

SUSTENTABILIDADE NO TRANSPORTE MARÍTIMO: OPÇÕES E VIABILIDADE

Josué Costa da Silva ¹
Lucas Henrique Nascimento de Oliveira ¹
Pedro Henrique de Góis Silva ¹
Fábio Gorayeb Damasceno ²
Tadeu Zacarelli Tavares ²

Resumo

Esse artigo científico tem como intuito dissertar acerca dos novos rumos do transporte marítimo no comércio internacional com ênfase na sustentabilidade e inovações dentro da industrial naval. Serão analisados os atuais impactos ambientais, a importância desse novo modelo de negócio, suas oportunidades e comparação entre navios comuns e sustentáveis, visando contrapor custos e impactos sustentáveis. A metodologia escolhida é de um estudo descritivo, exploratório com abordagem quali e quantitativa que analisa dados subjetivos e estatísticos. Os resultados esperados foram atingidos a partir da análise da *performance* dos navios mais sustentáveis existentes em operação com a frota atual em atividade no comércio internacional, comparando-se a viabilidade econômica e ambiental dos navios sustentáveis e seus desempenhos.

Palavras-chave: Navios sustentáveis. Crédito de Carbono. Metanol Verde. Comércio Internacional.

Abstract. Sustainability in Maritime Transport: options and feasibility.

This scientific article aims to discuss the new directions of maritime transport in international trade with an emphasis on sustainability and innovations within the naval industry. The current environmental impacts will be analyzed, the importance of this new business model, its opportunities and comparison between common and sustainable ships, aiming to counteract sustainable costs and impacts. The methodology chosen is a descriptive, exploratory study with a qualitative and quantitative approach that analyzes subjective and statistical data. The expected results were achieved based on the analysis of the performance of the most sustainable ships in operation with the current fleet active in international trade, comparing the economic and environmental viability of sustainable ships and their performance.

Keywords: Sustainable Ships. Carbon Credit. Green Methanol. International Trade.

¹ Discentes do Curso Superior de Comércio Exterior da FATEC Barueri (*E-mails* josue.silva16@fatec.sp.gov.br, lucas.oliveira282@fatec.sp.gov.br e pedro.silva192@fatec.sp.gov.br, respectivamente).
² Professor de Ensino Superior da FATEC Barueri (*E-mails*: fabio.damasceno01@fatec.sp.gov.br e tadeu.tavares@fatec.sp.gov.br, respectivamente).

1 Introdução

O transporte marítimo atualmente lidera o comércio internacional de mercadorias no que tange à carga dos bens enviados de um país a outro, sendo responsável por mais de 90% da logística de toda mercadoria que entra ou sai do país (SOUZA JÚNIOR, 2008). O comércio de mercadorias há décadas utiliza os mares para o negócio entre países e, majoritariamente, esta via de transporte aquaviário. De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU) movimenta-se mais de 80% do comércio global pelo mar, qualificando a via marítima como o mais adequado meio para o transporte de carga, principalmente em grande escala. Em contrapartida, enquanto a globalização tende a crescer mais com diversos acordos comerciais entre nações e consequentemente, fomentar o aumento da produção em massa de manufaturados, a quantidade de poluição gerada nessas atividades é uma problemática que muitos países precisam se preocupar e pesquisarem políticas de redução dos gases de efeito estufa para mitigar o aquecimento global (ONU, 2020).

Com olhares para globalização, as nações consideradas desenvolvidas e os principais atuantes do cenário do comércio internacional buscam medidas para diminuir impactos globais sem afetar o aspecto econômico. Ao longo das últimas décadas esse assunto vem sendo a principal pauta das reuniões das organizações mundiais, sendo o mais recente deles o Acordo de Paris, celebrado em 2015, um compromisso mundial em relação às recentes alterações do clima. Os instrumentos econômicos são medidas encontradas para diminuir o efeito dos GEE³ tornando a atividade mais sustentável. Por sua vez, o transporte marítimo por consequência de ser o mais utilizado no transporte de mercadorias, e que diminuindo os custos de frete e leva mais bens que qualquer outro transporte, também é o responsável pela maior poluição. No que se refere ao comércio internacional, esse meio de transporte deve ser penalizado, pois são grandes os danos causados (MESQUITA, 2021). A indústria naval deve operar sob a ótica da sustentabilidade e diminuição de impactos ambientais.

Na indústria de transporte marítimo há uma grande preocupação com o aquecimento global e investimentos são necessários para desenvolvimento de fontes energéticas renováveis (SIMÕES, 2020). A indústria naval é responsável pelos impactos ambientais em razão de seus combustíveis lançarem diversos gases nocivos à atmosfera, como por exemplo os óxidos de enxofre (SOx) e o dióxido de carbono (CO2) (MOURA & BOTTER, 2016). No entanto, pode ser observada iniciativas a partir do desenvolvimento de modelos de navios sustentáveis, sendo a Maersk, a principal das fabricantes de navios pelo mundo. Esta empresa dinamarquesa garante que até 2040 irá trazer soluções 100% verdes⁴.

O presente artigo aponta caminhos a partir de combustíveis e/ou energias mais limpas no modal marítimo, comprovando os ganhos para o meio ambiente, mantendo a capacidade e o tempo de transporte, sabendo que estes em larga escala são viáveis economicamente e consolidando um novo modelo de negócio para a indústria naval.

Os resultados esperados foram atingidos a partir da análise da *performance* dos navios mais sustentáveis existentes em operação com a frota atual em atividade no comércio internacional,

³ Gases do Efeito Estufa (GEE) ou Greenhouse Gases (GHG), são substâncias gasosas naturalmente presentes na atmosfera e que absorvem parte da radiação infravermelha emitida pelo sol e refletida pela superfície terrestre, dificultando o escape do calor para o espaço. Têm alto potencial de aquecimento global. Alguns deles são: CH4, CO2 e N2O (ABNT *on line*, 2022).

⁴ Soluções verdes são alternativas sustentáveis para diminuição de emissão de gases e desenvolvimento de uma indústria utilizando energias renováveis (os próprios autores, 2022).

comparando-se a viabilidade econômica e ambiental dos navios sustentáveis e seus desempenhos. Referente aos objetivos específicos foram levantados impactos e danos causados pelos navios ao meio ambiente; também foi trazido à luz das discussões a influência da sustentabilidade no transporte aquaviário internacional, bem como foram apontados os acordos internacionais recentes para diminuição dos impactos ambientais a partir do desenvolvimento de novas tecnologias na indústria naval.

Os navios são responsáveis pela geração de resíduos de carga e emissão de gases (MELÓN, 2018). Todavia, os acordos mundiais são primordiais para o desenvolvimento dessa nova indústria de navios sustentáveis, pois desacelerar a poluição é o maior desafio que o modelo de produção atual tenta resolver sem causar impactos negativos às economias mundiais e alcançar de fato o desenvolvimento sustentável. Atualmente, diversos países estão mais atentos ao desenvolvimento sustentável do planeta e as empresas calculam sua pegada de carbono⁵. Muitas indústrias ao redor do mundo também tomaram medidas para reduzir as emissões de carbono na atmosfera, como por exemplo, a gigante do mercado de automóveis Tesla, que se destaca com veículos elétricos com emissão zero de carbono e por consequência ainda lucra com o mercado de créditos de carbono, de acordo com seus resultados financeiros.

Portanto, o alinhamento da indústria naval aos novos preceitos de sustentabilidade tem um impacto direto no comércio exterior. A metodologia utilizada se focou na compreensão dos novos rumos que o comércio internacional vem tomando a partir de iniciativas sustentáveis que vêm em um crescente no mundo.

Existem diversos motivos e métodos para realizar uma pesquisa científica podendo ela ser mais aprofundada ou não (MENEZES *et al.*, 2019). Pode-se classificar esta pesquisa como um estudo descritivo e exploratório, quando se assume uma forma mais simples, tais pesquisas descritivas se aproximam das exploratórias (ANDRADE, 2003). Espera-se que os resultados alcançados contribuam com o cabedal de iniciativas e conhecimentos na área de combustíveis mais limpos para a comunidade acadêmica.

2 Fundamento teórica

A fundamentação teórica traz a importância de embarcações de carga para o comércio mundial, tal como a evolução desses navios e seus combustíveis ao longo do tempo. Em relação aos impactos ambientais gerados propõe destacar as consequências que essas embarcações causam ao meio ambiente e soluções propostas em acordos e oportunidades para um novo modelo de indústria naval.

Transporte marítimo

O transporte marítimo e toda sua infraestrutura é um dos grandes aliados do setor produtivo mundial. O Brasil exportou cerca de 463 milhões de toneladas pelo modal marítimo. É fundamental uma agenda de reformas econômicas e institucionais para que o Brasil chegue a ser mais competitivo

⁵ Pegada de carbono é uma medida que calcula a emissão de carbono equivalente na atmosfera por uma pessoa, atividade, evento, empresa, organização ou governo. Muitas atividades rotineiras acabam gerando emissões atmosféricas de gases do efeito estufa (e-cycle.com.br).

no comércio internacional. No ano de 2019, antes da pandemia, do total de exportação de cargas do país, 7% eram correspondentes à movimentação de contêineres e isso proporcionou ao Brasil cerca de US\$ 94 bilhões em 2019 (CNI, 2020).

Desde a antiguidade o uso do transporte marítimo tem sido fundamental para gerar negócios entre povos e nações e, recentemente, com a necessidade de transportar diferentes bens para outros continentes, o transporte marítimo foi evoluindo e se diversificando com o passar dos anos.

O transporte marítimo pode ser considerado estratégico, pois viabiliza transportar grandes volumes de carga, entre países, com baixo custo, certa agilidade e eficiência e ainda conta com uma abrangência territorial enorme, visto que o nosso planeta conta com 70% da sua superfície coberta por mares.

Por ser um recurso logístico e estratégico fundamental para o comércio internacional, órgãos intervenientes foram criados a fim de definir as leis, regras e regulamentações para o modal marítimo, tanto de âmbito internacional como no nacional.

Entre diversos órgãos intervenientes internacionais para o modal marítimo, cita-se a International Maritime Organization (IMO), cuja função é a promoção da segurança e da eficiência na navegação, bem como medidas preventivas para evitar a poluição marítima que pode ser causada por navios através de acidentes ou até mesmo por más condições de conservação da embarcação (TEIXEIRA, 2019).

O transporte marítimo pode facilitar a mobilidade de mercadorias e pessoas e tem respondido às crescentes demandas de circulação de ambos nas últimas décadas, assim como tem sido fundamental na expansão da globalização (WILMSMEIER & MONIOS, 2020).

O transporte marítimo pode ser subdividido em duas partes: longo curso, que é definida como a navegação entre portos de países diferentes (internacional) e de cabotagem, que é definida como sendo a navegação nacional, isto é, portos no mesmo país, podendo ser estes marítimos ou portos interiores do país realizado através de rios (Id., 2019).

Outro ponto de destaque na evolução do transporte marítimo é a propulsão, que é a responsável para que as embarcações sejam mais rápidas e eficientes. Este transporte faz com que países que demonstram influência no seu crescimento econômico com o uso do modal marítimo, criem uma infraestrutura correspondente para gerar competitividade nos terminais e apontem novos rumos internacionais (BERMÚDEZ, 2021).

Transporte marítimo e a emissão de gases

Os impactos causados pelos navios no modal marítimo afeta diretamente as condições harmônicas do balanceamento da temperatura da atmosfera do planeta.

A relação com a conservação dos recursos naturais evoluiu nas últimas décadas, no entanto, muitos hábitos poluentes ainda precisam ser mudados, como a logística utilizada atualmente que é movida por combustíveis fósseis. Seu desempenho leva em consideração o aquecimento global e as emissões de carbono, biodiversidade, eficiência energética, gestão de resíduos e a poluição do ar e dos mares.

A emissão de gases de efeito estufa é uma questão que a sociedade está cada vez mais atenta. A poluição causada nesse modal vem através da queima do óleo combustível fazendo que o carbono (CO₂), óxidos de enxofre (SO_x) e óxidos de nitrogênio (NO_x) sejam emitidos nesse processo. O óleo consumido pelos navios pode ser visto com um dos maiores causadores de poluição dentre todos os poluentes conhecidos (FLANNERY, 2007).

Com o aumento da utilização desse meio de transporte, é imprescindível que haja uma política de redução dos impactos ambientais causados ao meio aquático. É notório que o desenvolvimento das novas embarcações precisa mitigar os danos ao meio ambiente, mas para isso acontecer medidas de comando e controle são essenciais junto às empresas e às autoridades portuárias para o controle desses impactos, além de induzir a indústria a buscar um novo modelo sustentável de políticas e industrialização. A IMO (2020) estima diminuir anualmente emissões de carbono, bem como a tecnologia de navios sustentáveis em empresas como Maersk são algumas das soluções para o modelo atual.

Crédito de Carbono no Protocolo de Kyoto

Desde a Revolução Industrial o uso de combustíveis vem sendo utilizado como meio de progressão econômica e isso fica muito evidente na década de 1970 com o petróleo sendo uma das principais *commodities*⁶ da economia global. Todavia, o planeta paga um preço pela queima de combustíveis fósseis, pois as fontes humanas de emissões de CO₂ teve crescimento com o gás natural, carvão e petróleo. E muito além do fator humano, existem também diversas fontes naturais de emissões de dióxido de carbono, como, por exemplo, a decomposição, liberação de gases pelos oceanos e a respiração dos animais. Estes tipos de emissão causam o aumento da quantidade de CO₂ na atmosfera. O aumento no volume desses gases pode influenciar diretamente no crescimento da temperatura média global, causando problemas para a vida na Terra. Estudo realizado pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) (2021) apontou que os resultados observados demonstram uma contribuição da cobertura da superfície na temperatura média e ganho de energia térmica e ainda comprovam que nas cidades a impermeabilização das vias e o concreto colaboram para elevar a temperatura, enquanto cidades arborizadas mantêm uma temperatura reduzida.

A pesquisa conduzida pelo Pew Research Center (2022) indica que as mudanças climáticas continuam sendo a principal ameaça global em 19 países em que foram feitos os estudos e ainda validam que as pessoas entrevistadas veem a ONU de forma favorável (PEW, 2022). Como observado, os cidadãos já observam uma grande preocupação em relação ao meio ambiente e o fato é que os governos de muitos países começaram a se mobilizar também para diminuir a quantidade de GEE na atmosfera.

Pensando nisso, em 1992 a ONU propôs um tratado internacional para combater mudanças climáticas. Porém só em 1997 foi promulgado o Protocolo Kyoto, que, de acordo com a Agência Senado, foi proposto visando colocar em prática ações definidas pela Organização das Nações Unidas (ONU) que consistem num tratado internacional que determina aos países assinantes a redução paulatina da emissão de GEE (SENADO NOTÍCIAS, 2004). As nações que assinaram o acordo precisam cumprir suas metas de redução a partir de planos de ação. Todavia, caso elas acabassem

⁶ *Commodities* são bens que podem ser padronizados e negociados em mercados organizados. São produtos básicos que são usados na produção de outros produtos ou serviços.

emitindo mais poluentes do que poderiam, existiria a possibilidade de negociar com outro país de emissão reduzida e, assim, pagar pelo lançamento de poluentes. Deste modo deu-se início ao mercado de créditos de carbono. O mercado de crédito de carbono foi a maior conquista do protocolo de Kyoto. Os Estados Unidos da América (EUA) abandonaram o Protocolo em 2001 alegando que cumprir as metas estabelecidas afetaria seu desenvolvimento econômico. Outro fator determinante é que outros países que emitissem muitos gases na atmosfera não eram obrigados pelo protocolo a diminuir suas emissões, como é o caso da China e da Índia. Na época essas nações eram consideradas países em desenvolvimento e o acordo só obrigava países desenvolvidos a diminuírem suas emissões.

Acordo de Paris e desenvolvimento sustentável

Como o protocolo de Kyoto não surtiu efeito como esperado, novamente a Organização das Nações Unidas (ONU) promoveu outro encontro, o qual foi denominado Acordo de Paris em 2015. Na ocasião, o então Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) declarou que este tratado é um acordo global, adotado a partir de dezembro de 2015, estabeleceu medidas de redução de emissão de GEE até 2030 com o intuito de lidar com os impactos gerados pela mudança do clima. Já há no mundo 15 países que cobram impostos sobre a emissão de GEE, sendo que entre alguns deles estão Japão, Portugal, Eslovênia, Reino Unido e África do Sul (GARCIA, 2015). Enquanto isso diversas empresas e governos se comprometeram a zerar a emissão de carbono até 2050, como é o caso da dinamarquesa Maersk, que pretende eliminar totalmente suas emissões de carbono até 2040 e já deu início ao plano com a construção de oito novos navios sustentáveis, que serão entregues a partir de 2024, movidos a biocombustível metanol verde⁷ (MAERSK, 2022).

Crédito de carbono no Brasil

No Brasil, a Camil foi a primeira empresa a receber pela venda de créditos de carbono (GAZETA MERCANTIL, 2006). Em 2006, a empresa vendeu mais de 1 milhão de euros em créditos para a holandesa BTG. Os créditos vieram da usina termelétrica de Itaqui que gera energia a partir da queima de casca de arroz.

Hoje em dia, o país atua no mercado voluntário, que significa que, diferentemente dos países desenvolvidos, não há metas de emissões. Entretanto, pode negociar créditos de carbono de forma voluntária. Esse mercado de créditos de carbono no território brasileiro é uma grande oportunidade pois há um grande potencial do país em reduzir a emissão de gases poluentes, principalmente pelo fato do país ter preservada uma enorme área de matas e florestas (CRED CARBO, 2022). Ainda mais, nosso um país, que possui forte atividade agrícola, poderá criar consórcios com culturas florestais para ampliar o potencial de sequestro dos GEE. No entanto, o Instituto de Energia e Meio Ambiente (2021) em seu relatório anual diz que este foi o pior ano para a agropecuária no que diz respeito à questão das emissões de GEE. Pode-se estimar que apenas o território amazônico é capaz de gerar algo próximo a 10 bilhões de dólares em créditos de carbono, considerando sua extensão territorial. Entretanto, citado documento diz que as alterações no solo, incluindo o desmatamento, provocaram a emissão de 782 milhões de toneladas de carbono.

⁷ Metanol verde é uma das fontes que estão sendo pesquisadas para a produção de biocombustível. Ele pode ser produzido a partir de biomassa, como a madeira, e a carbonização desta biomassa é a principal fonte de energia para a sua produção. O metanol pode ser usado como combustível para automóveis, geradores, motores marítimos e aéreos.

As políticas públicas do governo federal e dos governos estaduais precisam fazer cumprir a lei ambiental, visando potencializar o mercado de crédito de carbono no Brasil. Para o comitê do Banco Mundial, criado para discutir o mercado e a precificação do mercado de carbono, a demora na criação de uma regulamentação de carbono, significa prejuízo financeiro e ambiental e o poder público, junto à iniciativa privada devem trabalhar juntos para desenvolver o Brasil como líder no mercado de crédito de carbono (MME, 2019). Ressalta-se também que o país em 2020 com o Programa RenovaBio gerou uma receita de mais de 650 milhões de reais.

O RenovaBio é uma política de Estado que reconhece o papel estratégico de todos os biocombustíveis (etanol, biodiesel, biometano, bioquerosene, segunda geração, entre outros) na matriz energética brasileira no que se refere à sua contribuição para a segurança energética, a previsibilidade do mercado e a mitigação de emissões dos gases causadores do efeito estufa no setor de combustíveis (Id., 2019, p. 3).

Os biocombustíveis viabilizam uma oferta de energia cada vez mais sustentável, competitiva e segura. Assim, o governo estipulou algumas metas regulatórias que entraram em vigor pelo Decreto nº 9.888 de 2019 (1^a meta, eixo 1) e a certificação (eixo 2), feita a partir da Resolução da Agência Nacional do Petróleo (ANP) nº 758/2018 (eixo 2). Em novembro de 2019 foi publicada a Portaria MME nº 419 que regulamentou as transações com o Crédito de Descarbonização (CBIO). E, por fim, em dezembro de 2019, a ANP emitiu a Resolução nº 802 que estabeleceu os procedimentos para geração de lastro necessário para emissão primária do CBIO – o principal objetivo desse programa é oferecer uma importante contribuição para que haja o cumprimento dos compromissos nacionalmente determinados pelo Brasil no âmbito do Acordo de Paris de 2015 (Ibid., 2019).

Em contrapartida, essa solução do governo ainda não foi responsável por alavancar o país no desenvolvimento do mercado de carbono. A regulamentação do Artigo 6º no Acordo de Paris garante que teremos um ambiente global de mercado de carbono com o Projeto de Lei 528 de 2021 que regulamenta o mercado de crédito de carbono oficialmente no país (Ibid., 2019). Outra possível solução para o desenvolvimento desse mercado é o desenvolvimento do hidrogênio verde. O hidrogênio é um combustível carbono zero, desenvolvido por meio da eletrólise, um processo químico que utiliza o uso de corrente elétrica e separa o hidrogênio do oxigênio que existe na água. O gás formado no processo é chamado hidrogênio verde quando a eletricidade vem de fontes renováveis, como hidrelétrica, eólica e solar. Um dos pontos fortes do Brasil é justamente sua matriz renovável, assim o país pode se tornar exportador deste combustível em alguns anos. O hidrogênio verde poderá ser tornar uma das *commodities* do futuro, posto que até navios visam abastecer-se desse tipo de combustível.

Combustíveis no transporte marítimo

Atualmente o transporte transoceânico utiliza combustíveis fosseis, como o óleo *bunker* e o óleo diesel marítimo. A International Organization for Standardization (ISO) tem estabelecido o padrão aceito para combustíveis marítimos desde a década de 1980 (PETROBRAS, 2021). A última edição da especificação para combustíveis marítimos é a ISO 8217:2017. A norma divide os combustíveis em combustíveis residuais e combustíveis destilados. Navios com motores mais

avançados podem lidar com combustíveis mais pesados, mais viscosos e, assim, mais economicamente viáveis.

Desde 2018, cerca de 300 milhões de toneladas métricas de óleo combustível foram usadas para abastecer navios. As emissões do consumo de combustível dos navios podem contribuir para as mudanças climáticas e a poluição do ar.

Em contrapartida, apesar dos impactos ambientais causados pela atual indústria naval mundial, há soluções positivas no que se refere ao desenvolvimento sustentável como os biocombustíveis metanol verde e hidrogênio verde. Este último sendo uma possível oportunidade para o Brasil, visto que há estudos avançados referente a esse tema no país.

Bunker Fuel

O óleo combustível utilizado no transporte marítimo pode ser denominado como *marine fuel* ou simplesmente *bunker* que é uma fração obtida da destilação do petróleo (petróleo bruto) (PETROBRAS, 2021). Essa composição inclui o destilado, uma fração mais leve do petróleo, e também o resíduo, que é a fração mais pesada, e ainda que seja produzido a partir da mesma matéria-prima dos óleos combustíveis industriais, divergem destes quanto à sua formulação e portam especificações mais restritivas.

A rigor, óleo combustível refere-se apenas ao combustível comercial mais pesado que pode ser produzido a partir do petróleo bruto, ou seja, combustíveis mais pesados que a gasolina e a nafta. Óleos derivados de petróleo mais pesados, como diesel e óleos lubrificantes são menos voláteis e destilam mais lentamente.

O combustível marítimo é menos útil porque é muito viscoso e precisa ser aquecido com um sistema especial antes do uso e pode conter quantidades relativamente grandes de poluentes, especialmente enxofre, que forma dióxido de enxofre quando queimado. No entanto, suas propriedades indesejáveis o tornam muito barato. Na verdade, é o combustível líquido de menor valor comercial. Devido à necessidade de aquecimento antes do uso, o óleo combustível *bunker* usado não pode ser aproveitado em veículos rodoviários, aviões ou pequenas embarcações, pois o equipamento de aquecimento ocupa um espaço valioso e torna o veículo mais pesado. O aquecimento a óleo também é um processo delicado que é impraticável em veículos pequenos e rápidos. No entanto, usinas de energia e grandes navios são capazes de usar óleo combustível residual. Ainda mais, a necessidade de disponibilidade do sistema de aquecimento para atingir a viscosidade necessária para injeção no motor e, assim, quanto mais viscoso for o óleo, mais alta será a temperatura a que ele deve ser aquecido para atender o valor preciso para injeção no motor (Id., 2021).

Devido à má qualidade do combustível, é especialmente prejudicial à saúde humana quando queimado, causando doenças graves e até a morte. Visando diminuir esses impactos para a saúde, a International Maritime Organization (IMO) estabeleceu um limite de enxofre que entrou em vigor a partir de 1º de janeiro de 2020 – 0,50% m/m para uso a bordo de navios que operam fora das áreas designadas. Esta é uma redução considerável em relação ao limite estabelecido anteriormente de 3,5%. Este novo limite se tornou obrigatório após uma emenda ao Anexo VI da Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios (MARPOL) (IMO, 2020).

Óleo diesel marítimo

Outro conhecido combustível nos navios é o óleo diesel marítimo, também denominado MGO ou DMA, que contém requisitos diferentes do óleo *bunker* (PETROBRAS, 2021). O diesel marítimo tem uma viscosidade bem diferente e ainda atende algumas propriedades únicas como, por exemplo, o índice de cetano, estabilidade à oxidação e aparência. No que se refere ao teor de enxofre, segue normas específicas para os destilados, chegando até 0,5%. Existem dois tipos de óleo diesel marítimo, o MGO 8217:2010 que atende a especificação da ISO 8217:2010, que é comercializado para armadores de curso mais longo e cabotagem, e o MGO 8217:2005 que atende às exigências da ISO 8217:2005, mas não segue a especificação brasileira atual. Todavia este pode ser comercializado normalmente para armadores de longo curso, caso não estejam sujeitos a especificação local.

Metanol verde

O metanol verde é uma nova opção de combustível verde ou simplesmente biocombustível. Se há algo que não falta no nosso planeta é a poluição por CO₂, com mais de 36 bilhões de toneladas produzidas apenas em 2021 (PRNEWSWIRE, 2022). O CO₂ é responsável por mais de 60% das emissões de gases de efeito estufa (GEE) sendo uma das principais causas do aquecimento global. A União Europeia desenvolveu um projeto novo conhecido como Laurelin (CORDIS, 2022) que tem foco na transformação da poluição de CO₂ de combustíveis fósseis em combustível verde de baixo carbono. Lançado em maio de 2021, este projeto desenvolve processos inovadores para converter CO₂ em metanol verde. O metanol verde tem um grande potencial para desempenhar um papel de protagonismo na descarbonização do setor de transporte, além de combater o problema da poluição por óxido de nitrogênio (NO_x) e óxido de enxofre (SO_x).

O metanol é considerado um combustível promissor e tecnicamente viável para a indústria naval. A redução das emissões de GEE é um dos objetivos principais e o uso de navios sustentáveis movidos a metanol verde vai contribuir muito para a empresa chegar na meta de zero emissão de carbono até 2050 (MAERSK, 2022). As empresas estão cada vez mais interessadas em metanol verde, porque é um combustível de emissão de carbono zero e, com o crescente investimento em energia renovável e economia de hidrogênio, há grandes expectativas no mercado de metanol verde.

Estudo realizado estima que até 2031 o mercado de metanol verde chegue ao valor de US\$ 3,15 bilhões e ainda valida que o tamanho atual global do mercado de metanol verde é avaliado em cerca de US\$ 122,35 bilhões em 2021. Alguns dos possíveis setores responsáveis por aumentar a demanda de metanol verde pelo mundo são os da indústria química, de atividades governamentais para infraestrutura de baixo carbono, por exemplo (Id., 2022).

À medida que o comércio global continua a crescer, o transporte marítimo também seguirá com um crescente considerável. Sendo assim, o setor de transporte marítimo e os reguladores veem a necessidade de mudanças urgentes acerca do impacto ambiental. Ainda são muito recentes as soluções de biocombustíveis no setor transoceânico, sejam elas bem-sucedidas ou não. É preciso compreender as inovações que estão surgindo e analisar seus conceitos sob o olhar da sustentabilidade.

Hidrogênio verde

O hidrogênio verde, assim como o metanol verde é uma solução sustentável de biocombustível, produzido com eletricidade proveniente de fontes de energias limpas e renováveis, e seu principal benefício é que ele é carbono zero.

Esse novo conceito de biocombustível tem um grande potencial, pois as fontes de energias renováveis, tais como solar, eólica e biomassa são geradoras de eletricidade. Já referente ao hidrogênio, este elemento pode protagonizar um papel de agente integrador entre a geração de energia elétrica e outros usos e aplicações através do conceito denominado Power-to-X (PtX) (PUC-RS, 2022).

O hidrogênio pode ser aplicado em diversos setores industriais, sendo necessários para a fabricação de diversos produtos como alimentos, fertilizantes e combustíveis. Cerca de 96% do hidrogênio tem sua produção através de rotas não renováveis e não ecológicas. Ainda mais, 48% de hidrogênio em todo o planeta é produzido a partir de gás natural e 30% do petróleo e cerca de 18% do carvão. No entanto, os 4% restantes do volume total são produzidos a partir da eletrólise da água, gerando assim emissões de carbono reduzidas (Id., 2022).

O Brasil avança nas pesquisas referentes a esse novo modo de produzir combustível. Segundo o Instituto do Petróleo e dos Recursos Naturais (IPR) da PUC-RS (2022) estão sendo desenvolvidos, desde 2021, estudos referentes a produção de hidrogênio verde e ainda de eletrólise da água e sua integração com tecnologias Power-to-X em ambientes em alto mar (*offshore*). O projeto é financiado pela Petronas Petróleo Brasil (PPBL), uma empresa subsidiária da Petronas, com base na Malásia, e tem como objetivo compreender qual o potencial do hidrogênio verde e seus impactos positivos para diferentes setores da economia.

3 Análise e discussão dos resultados

É notória a importância do modal marítimo em um mundo cada vez mais globalizado. As indústrias e os modelos de produção estão evoluindo com a introdução de novas tecnologias capazes de aumentar significativamente a produtividade, inaugurando assim um novo patamar de consumo. Todavia, é esse consumo que atua como um grande agravante, uma vez que quanto mais se consome, mais se produz e mais se necessita de recursos naturais para viabilizar a produção. Portanto, cada vez mais recursos naturais são explorados e impactos ambientais causados.

Como resultado, ações conjuntas entre as nações foram importantes para diminuir os impactos referente ao meio ambiente, sendo o Protocolo de Kyoto, firmado em 1997, um dos acordos que definiu diretrizes do comércio de emissões e o mecanismo de desenvolvimento limpo, denominado como crédito de carbono (SENADO NOTÍCIAS, 2004). Já referente ao Acordo de Paris de 2015, o crédito de carbono ficou evidenciado como uma grande oportunidade de negócio para empresas que diminuem suas emissões de carbono, sendo a Tesla uma das empresas que melhor aproveitou essa oportunidade nos últimos anos.

Esse artigo visa evidenciar que, de forma análoga, é possível desenvolver um transporte marítimo mais sustentável e viável economicamente. Para chegar a esse resultado, o valor referencial de crédito de carbono usado é o do site [Investing.com](https://www.investing.com) que apresentou na data de 30 de maio de 2022

o valor futuro de £ 83,20. O valor convertido para dólar emitido pelo Banco Central do Brasil na mesma data resultou em US\$ 89,68.

Navios sustentáveis

Os navios sustentáveis são definidos principalmente pelo uso de sistemas que ajudam a reduzir o impacto ambiental. O uso de energia renovável é a principal alternativa para estes impactos. A implementação de um sistema integrado de resíduos de navios faz parte de uma política de redução do impacto ambiental. A implantação de sistemas integrados nos portos como base para o desenvolvimento de cadeias logísticas de resíduos e eliminação de eventos adversos é uma boa alternativa (DEJA *et al.*, 2021). A responsabilidade das empresas e da sociedade em geral na questão da marinha visa reduzir o impacto ambiental que aumenta a cada ano, fornecendo soluções avançadas para proteger o planeta.

Navios não sustentáveis

Após o surgimento dos primeiros barcos a vapor, cerca de 200 anos atrás, o uso dos motores a diesel tornou-se popular. Além disso, modernas turbinas a vapor foram desenvolvidas para alimentar grandes navios. Atualmente os navios cargueiros transportam uma grande variedade de produtos, desde alimentos perecíveis a carros e até mesmo petróleo. Há também alguns transatlânticos, que transitam pelos oceanos e são projetados para transportar muitos passageiros e há muitos anos os navios passaram a ser movidos a combustíveis fósseis e não mais a vapor, como antes.

Características dos navios

Para o comparativo foi utilizado quatro navios para mostrar qual deles têm o melhor custo-benefício sob a ótica da sustentabilidade. O comparativo visa avaliar sua capacidade, custo de produção e o menor nível de poluição do meio ambiente, ou seja, minimizando os impactos ambientais que demandariam investimentos em tratamento custosos para recuperar os efeitos negativos causados pela queima do combustível. Nesse comparativo há a divisão de dois grupos de navios, sendo eles navios sustentáveis e navios não sustentáveis.

Os navios sustentáveis, utilizados nesse comparativo, são:

- Navio 1 comprado pela Maersk e movido por metanol verde é um modelo de navio de cargas sustentável que a empresa utilizará para atender a missão de reduzir a emissão de carbono. O navio é produzido pela Hyundai Heavy Industries, a previsão é que ele comece a operar em mares no ano de 2024 e custou cerca de US\$ 175 milhões para a empresa dinamarquesa e tem capacidade para 16.000 containers e vida útil de 25 anos. Este navio reduzirá em média 125.000 toneladas de carbono anuais para a empresa (LOUREIRO, 2021);
- Navio 2, do grupo CMA CGM e lançado em 2020, é o maior porta-contêineres movido a gás natural liquefeito (GNL) do mundo com capacidade para 23.000 contêineres (MEDEIROS, 2020). Conhecido como CMA CGM Jacques Saade é o primeiro de uma nova classe de *boxships*⁸ e emite 20% menos dióxido de carbono, 99% menos dióxido de enxofre e 85% menos dióxido de nitrogênio na comparação com navios semelhantes. Seu custo foi de aproximadamente US\$ 600

⁸ *Boxships* é o nome dado aos novos grandes navios porta-containers movidos a GNL desenvolvidos para a CMA CGM da mesma família do Jacques Saade.

milhões e vida útil de 25 anos. Esta embarcação reduz em média 187.500 toneladas de carbono anualmente para a empresa.

Os navios não sustentáveis utilizados são:

- Navio 1 da Maersk abastecido com *bunker fuel*. Seu nome é Maersk Ganges e é comumente encontrado nos mares para fazer o transporte dos contêineres. Seu custo aproximado foi de US\$ 136 milhões e sua capacidade é para 6.000 contêineres e tem vida útil de 20 anos (MARINE TRAFFIC, 2022). Vale ressaltar que esse navio emite cerca de 57.000 toneladas de carbono na atmosfera em média anualmente;
- Navio 2, denominado HMM Algeciras, foi considerado em 2020 o maior navio porta-contêineres do mundo, sendo operado pela empresa sul coreana Hyundai Merchant Marine (HMM). É o primeiro de uma frota de mega navios e contém uma capacidade para mais de 24.000 contêineres (SCHANDERT, 2020). A embarcação custou cerca de US\$160 milhões e tem vida útil de 20 anos. O combustível que esse navio utiliza é o *bunker fuel* e emite cerca de 228.000 toneladas de carbono anualmente.

Tabela 1. Comparativo entre navios.

COMPARATIVO DOS NAVIOS				
	SUSTENTÁVEL 1	GANGUES MAERSK	SUSTENTÁVEL 2	HMM ALGECIRAS
CUSTO	\$ 175.000.000,00	\$ 136.000.000,00	\$ 600.000.000,00	\$ 140.000.000,00
CAPACIDADE CONTEINERS	16.000	6.000	23.000	24.000
MILHAS POR ROTA	4.313,50	4.313,50	4.313,50	4.313,50
FRETE	\$ 1.575,00	\$ 1.575,00	\$ 1.575,00	\$ 1.575,00
COMBUSTIVEL	Metanol verde	Bunker Fuel	GNL	Bunker Fuel
TONELADAS COMBUSTIVEL ROTA	2340	45000	4000	180000
CUSTO COMBUSTIVEL TONELADA US\$	\$ 643,00	\$ 745,00	\$ 700,00	\$ 745,00
CUSTO COMBUSTIVEL TOTAL ROTA US\$	\$ 1.504.620,00	\$ 33.525.000,00	\$ 2.800.000,00	\$ 134.100.000,00
CUSTO COMBUSTIVEL ANUAL US\$	\$ 18.055.440,00	\$ 402.300.000,00	\$ 33.600.000,00	\$ 1.609.200.000,00
CUSTO COMBUSTIVEL VIDA UTIL	\$ 451.386.000,00	\$ 8.046.000.000,00	\$ 840.000.000,00	\$ 32.184.000.000,00
REDUÇÃO CARBONO ANUAL	125.000	0 anuais	187.500	0 anuais
VIDA UTIL (ANOS)	25	20	25	20
CREDITO CARBONO POR TONELADA	\$ 89,68	-	\$ 89,68	-
CREDITO CARBONO TOTAL	\$ 11.210.000,00	-	\$ 16.815.000,00	-
GANHO POR ROTA	\$ 25.200.000,00	\$ 9.450.000,00	\$ 36.225.000,00	\$ 37.800.000,00
GANHO POR 12 ROTAS (ANO)	\$ 302.400.000,00	\$ 113.400.000,00	\$ 434.700.000,00	\$ 453.600.000,00
TOTAL ANUALMENTE	\$ 313.610.000,00	\$ 113.400.000,00	\$ 451.515.000,00	\$ 453.600.000,00
TOTAL VIDA UTIL	\$ 7.840.250.000,00	\$ 2.268.000.000,00	\$ 11.287.875.000,00	\$ 9.072.000.000,00
TOTAL	\$ 7.213.864.000,00	\$ -5.914.000.000,00	\$ 9.847.875.000,00	\$ -23.252.000.000,00

█ Navio não Sustentável
█ Navio Sustentável

Fonte: os próprios autores (2022).

Conforme demonstrado na Tabela 01, o custo do frete é um valor pré-estabelecido de US\$1.575,00, considerando este o valor de um único container e a rota é de Lisboa (Portugal) a Rio de Janeiro (Brasil) com 4.313,5 milhas. Os números analisados evidenciam que os dois navios sustentáveis ao longo de sua vida útil podem ser mais rentáveis, tanto pelo mercado de créditos de carbono, quanto pelos valores de fretes totais, caso tenham toda sua capacidade carregada de contêineres.

No comparativo foi realizada a escolha por navio a partir de uma rota única para permitir a adequada comparação para os diferentes combustíveis não sustentáveis e sustentáveis. A capacidade e custo de produção dos navios têm suas diferenças, mas a Tabela visa mostrar que é possível fazer o uso de um combustível sustentável entregando a mesma capacidade, ou até superior, sem agredir o

meio ambiente com a emissão de carbono e ainda conseguir um retorno não só ambiental, mas também financeiro, com a possibilidade de negociar créditos de carbono.

4 Considerações finais

Atualmente, o transporte marítimo é o modal mais importante para o comércio exterior, haja vista a sua grande capacidade de transporte de cargas pesadas e baixo custo. Todavia, o mercado sinaliza novos paradigmas como o novo olhar para a sustentabilidade como valor no negócio, sendo benéfico para as partes envolvidas, sejam consumidores finais, governos ou fabricantes, além de ser vantagem competitiva para as empresas que hoje tendem a se comprometer com a sustentabilidade e responsabilidade social, como é o caso da Maersk.

Também é notório que o meio de transporte marítimo é atualmente, dentre todos os meios de transporte, o mais poluente. O *bunker fuel* é um combustível que necessita de uma temperatura muito alta para chegar ao ponto de ebulição e consequentemente libera muito mais GEE na atmosfera. Analogamente, é este também o meio de transporte que mais carrega cargas de longa distância.

Diante dos resultados avaliados nesse trabalho sugere-se a indicação ou adoção de navios sustentáveis (a base de combustível metanol verde ou GNL) para o transporte de mercadorias pelo comércio exterior, considerando o retorno ambiental e financeiro que esse navio proporciona com ganhos em créditos de carbono.

Buscar uma forma de viabilizar o transporte marítimo atrelando a sustentabilidade a ele, sem que se perca a eficiência produtiva, são desafios que empresas fabricantes de navios cargueiros enfrentarão. Conclui-se que é importante haver uma linha de crédito para incentivar esse tipo de produção e desenvolvimento de navios mais sustentáveis e assim, poder proporcionar uma nova frota de navios cargueiros de longas rotas, os quais irão reduzir consideravelmente suas pegadas de carbono e respectivos impactos ambientais, validando assim a nova perspectiva sustentável que o mundo vem adotando nas últimas décadas.

Referências

- ANDRADE, M. M. **Introdução à Metodologia do Trabalho Científico**. São Paulo: Atlas, 2003.
- BERMÚDEZ, B. L. **El crecimiento económico y el transporte marítimo: un modelo de datos de panel**. D'ECONOMÍA, n. 1, p. 35-43, 2021.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). 2020. **Evolução do mercado mundial de transporte de contêineres**. Disponível em: <[chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/68/84/688462ee-172a-4dae-bd2d-4ca1d88ec0fe/relatorio_cni_-evolucao_do_mercado_mundial_de_transporte_de_conteineres.pdf](https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/68/84/688462ee-172a-4dae-bd2d-4ca1d88ec0fe/relatorio_cni_-evolucao_do_mercado_mundial_de_transporte_de_conteineres.pdf)>. Acesso em: 30 out. 2022.
- CORDIS. 2022. **Selective CO₂ conversion to renewable methanol through innovative heterogeneous catalyst systems optimized for advanced hydrogenation technologies (microwave, plasma and magnetic induction)**. Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101022507>>. Acesso em: 30 out. 2022.
- CRED CARBO. 2022. **Comprar Créditos de Carbono**. Disponível em: <<https://credcarbo.com/carbono/como-comprar-creditos-de-carbono>>. Acesso em: 30 out. 2022.
- DEJA, A., KAUP, M., GRÓBARCZYK, M., SLACZKA, W. Use of the Port Community System in Sustainable Ship-Generated Waste Management. **European Research Studies Journal**, v. 24, n. 2B, p. 488-501, 2021.
- FLANNERY, T. F. **Os Senhores do Clima**. São Paulo: Record, 2007.
- GARCIA, R. Como será o mercado de carbono do Brasil, que foi adiado para 2017. **Observatório do Clima, 2015**. Disponível em: <<https://www.oc.eco.br/como-sera-o-mercado-de-carbono-do-brasil>>. Acesso em: 30 out. 2022.
- GAZETA MERCANTIL. 2006. **CAMIL recebe 1,5 milhão por créditos de carbono**. Disponível em: <<https://tnpetroleo.com.br/noticia/camil-recebe-15-milhao-por-creditos-de-carbono>>. Acesso em: 30 out. 2022.
- INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION (IMO). 2020. **Cortando as emissões de óxido de enxofre**. Disponível em: <<https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Sulphur-2020.aspx>>. Acesso em: 30 mai. 2022.
- INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE (IEMA). 2021. **Relatório Anual 2020: principais realizações nos cinco objetivos do Planejamento Estratégico**. Disponível em: <<http://energiaeambiente.org.br/produto/relatorio-anual-2020>>. Acesso em: 30 out. 2022.
- INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE RONDÔNIA (IFRO). 2021. **Professores de Física desenvolvem equipamento didático que simula o efeito estufa e o aquecimento global**. Disponível em: <<https://portal.ifro.edu.br/calama/noticias/10804-professores-de-fisica-desenvolvem-equipamento-didatico-que-simula-o-efeito-estufa-e-aquecimento-global>>. Acesso em: 30 mai. 2022.

LOUREIRO, R. A aposta de US\$ 1,4bi da Maersk rumo a uma navegação de baixo carbono. Reset, 2021. Disponível em: <<https://www.capitalreset.com/a-aposta-de-us-14bi-da-maersk-rumo-a-uma-navegacao-de-baixo-carbono/>>. Acesso em: 30 mai. 2022.

MAERSK. 2022. Maersk accelerates fleet decarbonisation with 8 large ocean-going vessels to operate on carbon neutral metanol. Disponível em:<<https://www.maersk.com/news/articles/2022/08/24/maersk-accelerates-fleetdecarbonisation>>. Acesso em: 30 out. 2022.

MARINE TRAFFIC. 2022. Maersk Ganges: Container Ship IMO: 9694581. Disponível em: <https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:1635726/mmsi:5651960_00/imo:9694581/vessel:MAERSK_GANGES>. Acesso em: 30 mai. 2022.

MEDEIROS, V. O maior navio porta-contêineres do mundo movido a GNL chega ao Reino Unido e bate recorde mundial com 20.723 contêineres abordo. **Click Petróleo e Gás, 2020.** Disponível em: <<https://clickpetroleoegas.com.br/o-maior-navio-porta-containeres-do-mundo-movido-a-gnl-chega-ao-reino-unido-e-bate-recorde-mundial-com-20-723-containeres-abordo/>>. Acesso em: 30 out. 2022.

MELÓN, S. A. Proposta de melhorias e de indicadores na gestão sustentável de resíduos provenientes de navios no Porto de Lisboa. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2018.

MENEZES, A. H. N., DUARTE, F. R., CARVALHO, L. O. R., SOUZA, T. T. S. Metodologia científica: teoria e aplicação na educação a distância. Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina-PE, 2019.

MESQUITA, J. L. Combustível de navios: poluentes e insustentável. Mar Sem Fim, 31. jan. 2021. Disponível em: <marsemfim.com.br/combustivel-de-navios-poluente-e-insustentavel>. Acesso em: 30 mai. 2022.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES (MCTIC). **Acordo de Paris, 2021.** Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/acordo-de-paris-e-ndc/arquivos/pdf/acordo_paris.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2022.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). 2019. **RenovaBio.** Disponível em: <<http://antigo.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/acoes-e-programas/renovabio>>. Acesso em: 30 out. 2022.

MOURA, D. A., BOTTER, R. C. Transporte marítimo – o corredor verdade para o Brasil. **Revista Gestão Industrial**, v. 12, n. 2, 2016.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **ONU News - Perspectiva Global Reportagens Humanas. 2020.** Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2020/09/1727312>>. Acesso em: 30 mai. 2022.

PETROBRAS. **Combustíveis marítimos: informações técnicas. 2021.** Disponível em: <https://petrobras.com.br/data/files/02/83/FA/2C/5A39C710E2EF93B7B8E99EA8/Manual_Combustiveis_Maritimos_2021.pdf>. Acesso em: 30 out. 2022.

PEW RESEARCH CENTER. 2022. **A mudança climática continua sendo a principal ameaça global em 19 países.** Disponível em: <<https://www.pewresearch.org/global/2022/08/31/climate-change-remains-top-global-threat-across-19-country-survey/>>. Acesso em: 30 mai. 2022.

PRNEWSWIRE. 2022. **Global Green Methanol Market to Reach \$3.15 Billion by 2031 - Exclusive DeepTech M-A-PTM Analysis by BIS Research.** Disponível em: <<https://www.prnewswire.com/news-releases/global-green-methanol-market-to-reach-3-15-billion-by-2031--exclusive-deeptech-m-a-ptm-analysis-by-bis-research-301655890.html>>. Acesso em: 30 out. 2022.

PUC-RS. 2022. **Energia do futuro? Entenda o que é o hidrogênio verde: projeto conduzido no Instituto do Petróleo e dos Recursos Naturais da PUCRS aposta no hidrogênio com baixa emissão de carbono.** Disponível em: <<https://www.pucrs.br/blog/hidrogenio-verde/>>. Acesso em: 30 out. 2022.

SCHANDERT, S. HMM apresenta o “HMM Algeciras”, maior navio porta-contêineres do mundo. **DatamarNews, 2020.** Disponível em: <<https://www.datamarnews.com/pt/noticias/hmm-apresenta-o-hmm-algeciras-maior-navio-porta-containeres-do-mundo/>>. Acesso em: 30 out. 2022.

SENADO NOTÍCIAS. **Protocolo de Kyoto.** 2004. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/noticias/entenda-o-assunto/protocolo-de-kyoto>>. Acesso em: 30 mai. 2022.

SIMÕES, R. S. F. **Uso de energias sustentáveis em navios de recolha de resíduos.** Instituto Superior de Engenharia do Porto, Portugal: 2020.

SOUZA JÚNIOR, S. N. **Regulação Portuária: A Regulamentação Jurídica dos Serviços Públicos de Infraestrutura Portuária no Brasil.** São Paulo: Saraiva, 2008.

TEIXEIRA, J. C. **Sustentabilidade: o que é, como funciona, benefícios e exemplos.** FIA, 2019. Disponível em: <<https://fia.com.br/blog/sustentabilidade/#:~:text=Consiste%20na%20busca%20por%20formas,o%20ritmo%20de%20crescimento%20econ%C3%B4mico>>. Acesso em: 30 mai. 2022.

WILMSMEIER, G., MONIOS, J. **Geographies of maritime transport.** Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2020.