	11%					

Fonte: Elaboração Própria

Anexo 36 – Imagens do Navio





Fonte: Kongsberg (2019)