

**CAMINHOS PARA ZERO EMISSÕES LIQUIDAS E OBTENÇÃO DE CRÉDITOS
DE CARBONO EM EMBARCAÇÕES MARITIMAS DE APOIO: RELAÇÃO
EMISSÃO x COMPENSAÇÃO**

**PATHWAYS TO ZERO NET EMISSIONS AND OBTAINING CARBON CREDITS ON
SEA SUPPORT VESSELS: EMISSION X COMPENSATION RELATIONSHIP**

Luis Felipe Umbelino dos Santos¹
Luiz Pinedo Quinto Junior²
Saulo Marelli Matos³

RESUMO: Considerando os compromissos climáticos internacionais, diversos segmentos econômicos estão sendo estimulados pelo processo de descarbonização e neutralização de suas emissões provenientes de combustíveis de origem fóssil. O modal de transporte marítimo é responsável pelo comércio de cargas gerais e possui forte atuação no Brasil nas operações de exploração e produção de petróleo e gás offshore. Um dos impactos ambientais mais importantes nos serviços marítimos com embarcações é a poluição do ar através da emissão de gases e partículas da queima de combustíveis fósseis. Neste recorte, o objetivo deste artigo consiste em apresentar por meio de pesquisa bibliográfica as práticas promissoras e tendências para a redução das emissões de gases de efeito estufa considerando as rotas

¹ Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Campus Macaé. Realizou Estágio de Pós-Doutorado em Ciência do Solo pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (2015), Doutorado em Ecologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2008), Mestrado em Geografia pela Universidade Federal Fluminense (2004) e Bacharelado e Licenciatura em Geografia pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (2001). Atuo como professor e coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Doutorado em Modelagem e Tecnologia para Meio Ambiente Aplicadas em Recursos Hídricos e da Pós Graduação Lato Sensu em Energias e Sustentabilidade. Participo como Conselheiro Titular do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba desde 2014 e como membro do Comitê de Bacias Hidrográficas do Rio Macaé e das Ostras desde 2013 até 2022. Atuo nas Áreas de Geografia, Ecologia e Hidrologia, com atividades recentes de pesquisa relacionadas a Gestão dos Recursos Hídricos, Conservação de Áreas Protegidas e Manejo de Bacias Hidrográficas. E pesquisador associado do Laboratório de Ecotoxicologia Ambiental - LEMAM/IFF e do Grupo de Estudos Ambientais - GEA/UERJ.

² Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo (1979), mestrado em Planejamento Urbano pela Universidade de Brasília (1988) e doutorado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo (2002). Atualmente é professor do Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal Fluminense em Campos dos Goitacazes. Ministrou aulas no curso de Arquitetura e Urbanismo da UEL, Universidade Católica de Santos, Centro Universitário Belas Artes e Engenharia Civil da UnB. Tem experiência na área de Planejamento Urbano e Regional, com ênfase em Gestão Municipal, atuando principalmente nos seguintes temas: Planejamento Urbano-Gestão Participativa, Plano Diretor, Desenho e Projeto Urbano, grandes projetos de infraestrutura e impactos urbanísticos e em Legislação Urbana e Ambiental. Pesquisa os impactos ambientais e urbanos da construção do Complexo Portuário do Açú-Norte do Rio de Janeiro.

³ Possui graduação em Engenharia de Petróleo pela Universidade de Vila Velha (2008). Foi professor da Faculdade de Castelo de 2010 a 2011. Pós-graduado MBA em gestão empresarial - FGV (2014-2016). Especialização em Engenharia Ambiental e Saneamento Básico pela UNESA (2018-2019). Mestrando em engenharia ambiental no IFF (2022-2024) com atuação na área de concentração: Gestão Ambiental das Cidades, Gerenciamento de Resíduos e Efluentes.



tecnológicas para a obtenção de zero emissões líquidas e os créditos de carbono no âmbito das embarcações marítimas como fontes móveis emissoras.

Palavras-chave: emissões líquidas; crédito de carbono; embarcação marítima.

ABSTRACT: Considering international climate commitments, several economic segments are being stimulated by the process of decarbonization and neutralization of their emissions from fossil fuels. The maritime transport mode is responsible for general cargo trade and has a strong presence in Brazil in offshore oil and gas exploration and production operations. One of the most important environmental impacts in maritime services with vessels is air pollution through the emission of gases and particles from the burning of fossil fuels. In this paper, the objective is to present, through bibliographical research, promising practices and trends for reducing greenhouse gas emissions considering technological routes to obtain zero net emissions and carbon credits within the scope of vessels maritime as mobile emission sources.

Keywords: net zero emissions; carbon credit; maritime vessel.

1 INTRODUÇÃO

As atividades humanas estão no centro da crise ambiental e a poluição do ar é uma dimensão desta ameaça ambiental global, que ocorre principalmente, através da emissão de gases do efeito estufa e o desequilíbrio pelo aumento da concentração na atmosfera (IPCC, 2022).

No contexto dos transportes de cargas, as embarcações marítimas são responsáveis por aproximadamente 90% do comércio mundial em volume e representa 3% das emissões de gases do efeito estufa, contribuindo para o impacto ambiental em áreas costeiras e portos. Desta forma, deve enfrentar grandes alterações envolvendo o uso e transportes de combustíveis alternativos contribuindo para a descarbonização e eficiência ambiental do segmento (IMO, 2023).

É importante conhecer que a aplicação de combustíveis alternativos e tecnologias para sistemas híbridos de energias são alternativas que melhoram o desempenho das fontes emissoras móveis, pois atuam diretamente na redução das emissões de gases e eficiência energética no curto e médio prazo. Bem como, atuam positivamente como projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo e no sistema de crédito de carbono atribuído as emissões de CO₂ evitadas na atmosfera pelo setor de transporte marítimo (SINAVAL, 2020).



Portanto, o objetivo principal deste trabalho consiste em apresentar as metas do setor marítimo e rotas com foco em zero emissões líquidas provenientes da queima de combustíveis fósil e os aspectos positivos na forma de possíveis projetos de créditos de carbono para as organizações.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Para *Elshkaki e Shen* (2022) no contexto da transição energética para a estabilização do clima, a magnitude da crise global em relação ao aumento de temperatura é diretamente proporcional ao CO₂ emitido cumulativo na atmosfera. Por isso, alcançar emissões líquidas de zero é uma meta cada vez mais desafiadora em todo o mundo e é fundamental uma transição rápida e abrangente das fontes de energia, incluindo reduções drásticas no uso de combustíveis fósseis, melhorias substanciais em eficiência energética e gerenciamento do carbono emitido.

Segundo *Anater et al* (2016) o Protocolo de Kyoto, que prevê a redução de emissões de gases causadores do efeito estufa através do mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL). As nações em desenvolvimento podem reduzir voluntariamente as emissões de gases de efeito-estufa, gerando créditos de carbono, chamados de reduções certificadas de carbono (RCEs), que podem ser vendidos a países desenvolvidos. Sendo assim, a convenção das Nações Unidas sobre mudança do clima (UNFCCC) é o órgão que registra os projetos adequados ao âmbito do MDL.

Anater et al (2016) e *Kempfer* (2016) mencionam outro mecanismo de geração e venda de créditos de carbono, o padrão verificado de carbono (VCS) que compreende um método onde projetos podem comprovar que estão efetivamente reduzindo a emissão de gases de efeito estufa (GEE) e qualquer país de forma voluntária pode participar. Neste programa são geradas as unidades de carbono verificadas, onde corporações, organizações e pessoas adquirem voluntariamente a fim de colaborar e incentivar as reduções globais de emissão de GEE.



Godoy (2013), Silveira e Oliveira (2021) afirmam que dos mecanismos de comércio de emissões, surgiu o estabelecimento de dois tipos de mercados de créditos de carbono no mundo: o oficial (Protocolo de Kyoto) e o voluntário (Alternativo).

Silveira e Oliveira (2021) e Anater *et al* (2016) concluem que energias renováveis são fundamentais para diversificação da matriz energética. Tanto no mercado oficial (RCE) e no mercado voluntários (VCS) é observado que projetos que visam o aproveitamento de energias renováveis são a maioria e há uma predominância na substituição do combustível fóssil, geralmente por biocombustível renovável. Contribuindo para o ciclo de descarbonização



conforme representado na Figura 01.

Figura 01: Ciclo da descarbonização.
Fonte: Adaptado de Silveira e Oliveira (2021).

Há várias maneiras de gerar crédito de carbono, como: *diminuição do desmatamento, substituição dos combustíveis fósseis e a utilização de biomassas renováveis* (Cesca *et al.*, 2023). Através da redução certificada de emissões ou unidades de carbono verificadas são os meios de comprovação dos projetos geradores do conhecido crédito de carbono e é mensurado por cada unidade de crédito de carbono que representa uma tonelada de carbono que deixou de ser emitida para a atmosfera.



Assim sendo, estudos sobre emissões pelas embarcações marítimas foram publicadas em 2000, 2009, 2014 e 2020, sendo conhecidos como primeiro, segundo, terceiro e quarto estudos da IMO sobre gases de efeito estufa (IMO, 2023). O Quadro 01 apresenta em síntese as principais contribuições de cada estudo publicado pela IMO.

<i>Estudo / Ano</i>	<i>Principais contribuições</i>
Primeiro Estudo / 2000	<ul style="list-style-type: none"> • O transporte marítimo contribui pouco para o total mundial de emissões de CO₂ (1,8% do total mundial de emissões de CO₂ em 1996). • Modelos estatísticos e metodologias de emissões baseadas no consumo de combustível aplicados para estimar as emissões atmosféricas em embarcações. • Ambas as metodologias possuem incertezas relacionadas aos fatores de emissão atualmente adotados.
Segundo Estudo / 2009	<ul style="list-style-type: none"> • Os gases de emissões fugitivas foram a principal fonte de emissões dos navios. • O dióxido de carbono foi o GEE mais importante emitido pelas embarcações. • Cenários de emissões mostraram que, até 2050, na ausência de políticas, as emissões dos navios poderão crescer entre 200% e 300% (em comparação com as emissões de 2008) como resultado do crescimento do comércio mundial.
Terceiro Estudo / 2014	<ul style="list-style-type: none"> • Para o período 2007-2012, em média, o transporte marítimo foi responsável por aproximadamente 2,8% dos GEE anuais com base no CO₂e, usando conversões do potencial de aquecimento global de 100 anos do Quinto Relatório de Avaliação do IPCC (AR5). • Concluiu que a redução na velocidade e a redução associada no consumo de combustível não se relacionam com um aumento percentual equivalente na eficiência, porque é necessário um maior número de embarcações para realizar a mesma quantidade de trabalho de transporte.
Quarto Estudo / 2020	<ul style="list-style-type: none"> • A participação das emissões do transporte marítimo nas emissões antrópicas globais aumentou de 2,76% em 2012 para 2,89% em 2018.



	<ul style="list-style-type: none"> • Foi o primeiro estudo capaz de distinguir as emissões de GEE das navegações domésticas e as internacionais, seguindo as orientações e metodologias dos IPCC. • Realizou projeções de aumentos das emissões para 2050 de 90 a 130% do valor comparado ao ano de 2008.
--	---

Quadro 01: Principais contribuições dos estudos IMO para emissões de GEE.

Fonte: IMO (2023).

Para Kouchaki-Penchah *et al.* (2023) em cenários de zero emissões líquidas prevê-se que a quota de energia renovável (eólica e solar) aumente significativamente e a utilização de combustíveis fósseis diminuem significativamente à medida que mais energias renováveis se tornam disponíveis para cumprir a meta líquida de zero.

As fontes de energia eólica e solar são as principais candidatas para substituição das necessidades energéticas globais (Anater *et al.* 2016 e Rogelj *et al.* 2021). No entanto, devido à variação sazonal do vento e do sol, e ao fato da maioria das regiões ter pouca ou nenhuma destas fontes de energia renováveis, os combustíveis de energia renovável continuam sendo os pilares do setor energético.

Embora os combustíveis com zero carbono, especialmente o hidrogênio, sejam os mais preferidos, a importância de garantir uma cadeia de abastecimento constante e ininterrupta e a urgência da obtenção de emissões líquida zero em 2050, exige o aproveitamento de combustíveis renováveis alternativos que sejam rentáveis, aplicável, armazenável por longo tempo e adquirido localmente (Wu *et al.*, 2022).

Para Anika *et al.* (2022) e Wu *et al.* (2022) a eficiência energética, a energia solar e a energia eólica serão responsáveis por cerca de metade das reduções de emissões líquidas até 2030. E projetam um aumento da eletrificação, da utilização de hidrogênio e da captura e armazenamento de carbono (CCUS), para os quais nem todos os avanços tecnológicos estão comercialmente disponíveis.

Pimenta e Martins (2021) destacam que a descarbonização e a melhoria do desempenho ambiental no setor de transporte e mobilidade serão alavancados pela utilização dos combustíveis alternativos como fontes de energia e substitutos aos fósseis de petróleo.



Segundo Sanchez *et al.* (2021) a indústria de biocombustível se desenvolve de forma diferente em cada país, dependendo do enfoque setorial, da acessibilidade das matérias-primas, das tendências do mercado e das iniciativas políticas. A compreensão das inúmeras vantagens do biocombustível exige uma formulação de políticas integradas nos transportes, energia, agricultura, gestão de resíduos e ambiente.

Neste contexto, apresentamos nos próximos tópicos, formas ou maneiras obter zero emissões líquidas tomando as publicações mais relevantes no cenário dos transportes marítimos e projetos no mercado de créditos de carbonos para as rotas ou caminhos a serem seguidos visando atingir a descarbonização, compensação ou neutralidade das emissões.

3 METODOLOGIA

Este artigo utilizou como metodologia um estudo exploratório, contendo dados secundários dos artigos publicados nas bases de dados Scopus, *Web of Science*, Scielo e Google Acadêmico com o propósito de atingir os objetivos apoiada na pesquisa bibliográfica, documental e análise das informações de tecnologias e tendências sobre os temas crédito de carbono, emissões líquidas de gases de efeito estufa e o transporte marítimo como fonte móvel de emissão no Brasil e no mundo entre o período de outubro a novembro de 2023.

De acordo com Knechtel (2014), a revisão de literatura é uma pesquisa que busca analisar as produções bibliográficas com foco em determinada área temática dentro de certo período, para elaboração de material ou relatório contendo uma visão do conteúdo ou em determinado tópico específico do tema que tenha recebido maior ou menor destaque na literatura selecionada.

Assim, para a realização das buscas nessas bases, definiu-se, de acordo com a pesquisa bibliográfica, a utilização das palavras-chave agrupadas por operadores booleanos “or” e “and” para evitar a soma duplicada dos resultados, ou palavras-chave individuais, quando não se encontravam resultados agrupados, como mostrado no Quadro 02.

<i>Palavras-chave (Português)</i>	<i>Palavras-chave (Inglês)</i>
Transporte marítimo	Maritime transport



Crédito de carbono	Carbon credit
Emissões líquidas	Net zero emissions
Transporte marítimo or crédito de carbono or emissões líquidas	Maritime transport or carbon credit or net zero emissions
Transporte marítimo and crédito de carbono and emissões líquidas	Maritime transport and carbon credit and net zero emissions

*Quadro 02 – Estratégia de busca relacionadas as emissões x compensações no transporte.
Fonte: Elaborada pelos Autores.*

Diante dos resultados obtidos foram selecionados 14 artigos acadêmicos com publicações relevantes, no corte temporal dos últimos 5 anos, considerando a conexão com o tema e as principais regiões de estudo como Europa, América do Norte, América do Sul, Ásia e Oceania. Também foram elencadas bibliografias secundárias de publicações em revistas e sites especializados oriundos de referências destes artigos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apenas as mudanças comportamentais dos cidadãos e das empresas para reduzir as emissões de CO₂, limites do crescimento da demanda de energia que irão promover a transição para fontes de energias sustentáveis e com zero emissões líquidas (*Elshkaki e Shen, 2022*).

No contexto das embarcações marítimas, foram definidas metas para que a navegação marítima reduza a intensidade de carbono por carga útil transportada em pelo menos 40% até 2030, com continuados esforços para alcançar 70% até 2040, em comparação aos níveis observados em 2008, com o atingimento da neutralidade em carbono ou zero emissões líquidas, no máximo até 2050 (IMO, 2023).

Para Anika *et al.* (2022), conforme apresentado na Figura 02, a rotas promissora para alcançar o zero emissões líquidas envolve o emprego eficaz de tecnologias avançadas e eficientes na geração de electricidade, o rápido crescimento das energias renováveis e os combustíveis emergentes, especialmente a bioenergia, os combustíveis à base de hidrogênio verde (H2V) e o CCUS que desempenham um papel essencial em setores onde as emissões são frequentemente difíceis de reduzir.



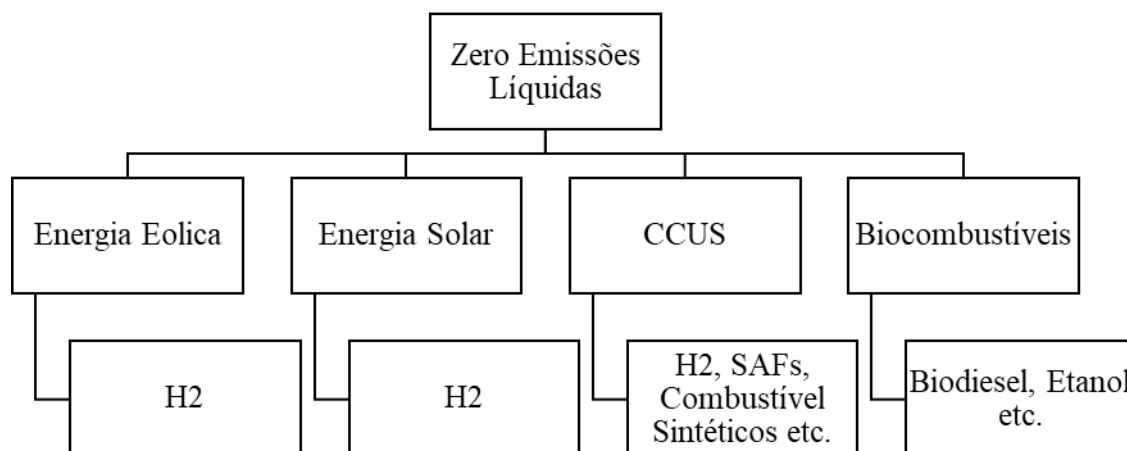


Figura 02: Rota para alcançar zero emissões líquidas 01.

Fonte: Adaptado de Anika et al. (2022).

Onde:

CCUS: Carbon Capture Usage and Storage

H2: Hidrogênio

SAF: Sustainable Aviation Fuel⁴

Cesca *et al.* (2023) retratam que a redução das emissões nos transportes aéreos devem ocorrer pela utilização de biocombustíveis, melhorias operacionais e tecnologias das aeronaves. E a compensação por meio da aquisição do crédito de carbono. Reforçam que pesquisas comprovam que os biocombustíveis podem promover uma redução de 50 a 80% na emissão de carbono quando comparados com os fósseis (Figura 03). Segundo a ANP (2023) a mistura de biocombustível com combustível derivado do petróleo é permitido desde que se atenda as normas ASTM (*American Society for Testing and Materials*).

⁴ combustível produzido a partir de matérias-primas renováveis, como a biomassa ou energia elétrica renovável. O SAF pode reduzir as emissões de CO₂ entre 70% e 90%, em comparação com o querosene de aviação.



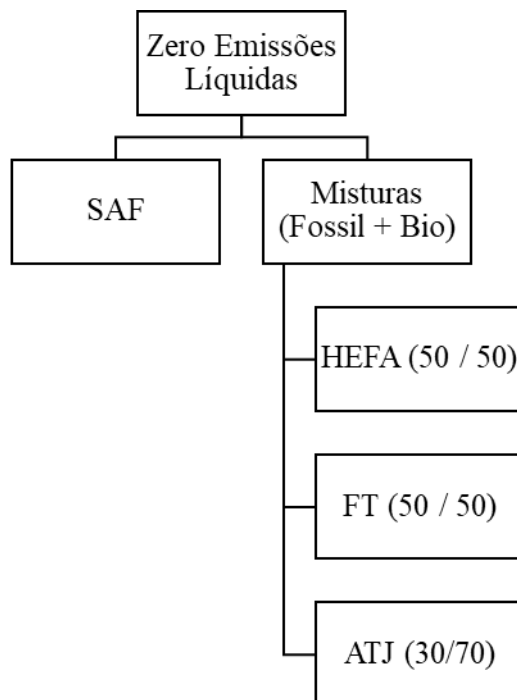


Figura 03: Rota para alcançar zero emissões líquidas 02.

Fonte: Adaptado de Cesca et al. (2023).

Onde:

SAF: Sustainable Aviation Fuel

HEFA: Hydrotreated Esters and Fatty Acids (HEFA)

FT: Fischer-Tropsch

ATJ: Alcohol-to-Jet

Pimenta e Martins (2021) abordaram o tema de combustíveis marítimos alternativos com o objetivo de análise de viabilidade e relevância. Destacam em seu artigo que 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 (cadeias de alto teor de carbono) a longo prazo.

Existem investimentos crescente em sistemas navais híbridos visando minimizar o impacto ambiental e obter um desempenho mais eficiente e limpo com 20 a 30 % de redução de consumo de combustíveis (Sinaval, 2020). Pois, operações com duas ou mais fontes de



energia, a embarcação híbrida consegue reduzir as emissões e otimizar o consumo de combustível.

Birol e Seko (2020), Pimenta e Martins (2021) salientam que o hidrogênio representa a solução para os desafios da transição energética, pois é capaz de armazenar a produção de energia de fontes renováveis como eólica e solar e descarbonizar setores complexos como de transportes e mobilidade.

A figura 04 indica as principais rotas propostas pelos autores Pimenta e Martins (2021) para fins de o uso de fontes alternativas de combustíveis, tendo em vistas cenários dos transportes marítimos.

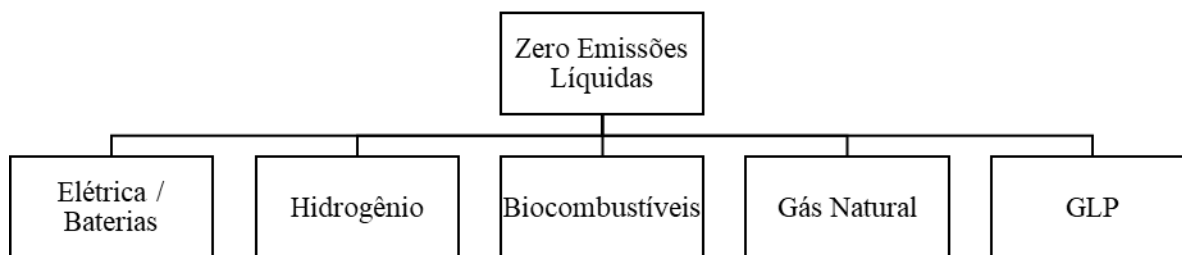


Figura 04: Rota para alcançar zero emissões líquidas 03.

Fonte: Adaptado de Pimenta e Martins (2021).

Onde:

GLP: Gás Liquefeito de Petróleo

Kouchaki-Penchah *et al.* (2023) defendem a necessidade de aumentar a penetração do hidrogênio como fonte de vapor industrial e a expansão da captura de carbono, utilização e armazenamento (CCUS) para que o CO₂ industrial disponível pudesse ser convertido em combustíveis sintéticos⁵ e utilizados no transporte e mobilidades subsequente e processos industriais (Figura 05).

⁵ É produzido a partir da combinação de gás de hidrogênio (H₂) e dióxido de carbono (CO₂) por meio de processos sem a utilização do petróleo.



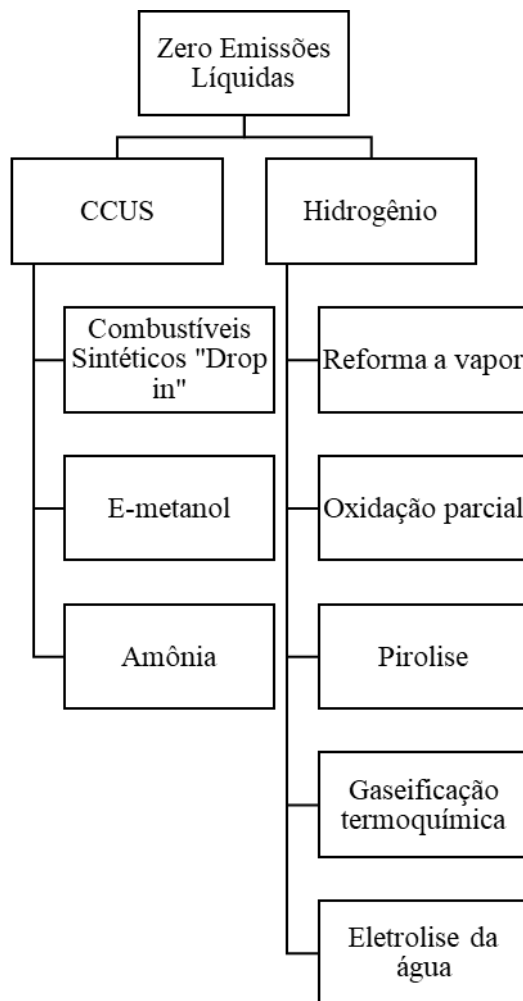


Figura 05: Rota para alcançar zero emissões líquidas 04.
Fonte: Adaptado de Kouchaki-Penchah et al. (2023).

Onde:

Drop in: Composição e propriedades análogas aos combustíveis fósseis.

A aplicação do hidrogênio em 70 % das demandas industriais e de transporte, ao mesmo tempo que facilita a descarbonização destes setores, reduz a necessidade de remoção de carbono e custos de compensação das emissões de gases de efeito estufa, segundo Kouchaki-Penchah *et al.* (2023).

Desta forma, para atingir as metas de redução e mitigar os efeitos do aquecimento global, são apresentadas algumas rotas energéticas alternativas ao fóssil, conforme tabela 01,



que deverão ser colocadas em prática e essas medidas inevitavelmente terão impactos em técnicas de construção de embarcações, propulsores e até de motores.

<i>Autores</i>	<i>Combustíveis alternativos</i>				
	Misturas fóssil + Biocombustível	Baixo carbono (GN, GLP)	Biodiesel e Etanol	Combustíveis sintéticos	H2V
Anika et al. 2022			X	X	X
Cesca et al. 2023	X			X	
Pimenta e Martins, 2021		X	X	X	X
Kouchaki-Penchah <i>et al.</i> 2023				X	X

Tabela 01: Combustíveis alternativos por autores / artigos.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

A própria tecnologia embarcada e um conjunto de novas medidas operacionais serão alteradas e novas normas e legislações devem ser consideradas, pois impacta tanto em custos quanto em investimentos para as empresas.

Assim como deverão ser desenvolvidas soluções de mercado, especialmente para a questão de infraestrutura de armazenamento dos combustíveis, biocombustíveis de baixo e de zero carbono, com uma logística adequada para eventual mistura diferenciada e abastecimento desses novos combustíveis. Isso trará certamente um grande desafio pelo tamanho da costa brasileira e rios navegáveis, na eventual adoção de postura similar para navegação interior, cabotagem e o apoio offshore para a indústria do petróleo.

5 CONCLUSÃO

O transporte marítimo sustentável é necessário para atingir as metas de redução de emissões, projetos de neutralizar as emissões são importantes e devem ser incentivados por programas do governo, empresas e pelas autoridades marítimas.

Este artigo teve por objetivo elencar as fontes alternativas de energia para a geração de potência em fontes móveis como embarcações marítimas, considerando as principais rotas de redução e compensação das emissões de gases poluentes pela queima de combustíveis fósseis.



Como aspectos positivos deste estudo destacamos as metas de redução de emissões de gases de efeito estufa acima de 70% até 2040 e o alcance de zero emissões líquidas até 2050. Assim como, 75 % das rotas consideram o hidrogênio e 100% consideram os combustíveis sintéticos, como caminho para a descarbonização nos transportes e a aceleração no alcance de zero emissões líquidas.

Zero emissões líquidas (Net zero) podem ser alcançadas aumentando a eficiência energética através de tecnologias híbridas no suprimento energético, descarbonizando a geração através de combustíveis de baixo carbono, biocombustíveis ou sintético do tipo “*drop in*”, implantando tecnologias de emissões negativas como fontes renováveis como eólica e solar e aumentando a penetração na utilização do hidrogênio verde (H2V).

Por fim, diante das rotas abordadas nesta pesquisa bibliográfica pode-se destacar que a atuação na redução da emissão com projetos focados em combustíveis alternativos como o hidrogênio verde, biocombustíveis e combustíveis sintético são mais promissoras do que atuações em projetos de remediação / compensação dos gases emitidos.

6 REFERÊNCIAS

Anater, M.J.N.; Sanqueta, C.R.; Schiavo, B.N.V.; Corte, A.P.D., *Redução de gases de efeito estufa pelos projetos de crédito de carbono no setor energético brasileiro*. HOLOS, Ano 32, Vol. 1, DOI: 10.15628/holos. 2016.3669, 2016.

Anika, O. C.; Nabuife, S.G.; Bello, A.; Okoroafor, E.R.; Kuang, B.; Villa, R., *Prospects of low and zero-carbon renewable fuels in 1.5-degree net zero emission actualisation by 2050: A critical review*. Carbon Capture Science & Technology 5. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.ccst.2022.100072>, 2022.

ANP. (2023). *Relatório anual de produção de biocombustíveis e derivados no Brasil*. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/>. Acesso em: 30 de outubro de 2023.

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. 2023.



Cesca, J.; Mendonça, F.M.; Siqueira, P.H.L.; Campos, F.P.V., *A Redução de CO2 no Setor de Aviação Brasileiro*. Cadernos de Prospecção, Salvador, v. 16, n. 4, Edição Prospect, p. 1240-1255, 2023.

Elshkaki, A.; Shen, L., *Energy Transition towards Carbon Neutrality*. Energies, 15, 4967. <https://doi.org/10.3390/en15144967>, 2022.

Godoy, S. G. M. *Projetos de redução de emissões de gases do efeito estufa: desempenhos e custos de transação*. Revista de Administração, São Paulo, v. 48, n. 2, p. 301-326, 2013.

International Maritime Organization. IMO. **Greenhouse Gas Emissions**. Disponível em: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Cutting-GHG-emissions.aspx>. Acesso em: 09 nov. 2023.

IPCC. *Intergovernmental Panel Climate Change 2022: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC, 2022. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>. Acesso em: 01 de novembro 2022.

Kempfer, J. C. *A tributação das operações com crédito de carbono*. Revista Eletrônica Direito e Política, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciência Jurídica da UNIVALI, Itajaí, v.11, n.3, 2016.

Knechtel, M. R. *Metodologia da pesquisa em educação: uma abordagem teórico-prática-dialogada*. Curitiba: Intersaberes, 2014.

Kouchaki-Penchah, H.; Bahn, O.; Bashiri, H.; Bedard, S.; Bernier, E.; Elliot, T., *The role of hydrogen in a net-zero emission economy under alternative policy scenarios*. International Journal of Hydrogen Energy. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.07.196>, 2023.

Rogelj, J.; Geden, O.; Cowie, A.; Reisinger, A., *Three ways to improve net-zero emissions targets*. Nature. Volume 591. Páginas 365 a 368, 2021.

Sanchez, D.L.; Fingerman, K.; Herbert, C.; Uden, S., *Policy options for deep decarbonization and wood utilization in california's low carbon fuel standard*. Front. Clim. 3. doi: 10.3389/fclim.2021.665778, 2021.

Silveira, C. S.; Oliveira, L., *Análise do mercado de carbono no Brasil: histórico e desenvolvimento*. Novos Cadernos NAEA. v. 24, n. 3, p. 11-31, 2021.

Sinaval. 2020. **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 nov. 2023.

Sinaval. 2017. **Soluções híbridas de propulsão**. Disponível em: <http://sinaval.org.br/2017/02/solucoes-hibridas-de-propulsao/>. Acesso em: 03 nov. 2023.



Pimenta, M. V.; Martins, M.M., **Combustíveis marítimos alternativos: relevância e viabilidade**. Revista de direito e negócios internacionais da maritime law academy. Vol. 1, nº 2, Julho a Dezembro - 2021. pp 32-53.

US EPA. 2008. United State Environmental Protection Agency. **Climate Leaders Greenhouse Gas Inventory Protocol Core Module Guidance: Direct Emissions from Mobile Combustion Sources**. Disponível em: <epa.gov/stateply/documents/resources/mobilesource_guidance.pdf>. Acessado em: 15 nov. 2023.

UNFCCC. **United Nations Framework Convention on Climate Change (2015), Clean Development Mechanism (CDM)**. Disponível em: <<http://cdm.unfccc.int/>>. Acesso em: 15 nov. 2023.

VCS. **Verified Carbon Standard (2023)**. Disponível em <<http://www.v-c-s.org/>>. Acesso em: 15 nov. 2023.

Wu, S.; Miao, B.; Chan, S.H., **Feasibility assessment of a container ship applying ammonia cracker-integrated solid oxide fuel cell technology**. Carbon Capture Science & Technology 5. Elsevier. Energy doi: 10.1016/j.ijhydene.2022.06.068, 2022.

