

## COMBUSTÍVEIS MARÍTIMOS ALTERNATIVOS: RELEVÂNCIA E VIABILIDADE

### ALTERNATIVE MARINE FUELS: RELEVANCE AND VIABILITY

Milena Varella Pimenta<sup>1</sup>

Monique Mota Martins<sup>2</sup>

**RESUMO:** O comércio internacional tem como base o transporte marítimo que se encontra em um contexto energético dependente de combustíveis fósseis, mas na transição para um cenário mais sustentável, com energia renovável e combustíveis alternativos como vetores relevantes para a geração de potência em navios. Essa mudança é incentivada por questões econômicas e ambientais, através de estratégias como a implementação de regras para a redução da emissão de gases do efeito estufa pautadas nas reuniões da Organização Marítima Internacional (IMO), que apresentam regulamentações cada vez mais rígidas. Dessa forma, o presente artigo busca mostrar a relevância dos combustíveis alternativos para o transporte marítimo, analisando sua viabilidade de acordo com a movimentação do comércio internacional.

**PALAVRAS-CHAVE:** Combustíveis alternativos; Transporte marítimo; Comércio internacional.

**ABSTRACT:** The international trade is based on sea transport that is in an energetic context depending on fossil fuels, but in a transition to a more sustainable scenery, with renewable energy and alternative fuels as relevant vectors for the power generation in ships. This change is encouraged by economic and environmental issues, through strategies such as the implementation of rules to reduce the emission of greenhouse gases based on International Maritime Organization's meetings, which present increasingly strict regulations. Therefore, this article seeks to show the relevance of alternative fuels for sea transport, analyzing its viability according to the international trade's movement.

**KEYWORDS:** Alternative fuels; Sea transport; International trade.

## 1 INTRODUÇÃO

As restrições ambientais com relação à emissão de poluentes devido à queima de combustíveis fósseis e a dependência do uso destes a bordo incentivam a busca por meios mais

---

<sup>1</sup> Graduanda em Ciências Náuticas pela Escola de Formação de Oficiais da Marinha Mercante do Rio de Janeiro - EFOMM-RJ.

<sup>2</sup> Oficial de Náutica da Marinha Mercante. Mestra em Engenharia Oceânica - UFRJ.



sustentáveis e eficientes de gerar energia. Segundo o Centro Brasileiro de Infraestrutura (CBIE)<sup>3</sup>, a maioria dos combustíveis utilizados em instalações propulsoras e sistemas auxiliares são derivados do petróleo, e, portanto, geram impactos ambientais e econômicos.

Assim, há um movimento crescente visando a utilização de combustíveis alternativos. As fontes alternativas de energia são cruciais para reduzir a dependência de combustíveis poluentes, corroborando com a preservação do meio ambiente e a saúde humana.

Dessa forma, as preocupações em relação à poluição ambiental e ao aquecimento global que surgiram nos últimos 20 anos incentivam a busca por soluções alternativas ao consumo do petróleo (Renotec, 2020).

A substituição de óleo diesel e óleo pesado de origem fóssil por combustíveis renováveis como o etanol, biogás, biodiesel, óleos vegetais ou minerais, combustíveis sintéticos e o hidrogênio é importante devido aos elevados índices de enxofre emitidos pelos transportes marítimos que utilizam combustíveis fósseis e devido às novas regras para emissão de poluentes.

Essa grande emissão de enxofre pode ser exemplificada pela quantidade de óleo pesado consumido por navios porta-contêineres de grande porte, cerca de 300 toneladas por dia (Biodieselbr, 2017), já que o óleo combustível pesado contém uma alta proporção desse poluente.

Sobre as regras para redução do teor de enxofre dos combustíveis usados no setor marítimo, a IMO (2016)<sup>4</sup>, no que tange a Prevenção da Poluição por Navios (MARPOL), estabeleceu em 2016 que o limite permitido de emissões de SO<sub>2</sub> (dióxido de enxofre) deveria mudar dos atuais 3,5% em massa para 0,5% a partir de 2020, reduzindo a participação das emissões dos navios na poluição do ar de 5% para 1,5%.

Portanto, o uso de fontes alternativas de combustíveis é uma opção para se adequar às novas regras ambientais, o que faz este artigo relevante para estudantes e profissionais interessados em assuntos relativos à combustíveis sustentáveis, tendo em vista o cenário do comércio marítimo internacional.

---

<sup>3</sup> Centro Brasileiro de infraestrutura. CBIE. **Qual o combustível usado por navios?** Disponível em: <https://cbie.com.br/artigos/qual-o-combustivel-usado-por-navios/#:~:text=Atualmente%2C%20o%20combust%3%ADvel%20utilizado%20pela,bunker%20oil>. Acesso em: 26 set. 2019.

<sup>4</sup> IMO. **IMO sets 2020 date for ships to comply with low sulphur fuel oil requirement.** Disponível em: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/MEPC-70-2020sulphur.aspx>. Acesso em: 05 out. 2019.



A presente pesquisa apresenta classificações quanto aos fins e aos meios. Por definir e exemplificar combustíveis alternativos é classificada como descritiva, já por analisar os aspectos positivos e negativos do uso destes é explicativa. Também pode ser classificada como aplicada, pois mostra soluções alternativas de combustíveis menos poluentes para utilizar em navios e bibliográfica por ser baseada em livros, redes eletrônicas, monografias e revistas (Vergara, 2000).

## 2 COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS: DEFINIÇÕES, EXEMPLIFICAÇÕES E RELEVÂNCIA

O transporte marítimo por ser responsável por mais de 80% do comércio mundial em volume e cerca de 3% das emissões globais de gases do efeito estufa, e contribuir para a poluição do ar em áreas costeiras e portos, deve enfrentar grandes mudanças no que tange a utilização de combustíveis (Portosenavios, 2019).

Essas mudanças são a condução para o uso de combustíveis alternativos, não somente devido a preocupações ambientais e exigências regulamentares, mas também devido a disponibilidade dos combustíveis fósseis.

Combustíveis alternativos são fontes de energia que servem, pelo menos em parte, como substitutos das fontes fósseis de petróleo para o suprimento de energia no transporte (DiretivaEU, 2014). Além disso, contribuem com a descarbonização e melhoram o desempenho ambiental do setor.

Já segundo a *University of Manchester* (2018)<sup>5</sup>, “combustíveis alternativos são definidos como qualquer outro combustível que não os combustíveis fósseis convencionais que podem ser usados para alimentar navios” (tradução nossa). Outra definição de combustível alternativo é do Merriam Webster (1903)<sup>6</sup>: “Combustível para motores de combustão que é derivado, em parte ou totalmente a partir de uma fonte diferente do petróleo e que é menos prejudicial ao ambiente do que os combustíveis tradicionais” (tradução nossa).

<sup>5</sup> University of Manchester. **Shipping industry needs an alternative to fossil fuels, but which one?** Disponível em: <https://phys.org/news/2018-04-shipping-industry-alternative-fossil-fuels.html>. Acesso em: 06 out. 2019.

<sup>6</sup> Merriam Webste. **Alternative fuel**. Disponível em: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/alternative%20fuel>. Acesso em: 18 out. 2019.



Dentre os combustíveis alternativos, com base no Jornal Oficial da União Europeia (2014)<sup>7</sup>: “a eletricidade, o hidrogênio, os biocombustíveis, o gás natural e o gás de petróleo liquefeito (GLP) foram considerados como sendo atualmente os principais combustíveis alternativos com o potencial de substituir o petróleo a longo prazo.”

Os seguintes combustíveis são definidos como combustíveis alternativos: metanol puro, etanol e outros álcoois; misturas de 85% ou mais de álcool com gasolina; gás natural e combustíveis líquidos produzidos domesticamente a partir de gás natural; propano; combustíveis líquidos derivados do carvão; hidrogênio; eletricidade; biodiesel puro (B100) e combustíveis, exceto álcool, derivados de materiais biológicos. Além disso, outros combustíveis podem ser designados como alternativos, desde que seja substancialmente não petrolífero, produza benefícios substanciais de segurança energética e ofereça benefícios ambientais (EPAct, 1992).

Apesar da IMO (2021)<sup>8</sup> concordar em reduzir pela metade a pegada de carbono da indústria até 2050 e muitos dos novos navios desenvolvidos em países como a Suécia funcionarem com GNL, que pode reduzir as emissões em até 50% em comparação com as gerações anteriores de navios, o transporte marítimo continua sendo uma das indústrias mais poluentes do mundo (FinancialTimes, 2019).

Mais de 90.000 navios atravessaram oceanos em 2018, queimando quase 2 bilhões de barris do óleo combustível mais pesado produzido a partir dos resíduos de barris de petróleo bruto e transportando petróleo e gás, produtos químicos, metais e outros bens. Essa queima expõe grande quantidade de poluentes no ar, principalmente na forma de dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio e material particulado, que aumentam constantemente e põem em risco a saúde humana, especialmente nas principais rotas de transporte.

Eles também criam entre 2 e 3% das emissões totais de gases do efeito estufa no mundo, como dióxido de carbono, contribuindo para o aquecimento global e efeitos climáticos extremos. Dessa forma, a emissão de gases do efeito estufa (GEE) pelo transporte marítimo está relacionada, principalmente, a queima de combustíveis fósseis, como a do óleo diesel residual

---

<sup>7</sup> Jornal Oficial da União Europeia. **Diretiva 2014/94/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 22 de outubro de 2014**. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/HTML/?uri=CELEX:32014L0094&from=FI>. Acesso em: 17 out. 2019.

<sup>8</sup> International Maritime Organization. IMO. **Greenhouse Gas Emissions**. Disponível em: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/GHG-Emissions.aspx>. Acesso em: 19 out. 2019.



(HFO), sendo este conhecido como *bunker*. Por conter altos níveis de impurezas, a queima desse combustível resulta na emissão de grandes quantidades de óxidos de enxofre e de nitrogênio, além de materiais particulados decorrentes da queima incompleta do combustível, resultando em graves problemas respiratórios.

Outro exemplo que corrobora com essas informações sobre combustíveis poluentes para navios é que um contêiner emite a mesma quantidade de gases de óxido de enxofre que 50 milhões de carros que queimam diesel. Além disso, esses navios utilizam combustíveis compostos por cerca de 3% de enxofre, um valor muito expressivo (Chinadailyasia, 2016). De acordo com o artigo *Air pollution from ships* (2011)<sup>9</sup>

Emissões de navios envolvidos no comércio internacional nos mares cercam a Europa - o Mar Báltico, o Mar do Norte, a parte nordeste do Atlântico, o Mediterrâneo e no Mar Negro - foram estimadas em 2,3 milhões de toneladas de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), 3,3 milhões toneladas de óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e 250.000 toneladas de partículas (MP) por ano em 2000.

Assim, o transporte marítimo é uma das principais causas de poluição atmosférica na Europa e em 2020 foi estipulado que as emissões de poluentes como SO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub> oriundas dessa fonte poderiam exceder as emissões de todas as outras fontes. O mesmo autor fez previsões sobre as emissões e afirmou que estas aumentariam entre 40 e 50% entre 2000 e 2020, exemplificando que os poluentes são os combustíveis para navios.

## 2.1 Sistemas navais híbridos

A IMO demonstrou interesse em estabelecer regulamentações para o transporte marítimo, com o intuito de reduzir as emissões de GEE e de gases poluentes através da publicação de um terceiro estudo sobre essas emissões, informando dados da frota mundial de embarcações mercantes no período entre 2007 e 2012. O estudo indicou que nesse período o comércio marítimo emitiu uma média anual de 1.036 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O, representando 2,8% das emissões globais e uma média anual de 20,9 milhões de toneladas de

<sup>9</sup> AIRCLIM. **Air pollution from ships**. Disponível em: [http://www.airclim.org/sites/default/files/documents/Air%20pollution%20from%20ships\\_Nov\\_2011.pdf](http://www.airclim.org/sites/default/files/documents/Air%20pollution%20from%20ships_Nov_2011.pdf). Acesso em: 15 out. 2019.



NOx e 11,3 milhões de toneladas de SOx, sendo 15% e 13%, respectivamente, das emissões globais (Rodrigo Schiller, 2017).

Esse cenário justifica a necessidade de combustíveis menos poluentes, novas normas, maiores investimentos em tecnologias e soluções que resultem no menor consumo de combustíveis fósseis pela frota mundial de navios mercantes. Nesse contexto, os sistemas navais híbridos são alternativas que melhoram o desempenho da embarcação, reduzem a emissão de poluentes e corroboram com a eficiência a longo prazo (Portalnaval, 2017).

Martti Alatalo (2015)<sup>10</sup>, explica que as embarcações híbridas geralmente combinam os motores principais e os geradores com um armazenamento integrado na forma de baterias e capacitores. Assim, usando duas ou mais fontes de energia, a produção é hibridizada, facilitando a otimização do gerador ou do comportamento da máquina. As soluções híbridas são vantajosas para balsas, embarcações e rebocadores *offshore*, além de sistemas que experimentam grande variação de carga, como as embarcações de posicionamento dinâmico (DP) (Glomeep, 2017). Martti Alatalo (2015) afirma que o uso de energia de várias fontes em embarcações pode reduzir o consumo de combustível em 20 a 30%, diminuindo, portanto, as emissões de poluentes.

Devido a sua grande relevância, os sistemas navais híbridos possuem diversas aplicações. No caso dos rebocadores, por exemplo, esses sistemas podem ser utilizados, já que esses navios passam muito tempo utilizando a potência somente para serviços ociosos ao invés de direcionar o uso para a propulsão. Com isso as soluções híbridas podem ser desenvolvidas para fornecer energia ao rebocador quando estiver em marcha lenta, em modo de espera, enquanto manobra no porto ou quando transitam distâncias curtas, reduzindo o consumo de óleo e, portanto, obtendo um desempenho mais eficiente e limpo (Portalnaval, 2017).

Outro exemplo é o Color Hybrid, navio projetado para operar com energia de bateria ou alguma outra forma de configuração híbrida. A propulsão utilizando baterias em navios robustos indica que essas soluções híbridas estão cada vez mais populares, corroborando com as necessidades de redução das emissões do transporte marítimo (Shippax, 2016).

---

<sup>10</sup> ALATALO, Martti. **How to improve the marine industry's energy efficiency through hybridization.**

Disponível em: <https://www.focusondrives.com/how-to-improve-the-marine-industrys-energy-efficiency-through-hybridization/>. Acesso em: 25 out. 2019.



Mário Barbosa, gerente de vendas da divisão de soluções marítimas da Wärtsilä, acredita que o mercado de embarcações híbridas possui nítida relevância com a retomada do setor de óleo e gás, tendendo a se consolidar ao longo dos anos. A própria fornecedora de equipamentos navais assinou um acordo com a Petrocity visando o desenvolvimento de quatro rebocadores com uso de baterias, ou seja, propulsão híbrida. Além disso, o empresário afirma que a hibridização traz benefícios operacionais para as empresas produtoras de óleo, no que tange às embarcações de apoio *offshore*, como a eficiência energética, a redução dos custos, das emissões de poluentes e do consumo de combustíveis (Petronoticias, 2019).

Os proprietários de estaleiros e embarcações estão investindo de forma crescente em sistemas navais híbridos visando minimizar o impacto ambiental e obter um desempenho mais eficiente e limpo (Sinaval, 2017). Operando através de duas ou mais fontes de energia, a embarcação híbrida consegue reduzir as emissões e otimizar o consumo de combustível, já que estende os intervalos de manutenção do motor e sua vida útil.

## **2.2 Aspectos positivos e dificuldades no uso dos principais combustíveis alternativos marítimos**

Como reflexo da necessidade de evitar o consumo de combustíveis fósseis, além de ser uma tentativa de frear os efeitos do aquecimento global, o uso recorrente de combustíveis alternativos no setor de transporte naval é positivo em diversos aspectos.

O primeiro deles é relacionado as crescentes preocupações ambientais, que são pressionadas e reforçadas por normas regionais, com o intuito de controlar as emissões de gases poluentes, enfatizando a importância do desenvolvimento sustentável. Porém, cabe ressaltar a questão do custo do combustível marítimo que abastece os motores convencionais dos navios.

As empresas do segmento de transporte de longas distâncias e cabotagem sofreram com o aumento do preço do combustível marítimo em 50%, devido a uma mudança regulatória definida em meados de 2016, a IMO 2020, a qual determina que as embarcações devem usar combustíveis com teor de enxofre de no máximo 0,5%, devendo queimar o combustível mais poluente que restar nos tanques até o dia 1º de março (Portos e Navios, 2020).



Assim, o segmento de cabotagem enfrentou um aumento de custos devido a escalada no preço do combustível, tendo em vista que cerca da metade dos custos desse setor vêm dessa fonte de energia não renovável, de acordo com o diretor executivo da Associação Brasileira de Armadores de Cabotagem (ABAC), Luís Fernando Resano (Portos e Navios, 2020).

Além disso, ele afirma que o impacto sobre a cabotagem é diferente se comparado com o de longo curso, pois a concorrência com o transporte de rodovia é maior no primeiro caso: “No longo curso, algumas empresas já estão repassando esse preço. Na cabotagem, a gente tem dificuldade”, disse.

Um importante substituto e aliado para os combustíveis convencionais que abastecem os motores dos navios é o gás natural liquefeito (GNL), segundo perspectivas futuras do mercado de combustíveis marítimos. Esse combustível ambientalmente aceitável além de contribuir para o controle da poluição, também reduz os custos relacionados aos gastos nesse âmbito, possuindo uma oferta considerável em vários pontos do planeta.

Entretanto, há dificuldades para tornar o seu uso competitivo e acessível, como a necessidade de projetos de embarcações considerando a adoção do gás e no caso de navios já existentes, novas tecnologias para a adaptação do maquinário, além dos desafios no abastecimento, pois é preciso avaliar fatores como a intensidade do tráfego, distância, volume, segurança e proximidade de outros portos para definir as soluções que atendam melhor a necessidade de abastecer os navios movidos a gás.

O segundo aspecto positivo do uso de combustíveis alternativos no transporte marítimo está relacionado com a busca em reduzir o consumo de combustíveis fósseis por serem frutos de um processo de decomposição de matéria orgânica que dura milhares de anos e por serem recursos naturais não renováveis, ou seja, recursos que não se disponibilizam continuamente na natureza. Dessa forma, a cada ano as reservas de petróleo diminuem, o preço de seus derivados tende a subir e ainda existem problemas políticos, como a ameaça de guerra ou crise internacional.

Uma alternativa promissora aos combustíveis derivados do petróleo é o biodiesel, que pela sua natureza orgânica, é considerado um combustível totalmente limpo e renovável. Esse combustível obtido a partir de uma reação química de lipídeos, óleos ou gordura é extraído a





partir de diversos tipos de vegetais e pode ser utilizado na sua forma pura ou misturado ao diesel do petróleo.

Além de ser uma opção para a substituição gradativa dos combustíveis minerais derivados do petróleo, há ainda vantagens como a de gerar emprego e renda no campo, corroborar com a sustentabilidade no país, possuir um custo de produção menor do que os derivados de petróleo e possuir facilidade no transporte e armazenamento, devido ao seu menor risco de explosão.

Por outro lado, o biodiesel entrega um rendimento menor quando comparado com os combustíveis fósseis, gera durante sua produção grande quantidade de glicerina e emissão de óxido de nitrogênio e está relacionado com o aumento do preço de alimentos. O diretor superintendente da Ubrabio, Donizete Tokarski, afirmou para o Diário do Comércio que a população não deve analisar a situação da alta dos preços de alimentos sem uma visão abrangente, pois segundo ele, o biodiesel ajuda a baratear o custo alimentício no Brasil: “Se não tivesse a indústria de biodiesel, certamente estaria com preço de carnes e derivados em valores absurdamente mais caros”, opinou (Diário do comércio, 2020).

Outra opção visando atender as novas políticas ambientais para alcançar as metas de redução das emissões de gases do efeito estufa no setor de transporte marítimo é o hidrogênio, que é produzido basicamente com gás e carvão, podendo ser crucial na transição energética (Portalenergia, 2019).

Fatih Birol, diretor executivo da AIE e Hiroshige Seko, ministro da Economia, Comércio e Indústria do Japão, divulgaram o relatório *The Future of Hydrogen: Seizing today's opportunities*<sup>11</sup>, indicando forte apoio dos governos e empresas ao redor do mundo em projetos com o hidrogênio limpo. Esse relatório contém informações sobre como esse produto pode ser uma solução para os desafios energéticos vigentes, pois melhora a qualidade do ar, fortalece a segurança energética, ajuda a armazenar a produção de fontes renováveis como a eólica e oferece outras formas de descarbonizar setores como o de produtos químicos.

O relatório indica também os desafios na adoção global do hidrogênio, pois ainda há a necessidade de adotar medidas para reduzir o custo dessa fonte de energia, tendo em vista que o

---

<sup>11</sup> BIROL, Fatih; SEKO, Hiroshige. International Agency Energy. **The Future of Hydrogen: Seizing today's opportunities**. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>. Acesso em: 01 nov. 2020.



hidrogênio produzido a partir da energia verde é caro. Porém, a agência explica que os custos de produção poderiam diminuir em 30% até o final do ano de 2030, devido a uma mudança de escala da produção de hidrogênio.

Outro empecilho para a adoção de forma generalizada dessa energia verde é o desenvolvimento de infraestruturas, por ser um processo lento. Dessa forma, uma das recomendações da Agência Internacional de Energia para ajudar os governos e os interessados em expandir seus projetos visando o crescimento de uma indústria global de hidrogênio limpo é o lançamento de rotas marítimas internacionais com o intuito de comercializar esse produto.

### **2.3 Embarcações que utilizam combustíveis alternativos e projetos nesse âmbito**

Diante do Acordo que a IMO impõe à indústria naval mundial, o engenheiro químico Alexandre Salem Szklo, pesquisador do Centro de Economia Energética e Ambiental do COPPE/UFRJ, afirma que as metas do pacto são ambiciosas e dependem de novos combustíveis, além de mudanças em termos de eficiência energética (Sinaval, 2020).

Nesse contexto do transporte marítimo tentar se alinhar com a decisão da IMO de limitar o teor de enxofre dos combustíveis navais, o primeiro navio bunker de gás natural liquefeito (GNL) foi anunciado em 2019 pela empresa Total, sendo uma embarcação com capacidade para carregar 18.600 metros cúbicos de gás. Atuando no fornecimento de GNL para nove embarcações da CMA CGM no norte da Europa, esse navio bunker corrobora com a eficiência energética tendo em vista o uso de GNL, permitindo a redução quase total das emissões de enxofre, o corte de 85% das emissões de óxido de nitrogênio e de 20% das emissões de gases do efeito estufa (Epbr, 2019). Mas além do ganho ambiental, o uso desse combustível em navios proporciona uma redução de custos ao armador, principalmente os relativos à manutenção (Epbr, 2021).

Outra embarcação que coloca a navegação em um patamar mais sustentável através da utilização de GNL é o Viking Grace, primeiro transatlântico do mundo movido por esse combustível, o qual reduz as emissões de gases poluentes e é considerado o combustível marítimo do futuro (G1.globo, 2012).

Há ainda exemplo de embarcação movida a hidrogênio, um combustível promissor para ajudar a diminuir gases poluentes gerados por navios. Navegando no norte da Bélgica em rio, a



balsa Hydroville foi lançada há três anos como o primeiro navio de passageiros movido a hidrogênio. A embarcação possui um motor híbrido o qual permite o funcionamento com hidrogênio e diesel (Clickpetroleoegas, 2020).

Além das atuais embarcações que utilizam combustíveis alternativos, há projetos em desenvolvimento visando reduzir as emissões da navegação, aumentar a frota de navios ecológicos e proporcionar mais eficiência energética. Algumas dessas embarcações irão se basear na utilização de GNL, como é o caso de quatro navios transportadores de automóveis com capacidade para sete mil unidades, programados para ficarem prontos a partir 2024, sendo previsto noventa navios até 2030. Essas embarcações serão movidas por motores marítimos adaptados utilizando GNL, porém outros lançamentos são esperados, como o de embarcações utilizando hidrogênio (Portosenavios, 2021).

Um exemplo de projeto de navio de carga a ser movido por hidrogênio comprimido produzido a partir da eletrólise está previsto para ser inaugurado ainda neste ano de 2021, em uma viagem em Paris, no rio Sena. Porém, o plano inicial era desenvolver um empurrador de hidrogênio, mas eventualmente a ideia caminhou para a construção de dois navios de carga movidos a hidrogênio (Exame, 2021).

Dessa forma, como o transporte marítimo sustentável é necessário para atingir as metas de redução de emissões, projetos como estes são importantes e devem ser incentivados por programas, empresas e pelas autoridades marítimas. Mas apesar de já existirem embarcações com fontes de energia limpa como as citadas anteriormente, a frota de navios sustentáveis precisa aumentar, visando a eficiência energética do setor.

### **3 CONSEQUÊNCIAS DA IMPLEMENTAÇÃO DE COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS NO TRANSPORTE MARÍTIMO**

Diante da relevância e da aplicabilidade dos combustíveis alternativos no modal marítimo, é necessário haver um alinhamento entre esse setor e a sustentabilidade, através da implementação de processos de descarbonização no transporte marítimo e de medidas visando a eficiência energética de navios (Blog.solistica, 2019).



Essas ações são importantes para corroborar com o desenvolvimento de um transporte mais limpo e ecológico, além de contribuir com a sustentabilidade da economia global. Entretanto, essas novas regras para combustível marítimo como aquela estabelecida pela IMO 2020, corroboram com o aumento do frete, afetando diretamente os setores de transporte marítimo e refino de petróleo, pois o combustível é considerado a maior despesa do transporte marítimo, sendo os novos tipos negociados de várias centenas de dólares por tonelada sobre o produto antigo.

Assim, em 2019, foi estimado um aumento de custo para o envio de um contêiner de mercadorias da América Latina para a Europa, por exemplo, de US\$ 26. Já um cruzeiro de uma semana, o aumento de frete esperado foi de US\$ 130 por cabine e para um caixote de bananas, o acréscimo foi calculado em 5 centavos de dólar.

Essa transição para um cenário mais sustentável, com energia renovável e combustíveis alternativos impacta também sobre a logística marítima, já que os navios em lugares como Cingapura precisam esperar mais do que o normal para obter combustível, acarretando falta de embarcações de reabastecimento (Bloomberg, 2019).

Dessa forma, o setor marítimo global, onerado pela pandemia, presenciou aumento das pressões inflacionárias e atrasos nas entregas e o frete marítimo, normalmente barato, passou a representar uma ameaça para a economia mundial, pois tende a prejudicar o comércio internacional e possui potencial de acelerar a inflação.

#### **4 ANÁLISE DA VIABILIDADE DOS COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS MARÍTIMOS**

O transporte marítimo perfaz a maior parte do comércio global, já que a água é a forma mais barata e geralmente a única forma de transporte de mercadorias por longas distâncias. Além disso, é uma forma segura de transportar mercadorias, sendo fundamental para o desenvolvimento do comércio internacional, tendo em vista a possibilidade de compra e venda de carga e o transporte de pessoas.

Sobre a comercialização de combustíveis aquaviários, há vários relatórios como um encomendado pela IMO a partir do qual foi realizado um estudo que permitiu avaliar se o refino mundial seria capaz de produzir, suficientemente, combustíveis marítimos e não marítimos com



teor de enxofre igual ou menor do que 0,5 % (m/m) e com um teor de enxofre de 0,1 % (m/m) ou menos.

Nesse estudo, a demanda por combustíveis navais em 2020 foi estimada com base no crescimento projetado na demanda de energia e o uso de energias alternativas. Outro relatório aborda sobre os impactos a curto prazo das novas medidas de restrição da IMO, prevendo um deslocamento do Óleo Combustível Marítimo (OCM) 3,5%S para o OCM 0,5%S no refino, com o intuito de atender a demanda do mercado de bunker, que corresponde a cerca de 5,5 milhões de barris por dia de consumo global, dentre os quais 4 mb/dia são consumidos por navios mercantes, totalizando cerca de 70 mil navios (Gov, 2019).

Com relação à viabilidade dos combustíveis alternativos marítimos de acordo com a movimentação do comércio internacional, é importante ressaltar o cenário no qual a indústria marítima se encontra, pois ela é a base do comércio internacional (IMO, 2020).

Devido a pandemia COVID-19, o cenário desse modal foi remodelado e a interdependência global foi ressaltada, colocando em movimento novas tendências as quais levam o setor a um momento crucial de enfrentamento de consequências imediatas e de longo prazo, incluindo mudanças no design da cadeia de suprimentos e nos padrões de globalização.

Além disso, há mudanças nos hábitos de consumo e efeitos colaterais do aumento do protecionismo comercial e de políticas voltadas para o interior (Unctad, 2020). Apesar de as mudanças como as climáticas, o surgimento de novas fontes de energia, as incertezas no preço dos hidrocarbonetos e as tensões geopolíticas impulsionarem a transição energética para uma economia empenhada na redução de carbono, o combustível marítimo utiliza cerca de 4% do consumo mundial de petróleo.

Dependendo das características do petróleo utilizado como insumo para a refinaria, a adição de diesel não é necessária e o próprio petróleo pode ser utilizado como combustível marítimo. Porém, mesmo sendo possível não é usual, já que pode comprometer a segurança dos motores da embarcação, afetando a sua combustão, uma vez que o petróleo pode estar com um elevado número de contaminantes (Gov, 2019).

A pandemia COVID-19 ressaltou a importância do transporte marítimo como um setor revolucionário, que permite a entrega contínua de bens essenciais e do comércio global em



tempos de crise. Diante da sua relevância, muitas organizações como a *United Nations Conference on Trade and Development* (UNCTAD), emitiram recomendações para alarmar a necessidade da continuidade dos negócios no setor marítimo, permitindo que os portos permaneçam abertos para operações de transporte marítimo e intermodal (Unctad, 2020).

Essas medidas também corroboraram com a proteção dos trabalhadores marítimos, dos quais centenas de milhares precisaram ficar retidos no mar por mais de 17 meses devido a restrições impostas pela pandemia, representando risco para a saúde física e mental do marinheiro, além de afetar a segurança, a segurança da navegação e a proteção do meio ambiente marinho (Ilo.org, 2020). Assim, o crescimento do comércio marítimo foi afetado significativamente pela crise da economia e da saúde global desencadeada pela pandemia, transformando o cenário do transporte marítimo.

Em 2020, foi projetada uma queda de volume do comércio marítimo internacional em 4,1%, em meio as interrupções na cadeia de abastecimento, contrações da demanda e incerteza econômica, afetando diretamente a economia global (Unctad, 2020). Entretanto no Brasil, mesmo com as medidas restritivas, os principais portos e terminais continuavam operando em condições semelhantes à normalidade, possibilitando que o volume de contêineres movimentados no comércio exterior aumentasse.

Assim, em janeiro de 2020, os contêineres movimentados na navegação de longo curso superaram o valor do mês anterior em 3%, alcançando 6,6 milhões de toneladas. Ressalta-se nesse mesmo ano, no entanto, uma redução de 20% em comparação com janeiro de 2019 do comércio exterior marítimo, sendo consequência da queda na movimentação de minério após o rompimento da barragem de Brumadinho, além de ser resultado da interrupção pontual nas importações chinesas de graneis agrícolas.

Além disso, a proliferação do novo coronavírus alterou a condição de aumento do valor do frete por parte das empresas de navegação em função das exigências da IMO com relação a redução das emissões de enxofre e devido ao aumento no preço do petróleo, diante das tensões no Oriente Médio.

Para a exportação de contêineres, o valor médio dos fretes reduziu de US\$ 1.400 para US\$ 1.264, comparando entre março e janeiro de 2020, sendo as maiores quedas apresentadas nas



regiões em que até o início de março de 2020 concentravam a maior parcela de contaminados pela Covid-19: rotas conectadas à Ásia e ao Mediterrâneo e Oriente Médio, de forma que apenas a rota para a África não apresentou redução no valor de referência do frete nesse período.

No entanto, essas reduções não ocorreram exclusivamente devido as quedas na demanda por serviços de transporte, já que usualmente os primeiros meses do ano enfrentam contração nos valores do frete e além disso, os navios maiores que passaram a atuar em determinadas rotas produziram ganhos de escala e reduções no preço unitário do transporte dos contêineres (Noticias.portalindustria, 2020).

Um exemplo do aumento do valor do frete marítimo e indisponibilidade de espaços para transportar mercadorias nos navios aconteceu no setor de arroz no Brasil em 2021, aumentando o frete em média de 170%, atingindo 500% em alguns casos em junho. Nesse caso, as exportações de arroz caíram 41% no primeiro semestre enquanto as importações aumentaram 60% (Revistagloborural, 2021).

Outro acontecimento que possibilitou um novo repique no frete marítimo internacional foi o encalhe do navio porta-contêiner Ever Given, um dos maiores navios do planeta, no Canal de Suez, uma das mais importantes rotas do comércio global, por onde passam cerca de 50 navios por dia. A suspensão da navegação no canal pressionou a cotação do petróleo, impactando no custo para transportar cargas, em meio a um cenário turbulento no transporte marítimo global, por conta também da ruptura do fluxo de cargas nos primeiros meses de pandemia. Outro fator que pressionou os fretes é a necessidade de desviar os navios que já estão em curso, dando uma volta na África, o que amplia em até 7.000 quilômetros o trajeto entre Ásia e Europa, por exemplo (Folha.uol, 2021).

Dessa forma, os combustíveis alternativos marítimos são viáveis tendo em vista a movimentação do comércio internacional e a necessidade da transição energética nesse setor. Como o transporte marítimo é o modal mais eficiente para transportar cargas por longas distâncias e a navegação comercial é um dos setores mais dependentes do petróleo, a expansão da utilização de fontes renováveis é crucial, sendo necessário repensar sobre a fonte de energia de navios. Nesse sentido, a descarbonização do setor marítimo deverá pautar-se em uma combinação de diversas fontes energéticas de baixo carbono, visando valorizar a especificidade das regiões.



No caso do Brasil, a condição favorável para produção de combustíveis marítimos é devido ao histórico protagonismo no setor e a grande disponibilidade de matérias-primas agrícolas (Pp.nexojornal, 2021).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização desse trabalho foi motivada pela busca por fontes de energia mais sustentáveis e eficientes, tendo em vista os impactos ambientais e econômicos do uso de combustíveis marítimos fósseis. Essa busca beneficia um movimento crescente visando a utilização de combustíveis alternativos, os quais são cruciais para o setor atender as novas regras para redução do teor de enxofre dos combustíveis usados em navios, além de corroborar com a flexibilização destes a bordo.

Assim, no decorrer deste artigo, foi assinalada a importância da transição energética no transporte marítimo, tendo em vista que o uso de fontes alternativas de combustíveis é uma opção relevante para a economia e o meio ambiente. Essa transição para um cenário mais sustentável é incentivada pelas novas restrições ambientais com relação à emissão de poluentes devido à queima de combustíveis fósseis, as quais visam reduzir a dependência destes e as emissões de enxofre.

Além disso, este artigo teve por objetivo analisar a viabilidade de utilizar as fontes alternativas de energia para a geração de potência em navios, tendo em vista a movimentação do comércio marítimo internacional.

Os capítulos foram desenvolvidos visando mostrar a relevância e a viabilidade dos combustíveis alternativos para o transporte marítimo no contexto do comércio internacional. O primeiro consistiu em uma ampla contextualização do problema, permitindo concluir que o transporte marítimo é uma das principais causas de poluição atmosférica, ressaltando a responsabilidade desse segmento no comércio mundial.

Além disso, foram definidos conceitos cruciais para atingir o objetivo da pesquisa, como o de combustíveis alternativos e foram exemplificados os principais combustíveis alternativos utilizados a bordo de navios. Em seguida, foi apresentado um cenário que justifica a utilização de sistemas navais híbridos, comprovando a necessidade de combustíveis menos poluentes, maiores





investimentos em tecnologias e soluções que resultem no menor consumo de combustíveis fósseis pela frota mundial de navios.

Também foram abordados os aspectos positivos e negativos dos principais combustíveis alternativos, evidenciando que apesar da dificuldade para tornar o uso dessas fontes de energia competitivo e acessível, há muitos benefícios nessa transição para uma matriz mais limpa. Concomitantemente, opções promissoras de combustíveis alternativos foram analisadas, indicando a possibilidade de uma substituição gradativa dos combustíveis derivados do petróleo.

Já no último capítulo, foi feita uma análise da viabilidade destes combustíveis diante do aumento do frete e de outras consequências da implementação de fontes sustentáveis de energia a bordo, sendo concluído que o setor marítimo global, onerado pela pandemia, sofreu aumento das pressões inflacionárias, atrasos nas entregas e aumento do frete marítimo, prejudicando o comércio internacional, que possui como base o transporte marítimo.

Sendo assim, pode-se concluir a relevância e a aplicabilidade dos combustíveis alternativos no modal marítimo, tendo em vista a transição vigente para um cenário mais sustentável de energia a bordo. Essa transição está relacionada com transformações sistêmicas as quais evoluem relações de poder e exigem modificações na estrutura da sociedade, devendo ser abordada com dimensões maiores do que apenas reduzir o uso de combustíveis fósseis.

Por fim, ressalta-se que este trabalho é apenas o começo para muitos outros e que não é pretensão esgotá-lo em poucas linhas, devido a sua importância para o comércio internacional. O tema exige um olhar mais profundo a fim de buscar novas alternativas de soluções para a problemática apresentada. Existem muitas lacunas ainda a serem exploradas com relação ao uso de combustíveis sustentáveis na indústria marítima, mas as maiores estão relacionadas com as mudanças nesse setor pós pandemia COVID-19.

## 6 REFERÊNCIAS

Airclim. **Air pollution from ships.** Disponível em: [http://www.airclim.org/sites/default/files/documents/Air%20pollution%20from%20ships\\_Nov\\_2011.pdf](http://www.airclim.org/sites/default/files/documents/Air%20pollution%20from%20ships_Nov_2011.pdf). Acesso em: 15 out. 2019.



ALATALO, Martti. **How to improve the marine industry's energy efficiency through hybridization.** Disponível em: <https://www.focusondrives.com/how-to-improve-the-marine-industrys-energy-efficiency-through-hybridization/>. Acesso em: 25 out. 2019.

Biodieselbr. **Acordo da IMO obriga a reduzir enxofre no combustível marítimo.** Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/meioambiente/emissoes/acordo-imo-obriga-reduzir-enxofre-combustivel-maritimo-300317>. Acesso em: 05 out. 2019.

BIROL, Fatih; SEKO, Hiroshige. International Agency Energy. **The Future of Hydrogen: Seizing today's opportunities.** Disponível em: <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>. Acesso em: 01 nov. 2020.

Blog.solistica. **Programa global do comércio marítimo.** Disponível em: <https://blog.solistica.com/pt-br/panorama-global-do-comercio-maritimo>. Acesso em: 02 fev. 2021.

Bloomberg. **Frete pode subir com nova regra para combustível marítimo.** Disponível em: <https://www.bloomberg.com.br/blog/frete-pode-subir-com-nova-regra-para-combustivel-maritimo/>. Acesso em: 04 jul. 2021.

Centro Brasileiro de infraestrutura. CBIE. **Qual o combustível usado por navios?** Disponível em: <https://cbie.com.br/artigos/qual-o-combustivel-usado-por-navios/#:~:text=Atualmente%2C%20o%20combust%C3%ADvel%20utilizado%20pela,bunker%20oil>. Acesso em: 26 set. 2019.

China Daily Asia. **Ship emissions choking the region.** Disponível em: [https://www.chinadailyasia.com/asiaweekly/2016-05/20/content\\_15436449.html](https://www.chinadailyasia.com/asiaweekly/2016-05/20/content_15436449.html). Acesso em: 15 out. 2019.

Clickpetroleogas. **Navio movido a hidrogênio poderia transformar a indústria naval, ajudando na diminuição dos gases de efeito estufa.** Disponível em: <https://clickpetroleogas.com.br/navio-movido-a-hidrogenio-poderia-transformar-a-industria-naval-ajudando-na-diminuicao-dos-gases-de-efeito-estufa/>. Acesso em: 19 ago. 2021.

Diário do Comércio. **Diesel pode ficar mais caro com alta de biocombustível.** Disponível em: <https://diariodocomercio.com.br/economia/diesel-pode-ficar-mais-carro-com-alta-de-biocombustivel/>. Acesso em: 30 out. 2020.



- Diretiva 2014/94/EU. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0094&from=EN>. Acesso em: 05 out. 2019.
- Energy Policy Act. EAct. **Alternative Fuel Definition**. Disponível em: <https://afdc.energy.gov/laws/391>. Acesso em: 18 out. 2019.
- Epbr. **Green shipping: o futuro da navegação**. Disponível em: <https://epbr.com.br/green-shipping-o-futuro-da-navegacao-por-bruno-alamino/>. Acesso em: 18 ago. 2021.
- Epbr. **Total anuncia primeiro navio bunker de gás natural liquefeito**. Disponível em: <https://epbr.com.br/total-anuncia-primeiro-navio-bunker-de-gas-natural-liquefeito/>. Acesso em: 18 ago. 2021.
- Exame. **Primeiro navio de carga movido a hidrogênio vai operar no rio Sena**. Disponível em: <https://exame.com/inovacao/primeiro-navio-de-carga-movido-a-hidrogenio-vai-operar-no-rio-sena/>. Acesso em: 19 ago. 2021.
- Financial Times. **Pollution: the race to clean up the shipping industry**. Disponível em: <https://www.ft.com/content/642b6b62-70ab-11e9-bf5c-6eeb837566c5>. Acesso em: 04 out. 2019.
- Folha.uol. **Indústria teme novo repique no frete após encalhe de navio Canal de Suez**. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2021/03/industria-teme-novo-repique-no-frete-apos-encalhe-de-navio-no-canal-de-suez.shtml>. Acesso em: 04 jul. 2021.
- G1.globo. **Viking Line constrói navio mais ecológico do mundo na Finlândia**. Disponível em: <http://g1.globo.com/mundo/noticia/2012/12/viking-line-constroi-navio-mais-ecologico-do-mundo-na-finlandia.html>. Acesso em: 18 ago. 2021.
- Glomeep. **Hybridization (plug-in or conventional)**. Disponível em: <https://glomeep.imo.org/technology/hybridization-plug-in-or-conventional/>. Acesso em: 22 out. 2019.
- Gov. **Comitê de Avaliação do Abastecimento de Combustíveis Aquaviários**. Disponível em: [https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/abastece-brasil/resolucao-cnpe-no-18-2019/RelatorioFinalResCNPE18\\_2019\\_Bunker.pdf](https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/abastece-brasil/resolucao-cnpe-no-18-2019/RelatorioFinalResCNPE18_2019_Bunker.pdf). Acesso em: 02 jul. 2021.
- Ilo.org. **Conselho de Administração da OIT pede ação urgente para enfrentar o impacto da COVID-19 sobre os marítimos**. Disponível em:



[https://www.ilo.org/brasilia/noticias/WCMS\\_763720/lang--pt/index.htm](https://www.ilo.org/brasilia/noticias/WCMS_763720/lang--pt/index.htm). Acesso em: 03 jul. 2021.

IMO. **Carreiras na IMO**. Disponível em: <https://www.imo.org/fr/About/Careers>. Acesso em: 02 jul. 2021.

International Maritime Organization. IMO. **Greenhouse Gas Emissions**. Disponível em: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/GHG-Emissions.aspx>. Acesso em: 19 out. 2019.

International Maritime Organization. IMO. **IMO sets 2020 date for ships to comply with low sulphur fuel oil requirement**. Disponível em: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/MEPC-70-2020sulphur.aspx>. Acesso em: 05 out. 2019.

Jornal Oficial da União Europeia. **Diretiva 2014/94/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 22 de outubro de 2014**. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/HTML/?uri=CELEX:32014L0094&from=FI>. Acesso em: 17 out. 2019.

Merriam Webste. **Alternative fuel**. Disponível em: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/alternative%20fuel>. Acesso em: 18 out. 2019.

Noticias.portalindustria. **Comércio marítimo resiste até março, mas é preciso garantir operações para enfrentar covid-19**. Disponível em: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/infraestrutura/comercio-maritimo-resiste-no-trimestre-mas-e-preciso-garantir-operacoes-para-enfrentar-pandemia/>. Acesso em: 03 jul. 2021.

Petronoticias. **WÄRTSILÄ apresenta novos planos para óleo e gás, com foco em navios híbridos e digitalização**. Disponível em: <https://petronoticias.com.br/wartsila-apresenta-novos-planos-para-oleo-e-gas-com-foco-em-navios-hibridos-e-digitalizacao/>. Acesso em: 20 out. 2019.

Portal Energia. **Hidrogênio será o combustível do futuro energético limpo e seguro**. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/hidrogenio-combustivel-futuro-energetico-limpo-seguro-147460/>. Acesso em: 30 out. 2020.

Portal Naval. **Soluções híbridas de propulsão usando GNL**. Disponível em: <https://portalnaval.com.br/noticia/danfoss-solucoes-hibridas-de-propulsao-usando-gnl/>. Acesso em: 16 out. 2019.



Portos e Navios. **Aumento no combustível marítimo em 50% por mudança regulatória impacta em presas do setor.** Disponível em:

[https://www.portosenavios.com.br/noticias/navegacao-e-marinha/aumento-no-combustivel-maritimo-em-50-por-mudanca-regulatoria-impacta-empresas-do-setor#:~:text=Desde%20o%20dia%201%C2%BA%20de,%2C%20na%20sigla%20em%20ingl%C3%AAs\).](https://www.portosenavios.com.br/noticias/navegacao-e-marinha/aumento-no-combustivel-maritimo-em-50-por-mudanca-regulatoria-impacta-empresas-do-setor#:~:text=Desde%20o%20dia%201%C2%BA%20de,%2C%20na%20sigla%20em%20ingl%C3%AAs).) Acesso em: 21 out. 2020.

Portos e Navios. **MOL encomenda 4 navios movidos a GNL – e serão 90 até 2030.** Disponível em: <https://www.portosenavios.com.br/noticias/navegacao-e-marinha/mol-encomenda-4-navios-movidos-a-gnl-e-serao-90-ate-2030>. Acesso em: 18 ago. 2021.

Portos e navios. **Oportunidades para o Brasil no setor de transporte marítimo.** Disponível em: <https://www.portosenavios.com.br/artigos/artigos-de-opiniao/oportunidades-para-o-brasil-no-setor-de-transporte-maritimo>. Acesso em: 07 out. 2019

Pp.nexojornal. **Por mares nunca dantes navegados: os combustíveis marítimos do século 21.** Disponível em: <https://pp.nexojornal.com.br/opiniao/2020/Por-mares-nunca-dantes-navegados-os-combust%C3%ADveis-mar%C3%ADtimos-do-s%C3%A9culo-21>. Acesso em: 18 ago. 2021.

Renotec. **Biodiesel no Brasil: Perspectiva para o futuro.** Disponível em: <https://renotecjr.com.br/biodiesel-no-brasil-perspectivas-para-o-futuro/>. Acesso em: 22 out. 2020.

Revistagloborural. **Alto custo do frete marítimo afeta exportações de arroz.** Disponível em: <https://revistagloborural.globo.com/Noticias/Agricultura/Arroz/noticia/2021/07/alto-custo-do-frete-maritimo-afeta-exportacoes-de-arroz.html>. Acesso em: 04 jul. 2021.

SCHILLER, Rodrigo. **Análise da eficiência energética em navios mercantes e estudos de caso do consumo de combustível em navio aliviador do tipo Suezmax.** Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3135/tde-03032017135911/publico/RodrigoAchillesSchillerCorr17.pdf>. Acesso em: 15 out. 2019.

Shippax. **World's largest plug-in Color Hybrid Ferry.** Disponível em: [https://www.shippax.com/backnet/media\\_archive/original/3b29fc8f5088bd2fa84c6e3387451516.pdf](https://www.shippax.com/backnet/media_archive/original/3b29fc8f5088bd2fa84c6e3387451516.pdf). Acesso em: 22 out. 2019.

Sinaval. **Soluções híbridas de propulsão.** Disponível em: <http://sinaval.org.br/2017/02/solucoes-hibridas-de-propulsao/>. Acesso em: 21 out. 2019.



Sinaval. **Transição para uma indústria naval de baixo carbono pode viver retrocesso.**

Disponível em: <http://sinaval.org.br/2020/10/transicao-para-uma-industria-naval-de-baixo-carbono-pode-viver-retrocesso/>. Acesso em: 03 jan. 2021.

Unctad. **Revisão do Transporte Marítimo.** Disponível em: <https://unctad.org/webflyer/review-maritime-transport-2020>. Acesso em: 03 jul. 2021.

University of Manchester. **Shipping industry needs an alternative to fossil fuels, but which one?** Disponível em: <https://phys.org/news/2018-04-shipping-industry-alternative-fossil-fuels.html>. Acesso em: 06 out. 2019.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração.** 3 ed. São Paulo: Atlas, 2000.

