

**MARINHA DO BRASIL  
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA  
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE ALEXANDRINO**

**CURSO DE APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM  
SISTEMAS DE CONTROLE E ELETRICIDADE DE NAVIOS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA AO SISTEMA E EMBARCAÇÕES**



**BRUNO TEIXEIRA DE BRITO SOLIVA**

Rio de Janeiro  
2023

Primeiro-Tenente BRUNO TEIXEIRA DE BRITO SOLIVA

## **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA AO SISTEMA E EMBARCAÇÕES**

Monografia apresentada ao Centro de Instrução Almirante Alexandrino como requisito parcial à conclusão do Curso de Aperfeiçoamento Avançado em Sistema de Controle e Eletricidade de Navios.

Orientadores:

Prof. Dr. Murilo Eduardo Casteroba Bento  
1° Ten (EN) Hiram Abdala Tose Ticianelli

Primeiro-Tenente BRUNO TEIXEIRA DE BRITO SOLIVA

## **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA AO SISTEMA E EMBARCAÇÕES**

Monografia apresentada ao Centro de Instrução Almirante Alexandrino como requisito parcial à conclusão do Curso de Aperfeiçoamento Avançado em Sistemas de Controle e Eletricidade de Navios.

Aprovada em \_\_\_\_\_

Banca Examinadora:

Murilo Eduardo Casteroba Bento, Dr. – UFRJ – \_\_\_\_\_

Hiram Abdala Tose Ticianelli, Primeiro-Tenente – \_\_\_\_\_

Murilo Davi Pitol, Primeiro-Tenente – \_\_\_\_\_

Dedico esse trabalho a todas as empresas, cientistas, professores e profissionais que se empenham em desenvolver novas fontes de energias renováveis, contribuindo para a diminuição da emissão de CO<sub>2</sub> no sistema global.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado saúde e ter orientado meus caminhos até poder concluir este trabalho. Aos meus pais, que sempre me apoiaram, desde os meus primeiros passos na Marinha, até o dia de hoje, sendo meus principais incentivadores. Agradeço aos meus orientadores, Prof. Dr. Murilo Eduardo Casteroba Bento e Primeiro-Tenente Hiram Abdala Tose Ticianelli, por disponibilizarem de seu precioso tempo para poder contribuir com conhecimentos que enriquecem esse trabalho. Agradeço ao Capitão de Corveta Bruno José Cerqueira Souza, atual comandante do Navio de Apoio Oceânico Purus, por disponibilizar o navio para experimentos práticos, bem como toda sua tripulação pelo apoio prestado, em especial, ao Primeiro-Tenente Murilo Davi Pitol, com a experiência de ser Encarregado Geral do Armamento, juntamente com sua formação de Engenharia Elétrica, foi excepcional para o direcionamento desse projeto.

## RESUMO

Esta monografia apresenta uma pesquisa sobre a eficiência energética aplicada ao sistema e embarcações. O objetivo geral deste estudo foi investigar quais são as principais barreiras e oportunidades associadas à integração de sistemas de armazenamento de energia renovável em embarcações, e como podemos começar a introduzir na marinha, especificamente, será tomado como referência, o Navio de Apoio Oceânico Purus. Para alcançar esse objetivo, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos: identificação e avaliação das principais tecnologias de estocagem, análise dos benefícios e desafios da implementação, estudo dos impactos monetários e ambientais, análise de estudos de caso e proposta de recomendações futuras. A metodologia utilizada para alcançar esses objetivos incluiu a revisão de literatura relevante e a análise de dados de fontes secundárias. A pesquisa revelou que a unificação desses procedimentos oferece significativos benefícios ambientais e econômicos, mas enfrenta dificuldades técnicas e regulatórias e concluiu que tais integrações são viáveis, mas requerem investimentos em pesquisa e desenvolvimento. As considerações finais destacam a importância da continuidade da pesquisa no assunto para aprimorar o conhecimento atual e promover avanços futuros.

**Palavras-chave:** Eficiência Energética. Embarcações. Sistemas de Armazenamento. Energia Renovável. Integração Tecnológica.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	7
2 TECNOLOGIAS DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA RENOVÁVEL.....	10
3 DESAFIOS NA IMPLEMENTAÇÃO EM EMBARCAÇÕES .....	18
4 IMPACTOS ECONÔMICOS E AMBIENTAIS.....	25
5 ANÁLISES COMPARATIVAS .....	30
6 RECOMENDAÇÕES FUTURAS E PERSPECTIVAS .....	39
7 ANÁLISE PRÁTICA EM UM NAVIO DA MARINHA.....	43
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	49
REFERÊNCIAS.....	51

## 1 INTRODUÇÃO

A eficiência energética no setor marítimo surge como uma necessidade imperativa na conjuntura atual de preocupações climáticas e desafios ambientais. O transporte náutico, enquanto espinha dorsal do comércio global, é responsável por uma parcela significativa das emissões de gases de efeito estufa, tornando a otimização de sua produtividade crucial para a sustentabilidade global.

As embarcações modernas, diante desse cenário, são projetadas considerando uma série de inovações destinadas a melhorar o consumo de combustível e reduzir emissões nocivas. Materiais avançados, design otimizado do casco e sistemas de propulsão inovadores emergem como soluções viáveis para enfrentar as dificuldades do ramo.

Com o aumento da conscientização global sobre as mudanças climáticas, observa-se uma pressão crescente sobre os atores da indústria naval para que adotem práticas mais verdes. Regulamentações mais estritas estão sendo implementadas, exigindo que atendam a padrões de rendimento mais rigorosos. Em resposta, a indústria tem investido em pesquisa e desenvolvimento, buscando abordagens inovadoras para a redução do consumo de força e emissões.

Uma das abordagens promissoras é a integração de fontes de energia renovável nas operações. A utilização de painéis solares, turbinas eólicas e métodos híbridos demonstra potencial para complementar os procedimentos de propulsão tradicionais, resultando em atividades mais sustentáveis. Além disso, a otimização do roteamento e as ações portuárias eficientes podem contribuir significativamente para a economia de potência no setor.

Compreender as potencialidades e limitações da integração de sistemas de armazenamento de energia renovável em embarcações é o objetivo geral desta pesquisa. Portanto, serão analisadas as fontes confiáveis e os avanços recentes na área, a fim de contribuir para o campo acadêmico e fornecer mais referencial para futuras pesquisas. A fim de alcançar esse objetivo geral e comprovar o conhecimento aprofundado sobre o assunto, foram elaborados os objetivos específicos a seguir:

- Identificar e avaliar as principais tecnologias de armazenamento de energia regenerável aplicáveis ao ramo marítimo;
- Analisar os benefícios e desafios da implementação desses processos;



- Examinar os impactos econômicos e ambientais de tais integrações;
- Estudar casos reais que já adotaram tais sistemas e avaliar sua eficiência operacional;
- Propor recomendações para otimizar a unificação de procedimentos renováveis em embarcações futuras;
- Custo para implementar energia solar no Navio de Apoio Oceânico Purus, visando não utilizar a energia de terra.

A fim de atingir os objetivos estabelecidos e abordar as categorias necessárias, a questão de pesquisa foi definida da seguinte forma: Quais são as principais barreiras e oportunidades associadas à integração de sistemas de armazenamento de energia renovável em embarcações?

A pesquisa é importante porque destaca a necessidade urgente de transição para fontes mais limpas no setor marítimo, uma indústria globalmente significativa em termos de emissões de carbono. A capacidade de armazenar e utilizar potência regenerável tem o potencial de transformar o modo como o transporte é realizado, beneficiando tanto a academia quanto a sociedade em termos de sustentabilidade. Além disso, embora haja avanços na tecnologia, ainda existem lacunas na literatura específica para sua aplicação eficiente em embarcações. Esta pesquisa pretende preencher essas lacunas e contribuir para o acervo científico. Este estudo também pode influenciar políticas e decisões industriais sobre a integração de energias, destacando os benefícios econômicos e ambientais, e fornecerá uma base sólida para futuras pesquisas.

Neste estudo, o método empregado foi uma análise literária narrativa, envolvendo um exame detalhado de publicações relacionadas ao tópico em discussão. A coleta de dados foi feita consultando bancos de dados acadêmicos renomados, como Scielo, Capes e Google Acadêmico, além de livros e revistas científicas de importância. Também foram incluídos trabalhos escritos em português, inglês e espanhol.

De acordo com Dourado e Ribeiro (2023), esse tipo de revisão literária é uma fonte sólida e confiável de informações, já que compila conhecimentos de várias publicações selecionadas, facilitando a identificação de brechas na pesquisa existente.

Para construir a bibliografia, foi feita uma avaliação crítica dos títulos e um escaneamento rápido dos resumos de cada artigo. A temporalidade dos materiais foi estabelecida com foco nos últimos cinco anos, embora exceções tenham sido feitas para trabalhos considerados clássicos. Essa abordagem permitiu uma compreensão abrangente e atualizada do tópico, fornecendo um fundamento robusto para as conclusões do estudo e contribuindo para a literatura científica sobre o tema.

Diante dos objetivos estabelecidos, o estudo se desenvolveu ao longo dos seguintes tópicos: Tecnologias de Armazenamento de Energia Renovável; Desafios na Implementação em Embarcações; Impactos Econômicos e Ambientais; Análises Comparativas; Recomendações Futuras e Perspectivas; Custo Implementar Energia Solar no Navio da Marinha Purus. Com a realização da pesquisa e análise prática feita a bordo, o sucesso na resolução do problema, chegou-se a uma conclusão e uma bibliografia abrangente foi compilada.

## 2 TECNOLOGIAS DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA RENOVÁVEL

As tecnologias de armazenamento de energia renovável surgem como pilares fundamentais na busca por soluções mais sustentáveis e eficientes para o setor energético. Em um contexto em que a demanda por alternativas limpas e confiáveis cresce, explorar os diferentes mecanismos torna-se imperativo para a otimização do uso de fontes regeneráveis.

Entre os dispositivos mais proeminentes, encontram-se as baterias, que têm evoluído notavelmente nos últimos anos. Devido as pesquisas, baterias mais potentes e duradouras foram desenvolvidas, a exemplo, a baterias desenvolvidas para carros híbridos, as baterias de íon-lítio, que são mais leves, têm maior densidade de energia e oferecem maior autonomia em comparação as baterias tradicionais de níquel.

Nesse mesmo estão em desenvolvimento projetos custeados por empresas como a QuantumScape, que visam produzir baterias com eletrólito em estado sólido - eletrólito formado por sulfeto sólido, óxido sólido ou polímeros iônicos sólidos- que prometem maior quantidade de energia, maior segurança e vida útil mais longa que as baterias de eletrólito líquido. Variando em química e design, estas unidades são capazes de reter e liberar potência de maneira eficaz, sendo amplamente utilizadas em diversas aplicações, desde pequenos dispositivos móveis até grandes instalações industriais. A capacidade de fornecer força de maneira contínua, aliada à diminuição dos custos de produção, eleva as baterias a uma posição de destaque no cenário de estocagem (OLIVEIRA e FERREIRA, 2020).

Figura 1: Bateria de Ion de Lítio



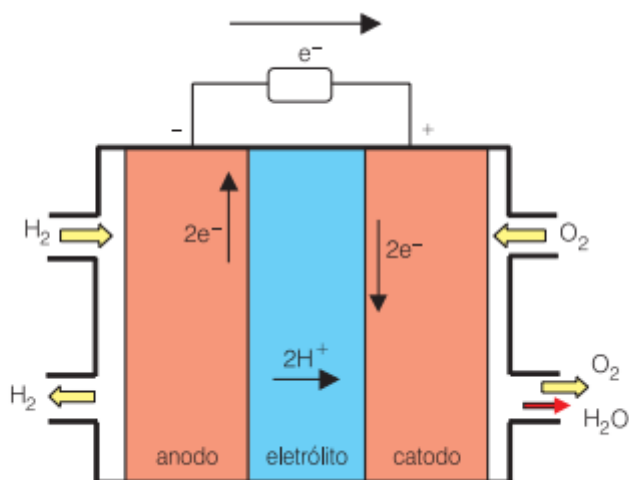
Fonte: Carroeletrico, acesso dia 11 de setembro de 2023

Figura 2: Bateria Sólida QuantumScape



Fonte: Uol News, acesso dia 11 de setembro de 2023

Em contrapartida, o hidrogênio emerge como uma solução promissora, principalmente devido à sua alta densidade e capacidade de gerar energia por meio da célula a combustível. A produção e utilização do hidrogênio em estado puro ou em soluções podem representar uma alternativa viável para a redução de emissões de carbono e a promoção de um futuro mais limpo (SILVA JUNIOR, 2018). A partir da capacidade de transformar hidrogênio em combustível, já é viável carros serem movidos por essa fonte, bem como empresas e residências. O hidrogênio gasoso é alimentado para o anodo (eletrodo negativo), e o oxigênio gasoso (retirado do ar) é fornecido para o catodo (eletrodo positivo) da célula, como na figura abaixo. O hidrogênio é dividido em íons de hidrogênio ( $H^+$ ) e elétrons ( $e^-$ ) por um catalisador. Os íons de hidrogênio migram através do eletrólito da célula até o catodo e os elétrons fluem através de um circuito externo, criando uma corrente elétrica que pode ser usada para alimentar motores elétricos de carros, geradores de empresas e circuito elétrico de edifícios. Ao término do ciclo, não há emissão de  $CO_2$ , apenas de  $H_2O$ . No futuro, geradores de navios movidos a combustíveis, poderão ser substituído por geradores movidos a hidrogênio.

Figura 3: Transformação do H<sub>2</sub> em eletricidade

Fonte: USP, acesso em 13 de outubro de 2023

Além destes, outros sistemas, como os supercapacitores e os dispositivos de retenção térmica, também se apresentam como relevantes. Ambos possuem características singulares, sendo reconhecidos por sua rápida descarga e carga, e os procedimentos térmicos por aproveitar variações de temperatura para guardar força (WERNECK et al, 2020). Também conhecidos como capacitores de dupla camada ou ultracapacitores, funcionam de maneira diferente das baterias tradicionais, como as baterias de íon-lítio. Eles armazenam energia de forma eletrostática, o que permite a carga e descarga muito rápida, tornando-os ideais para aplicações que exigem energia instantânea. A estrutura de um supercapacitor consiste em duas placas condutoras separadas por um eletrólito. As placas condutoras são revestidas com materiais de alta superfície específica, como carvão ativado ou óxido de metal, que aumentam a área superficial disponível para armazenamento de cargas elétricas. Os supercapacitores são usados em combinação com baterias em veículos elétricos e híbridos para fornecer energia durante acelerações rápidas e desacelerações, mas podem ser usados em sistemas de armazenamento de energia intermitente, como aqueles que coletam energia de painéis solares ou turbinas eólicas, para armazenar e liberar energia quando necessário. Abaixo, o supercapacitor XLR, utilizado por carros elétricos, híbridos e equipamentos pesados de sistemas marítimos.

Figura 4: Supercapacitor XLR



Fonte: Eaton, acesso em 13 de setembro de 2023

Na paisagem contemporânea, a evolução das tecnologias de estocagem representa um tópico de discussão inegavelmente central. À medida que o mundo intensifica seus esforços para mitigar os efeitos adversos das mudanças climáticas, a inovação contínua em processos de armazenamento torna-se primordial para a transição para uma matriz mais limpa (ZANELLA, 2018).

Nos últimos anos, avanços significativos têm sido observados nos sistemas de bateria. Tecnologias de íon-lítio, têm visto melhorias tanto em densidade quanto em ciclos de vida, facilitando sua incorporação em uma variedade mais ampla de aplicações. Adicionalmente, as baterias de estado sólido estão ganhando terreno, oferecendo uma promessa de maior segurança e capacidade de retenção energética (PRADO, 2018).

Simultaneamente, o domínio do hidrogênio tem testemunhado avanços na eficiência de eletrólise, possibilitando uma produção mais econômica. A infraestrutura de distribuição deste vetor também tem visto melhorias, com técnicas emergentes como estocagem em hidretos metálicos ou amônia líquida ampliando a viabilidade do hidrogênio como uma solução de retenção (FARIAS, PINTO e MONTEIRO, 2020). Algumas empresas já utilizam o hidrogênio para retenção de energia. O armazenamento de energia de hidrogênio é uma opção útil para lidar com a intermitência de fontes de energia renovável, como a energia solar e eólica, que não produzem energia constante. O excesso de eletricidade gerada quando as condições são ideais pode ser usada para produzir hidrogênio e armazenar essa energia para ser utilizada quando a produção de energia é mais baixa. Isso pode ser feito por meio da eletrólise da água, onde a água ( $H_2O$ ) é dividida em hidrogênio ( $H_2$ ) e oxigênio ( $O_2$ ) usando eletricidade. O excesso de eletricidade gerado é utilizado para alimentar um

sistema que produz hidrogênio ( $H_2$ ), onde posteriormente esse hidrogênio é usado como combustível para produzir eletricidade.

O desenvolvimento de sistemas de estocagem térmica não ficou atrás. Novos materiais, como sais fundidos e materiais de mudança de fase, têm permitido um aproveitamento mais eficiente das variações térmicas, ampliando a capacidade desses métodos de contribuir para uma gestão mais equilibrada. Embora progressos sejam feitos, desafios relacionados à escala, custo e integração com sistemas existentes persistem. No entanto, a trajetória ascendente da inovação nesse domínio oferece esperança. Dentro do universo das tecnologias, cada processo apresenta seu conjunto intrínseco de vantagens e desvantagens. A compreensão desses aspectos é vital para uma tomada de decisão informada e para a implementação efetiva dessas descobertas no contexto energético global (WERNECK et al, 2020).

Sistemas de retenção, por sua vez, são louvados por sua capacidade de aproveitar variações de temperatura para reter força. Estes procedimentos, quando bem integrados, podem oferecer soluções de baixo custo. Contudo, sua eficácia é, por vezes, limitada a regiões com significativas flutuações térmicas, e o tamanho e a complexidade dos métodos podem ser restritivos em determinados cenários (GIACOMOLLI, 2022).

Outras descobertas, como supercapacitores, oferecem descarga e carga quase instantâneas, tornando-os ideais para aplicações que requerem picos rápidos. Porém, sua capacidade de armazenamento de longa duração ainda é inferior se comparada a alternativas mais tradicionais. Ao contemplar a crescente demanda por potência sustentável, torna-se crucial avaliar a eficiência e a capacidade das tecnologias emergentes em energia renovável. A otimização desses dois aspectos pode determinar o sucesso ou o fracasso de uma solução em um cenário global em rápida evolução (KUCHEN e KOZAK, 2020).

No âmbito das baterias, a busca contínua por materiais mais eficientes tem elevado sua capacidade de retenção. O íon-lítio, já bem estabelecido no mercado, observou avanços significativos em rendimento energético, permitindo guardar mais força em volumes menores. Ainda assim, há limitações quanto à taxa de descarga e à durabilidade ao longo de múltiplos ciclos de carga (ACOSTA, 2021).

A estocagem baseada em hidrogênio, por sua vez, promete alta capacidade de retenção com perdas relativamente baixas ao longo do tempo. A eficiência na

produção e conversão do hidrogênio, no entanto, depende intrinsecamente da tecnologia de eletrólise e dos métodos de armazenamento empregados. Embora tenha um enorme potencial, a relação entre desempenho e capacidade ainda precisa ser otimizada. Em relação ao armazenamento térmico, sua eficiência geralmente está atrelada à diferença de temperatura entre os reservatórios quente e frio. Soluções avançadas, como sais fundidos e materiais de mudança de fase, estão melhorando a capacidade destes sistemas de capturar e liberar de forma eficaz. No entanto, a viabilidade dessa melhoria pode ser geograficamente limitada, dadas as necessidades específicas de variação térmica (WERNECK et al, 2020).

Supercapacitores por ar comprimido, embora menos comuns, também entram na discussão. Eles destacam-se por produtividades funcionais distintas e capacidades de estocagem adequadas para aplicações específicas, mas sua ampla adoção ainda enfrenta desafios tecnológicos e econômicos. No contexto marítimo contemporâneo, a integração de tecnologias de armazenamento de força regenerável com métodos convencionais de propulsão surge como um tópico de crescente relevância. Esta confluência representa uma transição energética e oferece soluções promissoras em busca de uma operação marítima mais sustentável (KITA, 2018).

As maneiras convencionais de propulsão, majoritariamente dependentes de combustíveis fósseis, têm enfrentado dificuldades em relação a regulamentações ambientais mais rigorosas e a crescente demanda por atividades mais limpas. Aqui, a integração de fontes de potência renovável apresenta-se como uma solução elegante. Por exemplo, ao combinar baterias de alta capacidade com motores tradicionais, é possível otimizar o consumo, aproveitando a energia armazenada durante os períodos de menor demanda e liberando-a durante picos operacionais (BEBER, 2019).

A incorporação de hidrogênio em sistemas de propulsão tem atraído considerável atenção. Ao ser utilizado em células de combustível, o hidrogênio pode complementar ou até substituir parcialmente os motores convencionais, reduzindo significativamente as emissões e melhorando a eficiência energética geral do sistema (PRADO, 2018). Essa energia também pode ser utilizada, futuramente, para alimentar geradores, reduzindo a emissão de CO<sub>2</sub> de embarcações.

Também dignas de nota são as soluções híbridas que combinam diferentes tipos de estocagem. Estes procedimentos, por exemplo, supercapacitores com baterias tradicionais, podem oferecer uma resposta rápida às flutuações de demanda,



garantindo simultaneamente uma capacidade de retenção duradoura (FERNANDES e HADDAD, 2019). Diversas empresas têm se esforçado para desenvolver projetos de navios com esse tipo de propulsão, é o caso da empresa Swan Hellenic, que construiu um navio SH Diana, de propulsão diesel-elétrico (híbrido), com capacidade de mais de 300 passageiros, com 12.100 toneladas brutas, podendo chegar até 26 nós e autonomia de até 40 dias navegando.

Figura 5: Navio SH Diana



Fonte: Kooze, acesso em 14 de setembro de 2023

A chave para essa unificação bem-sucedida, no entanto, consiste não apenas na seleção adequada de tecnologias, mas também na adaptação dos métodos de controle e gerenciamento. Estes devem ser capazes de responder de forma eficaz e eficiente às dinâmicas de operação, assegurando uma transição suave entre as fontes (WESEN, 2018).

No panorama das energias renováveis, a discussão sobre custos associados e viabilidade monetária das melhorias tem aparecido como uma temática crítica. Estabelecer um equilíbrio entre a sustentabilidade ambiental e a viabilidade econômica representa uma complexidade significativa, especialmente em setores tradicionalmente acostumados a soluções de menor custo, mas com maior pegada de carbono (SILVA, 2018).

No cerne deste debate, encontra-se o dilema dos investimentos iniciais elevados associados a muitas dessas descobertas. Baterias de alta capacidade, células de hidrogênio e sistemas de armazenamento térmico, por exemplo, exigem capital substancial na fase inicial. Por outro lado, ao longo do tempo, essas tecnologias prometem retornos atraentes em termos de eficiência energética e redução dos custos operacionais (BOTELHO, 2018).

Por outro lado, ao analisar a viabilidade econômica, não se pode negligenciar os incentivos governamentais e as políticas de subsídio. Em várias jurisdições, os esforços para promover a transição têm sido acompanhados por incentivos fiscais, subsídios e outros mecanismos de suporte financeiro. Estas iniciativas podem compensar significativamente os custos iniciais e acelerar o retorno do investimento (WESEN, 2018).

Contudo, a análise puramente financeira não abarca toda a complexidade da questão. O valor da sustentabilidade, da redução das emissões e da resiliência energética precisa ser incorporado à equação. Em muitos casos, os benefícios ambientais e sociais de tais descobertas podem justificar um investimento de maior magnitude, especialmente quando considerado em uma perspectiva de longo prazo. O avanço tem repercutido significativamente no ramo, apresentando uma série de implicações no desempenho e velocidade. O impacto destas tecnologias não se limita à eficiência, mas estende-se ao âmbito operacional e à otimização de rotas (CUNHA et al, 2022).

A capacidade de armazenamento energia renovável a bordo de uma embarcação possibilita uma maior independência das fontes tradicionais de combustíveis fósseis. Isto traduz-se numa diminuição na frequência de reabastecimento, permitindo que os navios operem por períodos prolongados sem a necessidade de fundear para este fim. Tal capacidade, por sua vez, pode influenciar diretamente a velocidade funcional, dado que o planejamento de rotas pode ser feito de forma mais flexível (KITA, 2018).

Por outro lado, o peso e o espaço requeridos pelos sistemas de armazenamento de força podem apresentar desafios. A incorporação destas tecnologias pode, em alguns casos, comprometer a capacidade de carga ou influenciar o seu desempenho hidrodinâmico. Assim, o design e a integração desses métodos precisam ser meticulosamente planejados para minimizar quaisquer impactos negativos sobre a capacidade e produtividade do navio (MONTEIRO, 2021).

A gestão eficaz de energia também se mostra como um aspecto crítico. Uma distribuição equilibrada da potência guardada ao longo das operações da embarcação assegura que a velocidade desejada seja mantida sem comprometer a autonomia energética. Isto exige procedimentos avançados de monitoramento e controle, capazes de prever e responder às demandas em tempo real (DUARTE, 2021).

Adicionalmente, é preciso reconhecer que, à medida que as tecnologias evoluem, o potencial para melhorar o desempenho e a velocidade também se amplia. Investigações contínuas neste domínio têm o potencial de produzir soluções cada vez mais compactas, leves e eficientes. O horizonte apresenta-se repleto de promessas e desafios, com pesquisas em andamento que têm o potencial de redefinir as capacidades e limitações atuais. No seio da comunidade científica e industrial, esforços colaborativos estão sendo direcionados para avançar nesta esfera, visando soluções mais eficientes, duráveis e financeiramente viáveis (CARVALHO, 2022).

Um foco significativo das investigações atuais centra-se na melhoria das baterias de íons-lítio, que, apesar de amplamente utilizadas, possuem limitações em termos de densidade e ciclos de vida. Pesquisadores exploram novos materiais eletroquímicos e topologias celulares para superar essas dificuldades, almejando uma maior capacidade de armazenamento e uma vida útil estendida (PINHEIRO, 2020).

Também, tecnologias emergentes como baterias de estado sólido e baterias de fluxo estão sendo aprofundadas. Estas prometem oferecer vantagens em termos de segurança, eficiência e escalabilidade. A capacidade de operar a temperaturas variáveis, bem como uma melhor resistência a falhas, torna-as candidatas atrativas para aplicações marítimas (SERAFINI et al, 2021).

É também necessário sublinhar o papel da digitalização e da inteligência artificial no desenvolvimento futuro. A integração de sistemas de gestão avançada que podem otimizar a carga e descarga de armazenadores, adaptando-se a padrões de consumo e condições ambientais, representa um salto qualitativo em desempenho (PINARGOTE et al, 2021).

Nos últimos anos, à medida que a crise climática global se intensifica, a transição para fontes mais limpas tornou-se uma prioridade para governos, indústrias e sociedade em geral. Neste contexto, a capacidade de guardar energia proveniente de fontes emerge como um elemento essencial no cenário energético moderno. Entretanto, a análise de custos associados e a determinação da viabilidade econômica destas tecnologias representam um desafio em meio a essa transição (FRANDOLOSO, 2019).

É fundamental destacar que as descobertas de estocagem, apesar de promissoras, ainda são encaradas por muitos como uma opção onerosa, sobretudo quando comparadas aos processos tradicionais. Baterias de íons de lítio, sistemas

por gravidade e soluções baseadas em ar comprimido são exemplos de inovações que, embora apresentem avanços notáveis em termos de capacidade e eficiência, ainda carregam consigo custos iniciais significativos (SILVA, 2018).

Por outro lado, é inegável que a curva de custos destas melhorias tem experimentado uma tendência decrescente. Isto é, em grande parte, resultado de inovações contínuas e do aumento da produção em larga escala, fatores que contribuem para a diminuição dos preços unitários. Além disso, o contexto geopolítico atual, que enfatiza a urgência de combater as mudanças climáticas, tem impulsionado políticas públicas favoráveis, através de incentivos fiscais e subsídios, tornando-as mais acessíveis (FERNANDES, 2020). A exemplo empresa japonesa Eco Marine Power, especializada em desenvolver tecnologias baseadas em energia renováveis para embarcações, obteve autorização da entidade reguladora japonesa (ClassNK) para avançar com a construção e, futura comercialização, de um novo sistema de energia destinado a embarcações, que combina a geração de energia solar e eólica. O navio-tanque Aquarius MRE, utilizará velas rígidas, para utilizar energia do vento visando maior eficiência em deslocamento, bem como painéis solares e um sistema avançado de armazenamento de energia.

Figura 6: Navio Tanque MRE



Fonte: Ecomarinepower, acesso em 15 de setembro de 2023

Ainda assim, a análise de viabilidade econômica não se restringe apenas ao aspecto financeiro. A resiliência energética proporcionada pelo armazenamento de força renovável, a longo prazo, pode representar economias significativas para regiões que enfrentam frequentes interrupções de potência ou que dependem de fontes importadas. Adicionalmente, a adoção pode posicionar nações e empresas na vanguarda da inovação, atraindo investimentos e fomentando o desenvolvimento de novos setores industriais.

### 3 DESAFIOS NA IMPLEMENTAÇÃO EM EMBARCAÇÕES

A incorporação de tecnologias inovadoras em embarcações não se limita simplesmente à escolha de sistemas avançados; implica também em significativas adaptações estruturais e reconsiderações no design dos navios. O desafio central nesta questão transcende a implementação puramente técnica, expandindo-se para as complexidades associadas à engenharia naval e às práticas consagradas no ramo.

Incorporar procedimentos de armazenamento de energia renovável, por exemplo, pode exigir reforços estruturais, dada a potencial alteração no centro de gravidade do navio ou a introdução de pesos adicionais. Esta dificuldade torna-se ainda mais proeminente em barcos antigos, onde a retrofitting, ou seja, a atualização de processos antigos, pode ser mais complexa e onerosa do que em designs mais contemporâneos (GUERREIRO et al, 2022).

A dinâmica de fluidos, crucial na determinação do rendimento hidrodinâmico de um navio, também é afetada por mudanças estruturais. A unificação pode alterar o fluxo de água ao redor do casco, impactando, assim, o desempenho e a eficiência do combustível. Além disso, a adaptação de espaços internos, necessária para acomodar equipamentos de armazenamento ou geração de potência, pode comprometer áreas vitais de carga ou ação, desafiando a viabilidade monetária do navio (ACOSTA, 2021). Essa dificuldade se torna mais expressiva em navios de guerra, onde há maior compartimentação, para obter maior estanqueidade, visando combater uma possível avaria.

A estabilidade é outra consideração crucial. Sistemas de estocagem, dependendo de sua natureza, podem introduzir variações de peso ao longo do navio, exigindo soluções engenhosas para manter a estabilidade e a segurança. Dentro do contexto marítimo, os avanços tecnológicos e suas junções promissoras frequentemente esbarram em questões regulatórias e normativas. Essas barreiras, oriundas das complexidades do ambiente regulatório, desempenham um papel crítico, influenciando a velocidade e a maneira como inovações são adotadas na indústria naval (WESEN, 2018).

É preciso compreender que o ambiente internacional é regido por uma miríade de convenções, acordos e regulamentos. Entidades como a Organização Marítima

Internacional (OMI) estabelecem diretrizes que, embora visem garantir a segurança e a sustentabilidade das ações náuticas, podem também introduzir demoras e obstáculos à adoção de novas tecnologias. Em muitos casos, as normas existentes foram elaboradas em contextos distintos dos desafios atuais, resultando em potenciais descompassos entre inovação e regulamentação.

Ademais, a heterogeneidade das regulamentações entre diferentes jurisdições complica ainda mais o panorama. Enquanto uma nação pode ser receptiva e ágil na incorporação de avanços, outras podem manter uma postura mais conservadora, exigindo extensas avaliações e testes antes de reconhecer ou aprovar novas soluções. Esta disparidade pode desencorajar operadores e investidores que buscam uniformidade e previsibilidade nos mercados globais.

O aspecto normativo, por sua vez, envolve não apenas regulamentos, mas também padrões técnicos estabelecidos por organizações reconhecidas. A conformidade com esses padrões é muitas vezes necessária para garantir a aceitação no mercado e a interoperabilidade entre métodos (Figuerola, 2019). No domínio da indústria naval, a introdução de tecnologias emergentes, sobretudo aquelas associadas a estocagem de energia regenerável, exige uma reflexão crítica acerca da formação e treinamento da tripulação. A adequação da mão de obra é fundamental, tanto para garantir a operação segura e eficiente das embarcações quanto para maximizar os benefícios das inovações implantadas (SOUZA, ROSSATO e HENKES, 2019).

É essencial considerar que o universo marítimo é vasto e diversificado, o que implica uma variedade de conhecimentos e habilidades por parte dos marinheiros. Consequentemente, ao introduzir sistemas novos e sofisticados, torna-se mandatário proporcionar uma educação robusta, capaz de preparar adequadamente a tripulação para as peculiaridades dessas descobertas. Esta formação não se limita apenas ao entendimento técnico, mas engloba também aspectos operacionais, de manutenção e de resposta a emergências (BOTELHO, 2018). Novas tecnologias, exigem mão-de-obra mais qualificada, bem como novas ações para o combate a incêndios e possíveis avarias, exigindo novos equipamentos e métodos de serem utilizados.

Dado que o ramo é intrinsecamente globalizado, a padronização do treinamento emerge como uma preocupação premente. As práticas e protocolos adotados devem ser consistentes, independentemente da origem ou destino das

embarcações. Esta coesão assegura que, em quaisquer águas navegadas, a tripulação esteja apta a operar os métodos de armazenamento de energia com competência (SAMPAIO, 2022).

É imperativo reconhecer que o cenário tecnológico é dinâmico e em constante evolução. Isto implica na necessidade de um aprendizado contínuo, onde os membros da tripulação estão regularmente atualizando suas competências. Instituições de ensino e centros de formação marítima devem, portanto, estar em sintonia com os avanços do setor, oferecendo cursos e módulos de reciclagem que reflitam as tendências e práticas atuais (GEHLEN, 2021).

Não menos importante é a cultura organizacional das empresas de navegação. Estas devem promover ambientes que valorizem a formação contínua e incentivem a busca por conhecimento. Investir no capital humano não apenas maximiza o retorno das inovações tecnológicas, mas também eleva os padrões de segurança e produtividade em todo o setor.

No cenário contemporâneo da indústria marítima, as embarcações equipadas com tecnologias de guarda de energia renovável apresentam desafios inerentes à manutenção e à longevidade dos sistemas. Estas questões, embora cruciais para a viabilidade operacional e econômica, exigem uma abordagem metódica e estratégica para assegurar a máxima eficácia ao longo da vida útil (WESEN, 2018).

Elas são componentes complexos, com especificidades únicas que demandam cuidados e intervenções diferenciadas. Esta complexidade requer que os programas de manutenção sejam adaptados para atender às necessidades específicas destes sistemas, garantindo assim seu funcionamento ótimo. Planos de manutenção preventiva, baseados em dados e análises rigorosas, tornam-se instrumentos essenciais para prever e mitigar potenciais falhas (TORRE, 2018).

A longevidade do processamento de energia está intrinsecamente ligada à sua manutenção. Considerando que muitas das soluções emergentes ainda estão em fase de amadurecimento, é imperativo que as práticas de manutenção acompanhem os avanços e aprendizados do ramo. A troca de informações e experiências entre operadores, fabricantes e instituições de pesquisa é crucial para refinamento contínuo dos protocolos de manutenção (CORDEIRO, 2018).

O ambiente marinho, com suas variações climáticas e exposição constante a elementos corrosivos, impõe dificuldades adicionais. A durabilidade dos

componentes, assim como a resistência à corrosão e ao desgaste, deve ser avaliada e monitorada continuamente. Isso garante que as embarcações mantenham sua operacionalidade, minimizando interrupções e paralisações indesejadas (OLIVEIRA e FERREIRA, 2020).

Porém, a manutenção não é apenas uma questão técnica. A formação adequada da tripulação e dos técnicos responsáveis é vital. Estes profissionais devem estar equipados com o conhecimento e as ferramentas necessárias para executar intervenções eficazes e tomar decisões informadas em situações críticas.

Ao adentrar o âmbito das inovações, particularmente na incorporação de sistemas de armazenamento de energia renovável, um desafio crítico que se destaca é o impacto substancial no peso e no balanceamento. Estas implicações, embora técnicas em sua essência, reverberam em aspectos funcionais, de segurança e, conseqüentemente, econômicos para toda a indústria marítima (RODRIGUES, 2020).

É preciso compreender que cada adição ou modificação no equipamento de um navio influencia diretamente sua distribuição de peso. Portanto, ao integrá-las, é essencial considerar o aumento de massa e como isso afeta o centro de gravidade. Um deslocamento inapropriado do centro de gravidade pode comprometer a estabilidade, colocando em risco tanto a integridade da estrutura quanto a segurança da tripulação e dos ativos transportados (PENA, 2019).

O posicionamento e a disposição dos sistemas no design da embarcação são vitais. Uma localização inadequada pode resultar em desequilíbrios, afetando adversamente a navegabilidade do navio. Portanto, os projetistas e engenheiros devem empenhar-se em soluções que otimizem o espaço, garantindo que o peso adicional seja distribuído de forma que mantenha ou até melhore a performance em condições variadas de mar (GIACOMOLLI, 2022).

Este desafio é ampliado ao considerar que diferentes tecnologias de armazenamento podem ter densidades e requerimentos de espaço distintos. Por exemplo, enquanto métodos de bateria podem ser mais densos e compactos, soluções baseadas em hidrogênio demandam compartimentos específicos e uma atenção especial quanto à segurança (KUCHEN e KOZAK, 2020). Compartimentos contendo hidrogênio devem ter um elevado grau de segurança e monitoramento, apesar de não ser um gás tóxico, o H<sub>2</sub> é incolor e pode causar morte por asfixia quando inalado em quantidades elevadas, além de ter características explosivas (diferente



dos gases da combustão, o hidrogênio é umas das substâncias mais leves do planeta, um possível incêndio, teria deslocamento vertical).

Em paralelo, modificações estruturais significativas podem requerer avaliações adicionais e certificações por entidades reguladoras. Estes processos podem prolongar os tempos de implementação e, conseqüentemente, impactar os cronogramas operacionais das embarcações (Lima, 2019). No cenário emergente da implementação de tecnologias, a gestão de resíduos e a questão do descarte assumem uma relevância inquestionável. Enquanto os avanços tecnológicos promovem a otimização do desempenho e a sustentabilidade das operações marítimas, as dificuldades associadas ao gerenciamento de resíduos gerados por essas inovações tornam-se um ponto crucial na equação da sustentabilidade (SILVA JUNIOR, 2018).

A complexidade dessa problemática reside, em parte, na composição variada de materiais presentes nos componentes. Muitos desses materiais, especialmente em baterias avançadas, podem ser tóxicos, requerendo tratamento e manuseio especializados para garantir que não representem um risco ambiental ou à saúde humana (SOUZA, ROSSATO e HENKES, 2019).

Nem todos os portos estão equipados ou preparados para receber e processar resíduos de alta tecnologia gerados por embarcações modernas. Assim, a indústria naval, em parceria com entidades portuárias, precisa estruturar protocolos e instalações específicas para a gestão desses resíduos, alinhando-se com práticas globais de sustentabilidade (SOUZA, REZENDE e SILVA, 2019).

Dentro do complexo ambiente marítimo, a adoção não está isenta de dificuldades. Particularmente, os fatores climáticos emergem como um dos mais prementes obstáculos. Elas frequentemente enfrentam condições ambientais variáveis, desde temperaturas extremamente baixas em regiões polares a calor intenso nos trópicos. Estas variações têm implicações diretas na eficiência e na longevidade dos sistemas de armazenamento (BERNADES, CELESTE e CHAVES, 2020).

A temperatura desempenha um papel crucial na performance das baterias. Em climas frios, por exemplo, pode ocorrer uma redução na capacidade de entrega de energia devido à diminuição da condutividade iônica. Isto pode limitar a disponibilidade de potência, particularmente em situações de alta demanda. Em contrapartida,

temperaturas elevadas podem acelerar processos de degradação química dentro das baterias, reduzindo sua vida útil e, em casos extremos, aumentando o risco de falhas catastróficas, como incêndios (OLIVEIRA e FERREIRA, 2020). Baterias de íon de lítio devem ser armazenadas em locais seguros, com constante acompanhamento evitando superaquecimentos e curtos circuitos.

Ademais, a salinidade e a umidade também influenciam o desempenho e a durabilidade dos procedimentos. A exposição contínua à atmosfera salina pode resultar em corrosão e outros problemas relacionados ao isolamento. A umidade, por sua vez, pode penetrar nos métodos de retenção, especialmente se não estiverem adequadamente selados, comprometendo sua funcionalidade. As variações barométricas, frequentemente encontradas em travessias oceânicas, podem igualmente afetar tecnologias de armazenamento como ar comprimido ou volantes de inércia, que dependem de equilíbrios de pressão precisos para sua operação ótima (FERNANDES, 2020).

Diante desses desafios, torna-se imperativo que as soluções de armazenamento sejam robustas e adaptáveis. Pesquisas estão em curso para desenvolver materiais e designs mais resistentes às adversidades climáticas, bem como sistemas de monitoramento e controle avançados que possam ajustar a operação das baterias de acordo com as condições ambientais.

A implementação não se limita apenas à instalação de novos equipamentos. É crucial considerar sua integração com métodos de monitoramento e controle já existentes no navio. Esta interação complexa traz à tona desafios específicos que merecem uma análise meticulosa (Bastos, 2019). Unir tecnologias emergentes pode requerer uma reconfiguração desses processos para garantir uma leitura precisa e uma resposta eficaz. Esta reconfiguração, por vezes, pode envolver uma recalibração de sensores, a introdução de algoritmos adaptativos e a atualização de interfaces de usuário para fornecer feedback em tempo real sobre o status e o desempenho dos novos processamentos (MONTEIRO, 2021).

O controle também é essencial para a segurança e a eficiência funcional. Qualquer discrepância ou falha na comunicação entre o sistema de estocagem de energia e o método de controle pode resultar em respostas inadequadas, potencialmente colocando a embarcação e sua tripulação em risco. Portanto, garantir uma comunicação fluida e sem interrupções é de suma importância (ACOSTA, 2021).

A integração também pode apresentar dificuldades relacionadas à capacitação da tripulação. A familiaridade com os procedimentos convencionais pode não se traduzir automaticamente em competência no manejo de novas tecnologias. Assim, programas de treinamento aprofundados e contínuos são essenciais para garantir que a tripulação esteja apta a operar e responder a cenários inesperados relacionados ao novo sistema (CUNHA et al, 2022).

Figura 7: Incêndio em um navio



Fonte: Blog da Engenharia, acesso em 20 de setembro de 2023

Figura 8: Curso combate incêndio CAAML



Fonte: Soluções Industriais, acesso em 20 de setembro de 2023

Considerando o avanço tecnológico e a digitalização dos métodos marítimos, a cibersegurança surge como uma preocupação adicional. A introdução de novos processamentos pode inadvertidamente criar vulnerabilidades, tornando a embarcação suscetível a ameaças cibernéticas. Contexto muito mais relevante em meios navais.

## 4 IMPACTOS ECONÔMICOS E AMBIENTAIS

Na arena global do transporte marítimo, a necessidade de abordar as emissões de CO<sub>2</sub> adquiriu primazia sem precedentes. Em um momento em que a consciência ambiental molda decisões estratégicas em vários setores, compreender o potencial de redução destas emissões no ramo torna-se imperativo.

A magnitude das emissões de CO<sub>2</sub> no transporte é significativa, considerando sua vastidão e sua dependência de combustíveis fósseis. Entretanto, várias iniciativas e inovações têm demonstrado a capacidade de atenuar este impacto. A transição para opções alternativas, a eficiência aprimorada do design das embarcações e a adoção de sistemas de propulsão híbrida são apenas algumas das abordagens emergentes que prometem uma redução considerável nas emissões (PENA, 2019).

Economicamente, a mitigação pode se traduzir em benefícios multifacetados. Enquanto regulamentações mais rigorosas impõem restrições, a adoção proativa de soluções sustentáveis pode oferecer economias no consumo. Além disso, a elegibilidade para incentivos fiscais e subsídios destinados a práticas duradouras pode fornecer um estímulo financeiro adicional (DUARTE, 2021).

Do ponto de vista ambiental, cada tonelada evitada contribui significativamente para a desaceleração das mudanças climáticas. A relevância desta redução é amplificada quando se considera a vida útil, traduzindo-se em milhares de toneladas de CO<sub>2</sub> que deixam de ser emitidas (TORRE, 2018).

No panorama global do transporte náutico, a dependência de fontes fósseis tem sido uns pilares tradicionais, mas, recentemente, tem-se observado uma reavaliação crítica desta dependência. As implicações econômicas e ambientais do consumo de combustível fóssil são multifacetadas e têm conduzido a indústria a uma introspecção necessária sobre suas práticas funcionais (SILVESTRE, 2018).

Economicamente, ele representa uma proporção considerável dos custos operacionais de uma embarcação. Flutuações nos preços do petróleo podem resultar em variações substanciais nos custos, tornando a previsibilidade financeira um desafio. Portanto, qualquer estratégia que vise as finanças no consumo desses combustíveis não só alivia os custos diretos, mas também oferece uma estabilidade desejável nas projeções financeiras (CARVALHO, 2022).

Ambientalmente, a queima de fontes fósseis em motores marítimos emite uma quantidade significativa de gases de efeito estufa e outros poluentes. A redução do consumo, conseqüentemente, conduz a uma diminuição proporcional destas emissões. Tal redução tem implicações diretas na qualidade do ar, nos ecossistemas marinhos e no clima global (BRUGNERA, 2018).

Diversas abordagens têm sido exploradas para alcançar esta economia. A otimização do design das embarcações, a adoção de tecnologias de propulsão mais eficientes e o uso de processos de gestão avançada são estratégias que têm demonstrado promessa. Além destas, a transição para fontes alternativas de energia e a integração de procedimentos híbridos são vistas como soluções promissoras para a próxima era do transporte (MONTEIRO, 2021).

Em meio à transformação atual do setor náutico, a avaliação do Retorno sobre o Investimento (ROI) e a identificação do ponto de equilíbrio financeiro têm se mostrado cruciais para os tomadores de decisão. A dinâmica entre aplicações iniciais, custos operacionais e benefícios futuros é complexa e exige análise detalhada para garantir que os recursos sejam empregados de forma eficaz (MACHADO, 2018).

O ROI, que quantifica o retorno financeiro em relação ao seu custo, tornou-se uma métrica padrão para avaliar a viabilidade de projetos no setor. Quando considerado em conjunto com impactos ambientais, o ROI pode fornecer uma perspectiva mais holística. Isto é, investimentos que, à primeira vista, parecem mais caros podem oferecer retornos mais significativos a longo prazo devido a benefícios como redução de emissões e finanças de combustível (JARDIM, 2020).

Por outro lado, o ponto de equilíbrio, que indica o momento em que os benefícios financeiros começam a superar os custos, é vital para compreender o período necessário para recuperar uma aplicação inicial. No ramo onde os ciclos de investimento são frequentemente longos e os ativos, como as embarcações, têm longos períodos de vida útil, identificar esse ponto de equilíbrio torna-se ainda mais fundamental (FERNANDES e HADDAD, 2019).

Sendo assim, é crucial reconhecer que, em muitos casos, o verdadeiro valor do ROI e do ponto de equilíbrio não reside apenas nos números brutos. Em um mundo cada vez mais consciente dos impactos ambientais, as repercussões na imagem da empresa, na satisfação do cliente e nas regulamentações futuras podem influenciar de maneira profunda esses cálculos. Assim, investimentos que promovem práticas

mais sustentáveis podem não apenas trazer retornos financeiros diretos, mas também garantir resiliência e viabilidade a longo prazo no mercado.

O ramo em questão como espinha dorsal do comércio global, opera dentro de uma cadeia de suprimentos complexa e interconectada. As decisões tomadas neste setor, seja em termos de tecnologia, regulamentação ou práticas operacionais, reverberam por toda a cadeia de valor, influenciando não só os armadores e operadores, mas também os portos, os fabricantes de equipamentos e os consumidores finais (FARIAS, PINTO e MONTEIRO, 2020).

Mudanças na forma como o setor opera podem ter implicações imediatas para os custos de transporte. Por exemplo, a adoção de avanços mais limpos pode, inicialmente, requerer aplicações significativas, influenciando diretamente os custos funcionais. No entanto, podem ser balanceados por finanças derivadas da eficiência energética ou da conformidade com regulamentações mais rígidas, potencialmente evitando penalidades ou tarifas (SERAFINI et al, 2021).

A adoção de práticas mais sustentáveis pode também reconfigurar as dinâmicas tradicionais da cadeia de suprimentos. Com um foco crescente na sustentabilidade, os portos podem priorizar embarcações que utilizam descobertas limpas, resultando em tempos de atracação mais rápidos ou taxas preferenciais. Da mesma forma, os fabricantes de equipamentos podem experimentar um aumento na demanda por tecnologias verdes, impulsionando a inovação e a pesquisa nesse domínio (SILVESTRE, 2018).

As transformações na cadeia de suprimentos marítima têm o potencial de reduzir significativamente as emissões e outros impactos ecológicos. Ao minimizar a dependência de combustíveis fósseis e ao adotar práticas operacionais mais limpas, o setor pode contribuir de maneira significativa para esforços globais de redução de emissões e conservação marinha (WESEN, 2018).

Dentro do panorama global, as metas de sustentabilidade representam desafios urgentes e imperativos. O ramo, como componente integrante das operações de comércio e logística internacionais, detém um papel crucial na realização dessas metas. A adoção de práticas e tecnologias mais duradouras pelas empresas marítimas não só traz implicações diretas na redução do impacto ambiental, mas também colabora para a concretização de objetivos globais de desenvolvimento sustentável (PLAZA, 2020).

Ao considerar a economia direta, embarcações que empregam tecnologias ecológicas podem, em médio e longo prazo, obter significativas reduções nos custos operacionais. Estas finanças, resultantes de eficiências e diminuição no consumo de combustíveis fósseis, refletem-se em uma ação mais rentável e alinhada com diretrizes de sustentabilidade (GEHLEN, 2021).

Ambientalmente, a redução de emissões nocivas, como os óxidos de enxofre e nitrogênio, bem como o dióxido de carbono, não só atende às regulamentações internacionais crescentes, mas também contribui diretamente para o combate às alterações climáticas e para a melhoria da qualidade do ar nos portos e áreas costeiras. A conservação dos ecossistemas marinhos, mediante a adoção de inovações que minimizam o despejo de águas residuais e outras contaminações, ressalta o compromisso do setor com a preservação da biodiversidade (ENERGÉTICA, 2021).

Ademais, quando uma empresa náutica se posiciona como líder em práticas sustentáveis, isto pode incentivar outras entidades, sejam elas fornecedores, clientes ou concorrentes, a seguir um caminho semelhante, amplificando o impacto positivo como um todo (SUGAHARA, FREITAS e CRUZ, 2021).

À medida que os stakeholders e investidores globais se tornam mais conscientes e exigentes em relação às práticas duradouras, as empresas marítimas que demonstram compromisso com tais práticas podem obter vantagens competitivas, acesso a financiamentos mais favoráveis e maior resiliência em face de volatilidades do mercado (MACHADO, 2018).

Na era atual, marcada por um crescente foco em sustentabilidade e responsabilidade corporativa, as empresas marítimas enfrentam uma pressão inigualável para alinhar suas operações com padrões ambientais mais rigorosos. Esta transição não é apenas uma resposta a regulamentações, mas também uma oportunidade para empresas cultivarem uma imagem positiva e reforçarem sua reputação no mercado global.

O ramo em questão, devido à sua escala e natureza intrínseca, possui um impacto significativo sobre o meio ambiente. Embarcações que adotam práticas e tecnologias sustentáveis não apenas reduzem sua pegada de carbono, mas também demonstram um compromisso palpável com a preservação ambiental. Esta postura

proativa não passa despercebida por stakeholders e consumidores informados (ZAMBRANO e REAL-PÉREZ, 2021).

Em termos econômicos, a imagem positiva de uma empresa pode se traduzir em benefícios tangíveis. Consumidores, cada vez mais conscientes das questões ambientais, tendem a favorecer empresas com políticas claras de sustentabilidade. Esta preferência pode resultar em uma maior lealdade do cliente, potencialmente levando a um aumento nas receitas. Adicionalmente, a conformidade antecipada com padrões ambientais pode posicionar uma empresa como líder de mercado, dando-lhe uma vantagem competitiva (BERNADES, CELESTE e CHAVES, 2020).

Do ponto de vista da reputação, a adoção de práticas sustentáveis pode proteger empresas contra escrutínios negativos, evitando controvérsias que poderiam manchar sua imagem. Empresas que negligenciam seu impacto ambiental correm o risco de enfrentar reações adversas não apenas de reguladores, mas também de consumidores, investidores e da mídia.



## 5 ANÁLISES COMPARATIVAS

A questão das emissões de CO<sub>2</sub> tem estado no epicentro das discussões globais relativas às mudanças climáticas. As preocupações ampliadas quanto ao aquecimento global, impulsionadas pelos crescentes níveis de dióxido de carbono na atmosfera, têm direcionado olhares críticos para diversos setores industriais, e a indústria náutica não é exceção. Dada a magnitude das operações de transporte e sua relevância para a economia global, os potenciais impactos econômicos e ambientais da redução de emissões neste ramo merecem uma avaliação metódica.

Com a adoção de tecnologias renováveis, percebe-se uma perspectiva promissora para diminuição das emissões. Ao substituir combustíveis fósseis por alternativas mais limpas ou ao integrar sistemas de propulsão híbridos, a pegada de carbono de um navio pode ser significativamente reduzida. Estas adaptações não apenas alinham o setor com metas climáticas internacionais, mas também podem oferecer vantagens monetárias ao longo do tempo, considerando a volatilidade dos preços das fontes tradicionais e possíveis incentivos para atividades mais verdes (FARIAS, PINTO e MONTEIRO, 2020).

De outro modo, a implementação carrega consigo investimentos iniciais substanciais. Contudo, ao avaliar os benefícios a longo prazo, tanto em termos de economia operacional quanto em termos de conformidade com futuras regulamentações mais rigorosas, a equação começa a inclinar-se a favor da adoção de tais sistemas (MACHADO, 2018).

Do ponto de vista ambiental, a redução das emissões tem implicações mais amplas do que apenas a questão climática. Emissões reduzidas podem levar à melhoria da qualidade do ar em portos e cidades costeiras, beneficiando a saúde pública e possivelmente reduzindo os custos associados a problemas de saúde causados pela poluição (CORDEIRO, 2018).

A indústria marítima, ao longo dos anos, tem sido tradicionalmente dependente dos combustíveis fósseis para garantir a operação de suas vastas frotas. Esta dependência não tem apenas implicações ambientais, mas também carrega consigo nuances econômicas intrincadas, sobretudo em face da volatilidade dos preços globais do petróleo. Diante desse cenário, a economia no consumo fóssil emerge não

apenas como uma iniciativa ambientalmente responsável, mas também como uma estratégia monetária crucial (GEHLEN, 2021).

A integração de fontes renováveis de energia e tecnologias de propulsão mais eficientes tem apresentado resultados notáveis na redução do consumo de fontes tradicionais. Este declínio no uso de óleo e derivados não somente diminui a emissão de poluentes, mas também apresenta benefícios financeiros diretos para os operadores. Com menos consumido, os custos operacionais das embarcações são consideravelmente reduzidos (FIGUEROA, 2019).

Ao diversificar as fontes de energia e depender menos de um recurso cujo preço é notoriamente instável, os operadores marítimos podem obter uma previsibilidade financeira mais consistente. Esta estabilidade pode, subsequentemente, refletir-se em tarifas mais competitivas e operações mais otimizadas, conferindo uma vantagem no mercado global (GUERREIRO et al, 2022).

A transição para uma frota mais verde e economicamente eficiente requer aplicações significativas. A implementação de novas tecnologias existentes demanda capital e recursos. No entanto, a recuperação pode ser observada no médio a longo prazo, à medida que os benefícios acumulados superam os custos iniciais (CUNHA et al, 2022).

Em uma perspectiva mais ampla, a redução no consumo de combustíveis fósseis por parte do setor pode influenciar positivamente toda a cadeia produtiva, desde a exploração de petróleo até a comercialização de bens transportados. A consequente diminuição na demanda por petróleo pode ter repercussões no mercado global de energia, incentivando a exploração e adoção de alternativas mais sustentáveis (ZAMBRANO e REAL-PÉREZ, 2021).

No âmbito marítimo, elas têm tradicionalmente navegado os mares impulsionados por combustíveis fósseis. No entanto, o cenário tem vindo a mudar progressivamente, com várias a darem passos audaciosos em direção à adoção de sistemas renováveis (ENERGÉTICA, 2021).

Começando pela Europa, certas embarcações têm incorporado painéis solares em suas estruturas, convertendo a luz solar em energia elétrica. Um navio de carga que opera no Mar do Norte, por exemplo, conseguiu reduzir o seu consumo de fontes em cerca de 15% simplesmente com a incorporação deste processo. Ela não apenas

reduziu a sua pegada de carbono, mas também verificou uma economia operacional significativa (BOTELHO, 2018).

Em Singapura, navio da Mitsubishi Corporation, o Pixys Ocean, com duas velas de 37,5 metros, que através de um computador, auxilia na propulsão, se estima uma economia de até uma tonelada e meia de combustível fóssil por dia. Com sistema desenvolvido pela BAR Technologies, em conjunto com a Yara Marine e a Cargill este Graneleiro opera com velocidade média de 12,5 nós.

Figura 9: Navio Graneleiro Pixys Ocean



Fonte: Marine Traffic, acesso em 11 de outubro de 2023

O navio elétrico Alphenaar equipado com baterias de íons de lítio em contêineres de 6 metros, e capacidade de 2 Megawatts hora, capazes de armazenar potência renovável, enfrentou desafios relacionados à longevidade e eficiência das baterias em condições adversas. Apesar desses obstáculos, a experiência forneceu aprendizados cruciais sobre a integração e gestão destes sistemas em condições reais de navegação. O Alphenaar será utilizado para o transporte de bebidas Heineken, e em termos monetários, essa embarcação terá um custo menor de operação, se comparados, a navios do mesmo porte, de propulsão convencional.

Figura 10: Navio Alphenaar



Fonte: Oossanen, acesso em 11 de outubro de 2023

Dentro disso, a produtividade e os resultados operacionais são critérios decisivos na avaliação do desempenho de uma embarcação. Com a crescente adoção de tecnologias sustentáveis, várias têm servido como estudos de caso, fornecendo informações valiosas sobre os resultados alcançados na prática. Uma análise comparativa revela uma paisagem variada de sucessos e desafios (FIGUEROA, 2019).

Numa abordagem inicial, considere-se um barco comercial que opera no Mediterrâneo e que incorporou células de combustível de hidrogênio em sua matriz. Os registros indicam uma redução notável de 20% no consumo de energia, quando comparado com a ação anterior, apenas a fontes fósseis. Esta melhoria na eficiência traduziu-se numa atividade mais limpa e em custos operacionais reduzidos (OLIVEIRA e FARIA, 2019).

Em contraste, no Oceano Índico, uma embarcação que implementou turbinas eólicas auxiliares apresentou uma melhoria menos expressiva no rendimento energético, mas ainda assim significativa. Os dados apontam para uma redução de 10% no consumo de combustível. Embora esta porcentagem seja menor do que o exemplo anterior, é crucial notar que as condições meteorológicas desempenharam um papel vital nos resultados obtidos (UNIFACVEST e SARDÁ, 2020).

Tome-se, por exemplo, um navio mercante no Mar do Norte, que integrou sistemas de células de combustível à sua infraestrutura. Embora ela tenha beneficiado de uma redução significativa nas emissões de gases de efeito estufa, enfrentou dificuldades na obtenção e estocagem regular de hidrogênio de alta qualidade. A solução implementada envolveu parcerias com fornecedores locais para estabelecer um abastecimento consistente e eficiente, bem como a instalação de tanques de armazenamento de alta pressão para maximizar a capacidade (BASTOS, 2019).

Já no Pacífico, uma embarcação que incorporou processamentos de captação de força solar enfrentou desafios relacionados à intermitência da captação solar, especialmente durante períodos de clima adverso. A solução emergente foi a instalação de um banco de baterias de maior capacidade, permitindo um armazenamento mais extenso durante períodos de sol pleno e garantindo uma operação consistente em condições menos ideais (RODRIGUES, 2020).

No Atlântico, um navio que experimentou a propulsão auxiliada por velas, visando reduzir o consumo de combustível, enfrentou problemas inesperados com a integridade estrutural das velas em condições de tempestade. A resposta a este desafio foi uma combinação de design reforçado, juntamente com processos automatizados de recolha de velas, que permitiam uma rápida adaptação às mudanças nas condições meteorológicas (LIMA, 2019).

Um exemplo final provém do Mediterrâneo, onde um navio implementou métodos de propulsão elétrica auxiliados por turbinas eólicas. Aqui, a principal dificuldade residia na variação da velocidade e direção do vento. A implementação de sistemas avançados de previsão meteorológica, juntamente com algoritmos de otimização de rota, permitiu à ela ajustar-se dinamicamente, maximizando a captação de energia eólica (PINARGOTE et al, 2021).

Ao mergulhar no universo náutico e avaliar as adaptações tecnológicas, é imperativo compreender a percepção daqueles que estão no coração das operações: a tripulação e os operadores. Seus feedbacks, ao serem examinados através de estudos de caso e análises comparativas, oferecem informes inestimáveis sobre a interface entre o humano e a tecnologia no ambiente naval (JARDIM, 2020).

Num barco que navegava pelo Oceano Índico, a introdução de sistemas autônomos gerou sentimentos mistos entre a tripulação. Enquanto alguns sentiam que sua carga de trabalho diminuía e saudavam a eficiência trazida pela automação, outros expressavam preocupações sobre a perda de habilidades essenciais de navegação. Esta dicotomia levou à implementação de programas de treinamento contínuo, garantindo que a tripulação mantivesse competências fundamentais, independentemente da presença de tecnologia (OLIVEIRA e FARIA, 2019).

Já no Mar Báltico, a transição para um método de propulsão híbrida foi amplamente saudada pelos operadores devido à redução do ruído e das vibrações. No entanto, surgiram desafios em relação à complexidade do monitoramento de múltiplos processamentos. A solução veio na forma de painéis de controle intuitivos e treinamento específico para facilitar a gestão eficaz da nova tecnologia (FERNANDES e HADDAD, 2019).

No Caribe, onde uma embarcação adotou processos de energia solar, o feedback inicial da tripulação focou no aumento da temperatura no convés devido à instalação dos painéis solares. Para abordar esta preocupação, foram instaladas

coberturas e áreas de sombra adicionais, melhorando o conforto da tripulação enquanto operavam no convés (SAMPAIO, 2022).

Ao se investigar o progresso e a inovação na indústria naval, a análise comparativa entre embarcações equipadas com sistemas renováveis e aquelas de design convencional se torna uma ferramenta indispensável. Esta análise não apenas lança luz sobre o avanço tecnológico, mas também destaca as dificuldades e oportunidades presentes em ambas as abordagens (SOUZA, REZENDE e SILVA, 2019).

Num porto europeu, um barco equipado com procedimentos híbridos de propulsão foi posta à prova contra sua contraparte tradicional. O resultado evidenciou uma significativa redução no consumo de combustível e nas emissões, no entanto, o investimento inicial foi consideravelmente mais elevado. Contudo, o retorno sobre a aplicação, ao se considerar os benefícios a longo prazo e a redução dos custos operacionais, ofereceu uma visão promissora para os investidores (TENTI, 2020).

Em águas asiáticas, uma embarcação equipada com painéis solares foi comparada a uma de design tradicional operando na mesma rota. Enquanto ela demonstrou uma operação mais silenciosa e menos poluente, os painéis exigiram espaço adicional no convés, limitando assim algumas atividades a bordo. Esta análise ressaltou a importância de um design integrado que considere tanto a eficiência energética quanto as ações cotidianas (UNIFACVEST e SARDÁ, 2020).

No Atlântico, uma comparação foi realizada entre embarcações que utilizavam sistemas de gestão avançada de resíduos e aquelas que seguiam práticas tradicionais. Ela demonstrou uma significativa redução na quantidade de resíduos descartados no mar, apesar de exigir uma tripulação mais treinada para operar o sistema (SANTOS, 2020).

Ao cruzar os mares australianos, o desempenho de barcos equipados com métodos de captação e utilização de energia eólica foi avaliado em relação aos convencionais. Enquanto elas mostraram uma dependência reduzida de combustíveis fósseis, a necessidade de manutenção e a resistência adicional do equipamento eólico em certas condições foram pontos de consideração (JARDIM, 2020).

Em uma jornada contínua de inovação e busca por práticas mais sustentáveis no setor marítimo, a análise de estudos de caso revela lições valiosas. Através destes

estudos, pode-se discernir uma série de melhores práticas e estratégias que têm o potencial de guiar futuras implementações (LIMA, 2019).

No Mar do Norte, uma embarcação equipada com tecnologia híbrida de propulsão enfrentou desafios iniciais relacionados à integração do sistema. A experiência evidenciou a necessidade crucial de uma formação adequada para a tripulação, bem como a importância de um suporte técnico robusto durante as fases iniciais de ação. A lição, portanto, enfatiza a importância de uma preparação abrangente e um acompanhamento contínuo. Já em águas do Pacífico, um navio com processamentos de filtragem avançada de resíduos demonstrou a relevância de operações de manutenção programadas e consistentes. A eficácia dependia de inspeções regulares, indicando a importância de uma abordagem proativa e não apenas reativa à manutenção (CORDEIRO, 2018).

## 6 RECOMENDAÇÕES FUTURAS E PERSPECTIVAS

Ao avaliar o cenário atual do setor marítimo, torna-se claro que o potencial de aprimoramento tecnológico representa um horizonte promissor. Com as recentes evoluções em processamentos de energia renovável e inovações em design naval, o segmento encontra-se à beira de uma transformação significativa.

A miniaturização e eficiência crescente dos métodos de armazenamento oferecem possibilidades inexploradas para embarcações de todos os tamanhos. Os avanços em baterias de alta densidade energética e capacidade de carga rápida podem permitir rotas mais longas com menor dependência de combustíveis fósseis. Este progresso, alinhado com sistemas de gestão otimizados, pode resultar em operações mais eficientes e economicamente viáveis (MARTINEZ, GOMEZ e HERNÁNDEZ, 2018).

A pesquisa em materiais leves e resistentes abre portas para cascos mais eficientes aerodinamicamente e com menor resistência hidrodinâmica. A incorporação desses materiais, juntamente com designs inovadores, pode contribuir para uma redução significativa no consumo de energia, bem como ampliar a longevidade dos barcos (SOUZA, REZENDE e SILVA, 2019).

A integração de inteligência artificial e métodos autônomos também ocupa uma posição de destaque nas perspectivas futuras. Eles têm o potencial de otimizar rotas, reduzir erros humanos e melhorar a eficiência operacional. Ao reduzir a necessidade de intervenção humana em determinadas operações, é possível alcançar uma navegação mais segura e precisa. Ademais, a constante evolução em tecnologias de propulsão alternativa, como células a combustível e propulsão eólica, sugere um futuro em que embarcações podem operar com uma pegada de carbono significativamente reduzida, ou até mesmo neutra (COSTA e ANDRADE JUNIOR, 2021).

Dentro do intrincado cenário do setor marítimo, as barreiras regulatórias surgem como obstáculos frequentemente citados ao avanço e à implementação de práticas mais sustentáveis. Para navegar por este terreno complexo e garantir a contínua evolução da indústria, algumas estratégias podem ser adotadas (TENTI, 2020).



A promoção do diálogo e colaboração entre as partes interessadas é de suma importância. É crucial que legisladores, representantes da indústria, acadêmicos e outros grupos relevantes estabeleçam canais de comunicação eficientes. Esta aproximação permitirá uma compreensão mútua dos desafios, necessidades e possibilidades, promovendo a criação de regulamentações equilibradas que incentivem a inovação sem comprometer a segurança ou a integridade operacional (SANTOS, 2020).

Adicionalmente, o desenvolvimento de padrões internacionais harmonizados pode ser uma abordagem promissora. Tais padrões reduziriam a fragmentação regulatória, facilitando a adoção de novas tecnologias e práticas por diferentes nações e garantindo que os avanços sejam disseminados de maneira mais ampla e eficiente (FRANDOLOSO, 2019).

À medida que novas soluções são desenvolvidas e testadas, é essencial que os regulamentos sejam adaptados para refletir o estado atual da tecnologia e os conhecimentos adquiridos. Estas revisões periódicas garantiriam que as regulamentações não se tornem obsoletas ou restritivas demais frente aos avanços tecnológicos (SILVA, SOUZA e DUTRA, 2023).

Ao reconhecer e recompensar práticas e soluções que atendam ou superem os padrões regulatórios, cria-se um ambiente propício para que a indústria busque constantemente aprimoramentos. No cenário atual de avanços tecnológicos, a indústria marítima encontra-se diante de oportunidades significativas para melhorar sua eficiência e sustentabilidade. A integração apresenta-se como uma promissora direção a ser seguida, proporcionando benefícios ambientais e operacionais (BERNADES, CELESTE e CHAVES, 2020).

A instalação de painéis solares em embarcações, por exemplo, pode complementar processos de propulsão elétrica, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis e minimizando emissões. Além disso, a exploração da força eólica por meio de velas rotativas ou turbinas pode oferecer uma contribuição adicional, especialmente em rotas caracterizadas por ventos consistentes (Souza, 2020). Outra possibilidade intrigante é a integração de sistemas de gestão de resíduos a bordo que convertam resíduos orgânicos em potência, através de processos como a digestão anaeróbica. Tal abordagem não apenas otimiza o manejo de resíduos, mas também fornece uma fonte adicional (PINHEIRO, 2020).

A automação e a digitalização também desempenham um papel crucial. A unificação de sistemas inteligentes que monitorizam e otimizam o consumo de potência em tempo real pode resultar em operações mais eficientes. Além disso, o uso de análises avançadas e algoritmos preditivos pode ajudar a prever necessidades energéticas com base em condições ambientais e rotas de navegação, permitindo ajustes proativos (GUERREIRO et al, 2022).

No panorama da indústria marítima contemporânea, a questão da adoção em larga escala de tecnologias sustentáveis e inovações emergentes torna-se cada vez mais premente. Enquanto casos isolados de implementação revelam resultados encorajadores, ponderar sobre a viabilidade de uma ampla adoção é imperativo (ZAMBRANO e REAL-PÉREZ, 2021).

Para que haja uma transição significativa, é fundamental que as soluções se mostrem não apenas ambientalmente benéficas, mas também economicamente competitivas. Em muitos cenários, os custos iniciais associados à implementação são elevados. Contudo, a longo prazo, a redução nos gastos operacionais e a possibilidade de acesso a mercados mais conscientes ambientalmente podem compensar tais investimentos iniciais (SOUZA, 2020).

A infraestrutura existente representa outro desafio. Portos, instalações de manutenção e cadeias de fornecimento precisarão ser adaptados ou redesenhados para acomodar e servir com tecnologias avançadas. Essa transformação exigirá não apenas investimentos significativos, mas também planejamento e coordenação entre diferentes stakeholders. No que diz respeito à aceitação e à formação, é crucial que operadores e tripulações sejam adequadamente treinados e familiarizados com as novas tecnologias. A resistência à mudança pode ser atenuada por meio de programas de capacitação eficazes e engajamento contínuo com as partes interessadas (SILVA, SOUZA e DUTRA, 2023).

O cenário regulatório, como mencionado anteriormente, desempenha um papel significativo. Regulamentações favoráveis e incentivos governamentais podem acelerar a adoção, proporcionando um ambiente propício para a inovação e garantindo a conformidade com padrões de segurança e desempenho. Ao se considerar o futuro promissor da indústria marítima, caracterizado pela crescente incorporação de inovações sustentáveis, o desenvolvimento de uma infraestrutura de apoio robusta torna-se uma questão incontornável. Tal infraestrutura não apenas

facilitará a adoção dessas inovações, mas também assegurará a sustentabilidade e eficácia dessas transformações a longo prazo (BEBER, 2019).

Estas instalações precisarão ser reconfiguradas para atender embarcações dotadas de tecnologias avançadas, sejam elas sistemas de propulsão alternativos, processos de gerenciamento de resíduos ou outras soluções emergentes. Isto pode envolver desde a instalação de estações de recarga elétrica até facilidades para manutenção especializada (TENTI, 2020).

A logística associada ao fornecimento de combustíveis alternativos, como hidrogênio ou biocombustíveis, necessitará de uma reavaliação profunda. Isto implica na construção ou adaptação de instalações de armazenamento e distribuição, bem como na formação de redes logísticas que garantam um fornecimento ininterrupto (VELOSO et al, 2020).

A formação e capacitação também surgem como componentes essenciais dessa infraestrutura de apoio. Centros de treinamento especializados devem ser estabelecidos para garantir que a força de trabalho marítima esteja apta a operar e manter as novas tecnologias. Esta capacitação contínua permitirá não apenas operações seguras, mas também otimizadas (Silva Junior, 2018). Outro aspecto vital é a pesquisa e desenvolvimento contínuos. Instituições dedicadas à pesquisa náutica devem ser fortalecidas e incentivadas a explorar soluções inovadoras, garantindo que a indústria permaneça na vanguarda das práticas sustentáveis (SILVA, SOUZA e DUTRA, 2023).

Em um cenário onde a complexidade e a rápida evolução tecnológica dominam o ramo, a necessidade de colaborações e parcerias estratégicas torna-se cada vez mais evidente. Estas alianças têm o potencial de acelerar o desenvolvimento e a adoção de inovações, superar obstáculos comuns e moldar o futuro da indústria de maneira positiva e duradoura (SOUZA, 2020).

Ao unir conhecimento prático do setor a capacidades avançadas de pesquisa e desenvolvimento, soluções mais eficazes e adaptadas às necessidades reais da indústria podem ser concebidas. Universidades, institutos de pesquisa e centros de inovação, com sua expertise, podem oferecer recursos e conduzir estudos avançados que, de outra forma, poderiam estar fora do alcance de uma única organização marítima (ZAMBRANO e REAL-PÉREZ, 2021).

Colaborações entre diferentes atores dentro do próprio setor – como armadores, operadores portuários e fabricantes de equipamentos – podem resultar em padrões harmonizados e práticas otimizadas. Tais alianças podem abordar desafios como a interoperabilidade de sistemas ou a criação de protocolos comuns para a introdução de novas tecnologias.

A colaboração interindustrial também tem um potencial significativo. O ramo pode se beneficiar imensamente de parcerias com indústrias de energia renovável, tecnologia da informação e manufatura avançada, por exemplo. Estas alianças transversais podem levar a soluções híbridas que aproveitam o melhor de cada domínio (ZANELLA, 2018).

O estabelecimento de consórcios ou grupos de trabalho focados em temas específicos, como combustíveis alternativos ou automação, pode consolidar esforços e recursos, resultando em avanços mais rápidos e eficientes. Para que tais colaborações sejam bem-sucedidas, a transparência e o compartilhamento de informações emergem como aspectos cruciais. Criar ambientes de confiança, onde os parceiros se sintam confortáveis ao compartilhar dados, será fundamental (ZANELLA, 2018).

A busca por alternativas ganhou destaque nas últimas décadas, à medida que a crise climática e a dependência de combustíveis fósseis se tornaram preocupações globais. Nesse contexto, as tecnologias de armazenamento de energia renovável desempenham um papel fundamental na transição para uma matriz mais limpa. No entanto, um dos principais desafios que permeia essa transição é a análise criteriosa dos custos associados a essas tecnologias e sua viabilidade econômica a longo prazo (UNIFACVEST e SARDÁ, 2020).

É importante reconhecer que os custos iniciais de implementação das tecnologias de armazenamento de energia renovável podem ser substanciais. A pesquisa e o desenvolvimento contínuos, juntamente com a necessidade de infraestrutura especializada, contribuem para esses custos iniciais elevados. Baterias de grande escala, sistemas de armazenamento térmico e a produção de hidrogênio verde são exemplos que requerem investimentos significativos (VELOSO et al, 2020).

Sendo assim, um fator crítico a ser considerado é a tendência de redução de custos à medida que essas tecnologias se tornam mais maduras e amplamente adotadas. A produção em escala, a concorrência no mercado e os avanços

tecnológicos têm contribuído para a diminuição dos custos ao longo do tempo. Por exemplo, os preços das baterias de íon-lítio diminuíram substancialmente nos últimos anos, tornando-as mais acessíveis para uma variedade de aplicações.

Um ponto também relevante é o potencial de geração de receita e economia a longo prazo proporcionado por essas tecnologias. A capacidade de armazenar energia para uso posterior pode resultar em economia de custos operacionais, melhorar a estabilidade da rede elétrica e reduzir a dependência de combustíveis fósseis, o que, por sua vez, pode mitigar os riscos de volatilidade nos preços desses combustíveis (ZANELLA, 2018).

## 7 ANÁLISE PRÁTICA EM UM NAVIO DA MARINHA

A análise desse estudo nos leva a refletir sobre a seguinte questão: Como podemos implementar energias renováveis nos navios da Marinha? Navios da Marinha, quando atracados em portos sede, recebem energia de linhas de transmissões vindas do porto, que alimentam o quadro elétrico de energia de terra. Como já abordado por neste trabalho, existem estudos em avanço de embarcações que utilizam energia solar para alimentar equipamentos elétricos, via painéis solares. Atualmente, um número considerável de residências já utilizam painéis solares, no Brasil cerca de 1,1 milhões de residências, o que possibilita estudos sobre a possibilidade de implementação de placas solares removíveis que seriam instaladas e utilizadas por navios, quando atracados. É notório que, navios mercantes, excluindo períodos de manutenções, tendem estar mais tempo no mar, navegando ou fundeado, se comparados a alguns navios da Marinha. Embarcações mercantes, quando navegando, geram dinheiro e, exige considerável custo diário, para se manterem atracados, tendo em vista, que muitas empresas não possuem portos próprios.

Criou-se a possibilidade de implementação de energia solar, nos navios da Classe Mearim, aos quais possuem área interna, no convés principal, suficiente para instalação das placas solares. As análises práticas, que contaram com duas visitas de especialistas da empresa Via Solar feitas no NApOc Purus, um dos navios dessa classe, concluiu-se a possibilidade de adaptação do dispositivo de geração de energia solar, para utilização quando o navio se encontrar atracado.

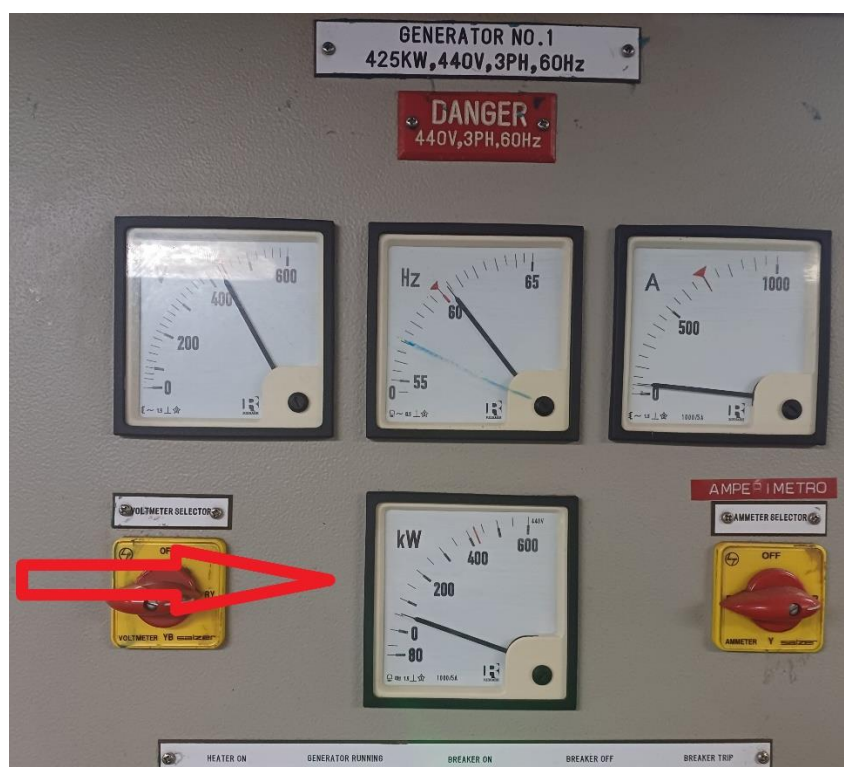
Existem dois tipos de instalações solares que são mais utilizados. No On-grid, os painéis solares fotovoltaicos convertem a luz do sol em corrente contínua (DC). Inversores solares são usados para converter essa corrente contínua em corrente alternada (AC), que é compatível com a rede elétrica. A eletricidade gerada pelo sistema solar é injetada na rede elétrica, onde é usada localmente ou distribuída para outras partes da rede. Muitas das vezes o pico de geração é consideravelmente maior que utilizado na casa. Essa energia excedente, que foi injetada na rede, é descontada na conta de luz da residência. Nos sistemas Off-grid são projetados para operar de forma independente da rede elétrica. Eles não injetam eletricidade diretamente na rede. Os sistemas Off-grid usam baterias para armazenar o excesso de eletricidade gerada durante o dia. Essas baterias armazenam a energia para uso durante a noite,

ou em dias nublados, ou seja, as placas solares carregam as baterias, e essas baterias alimentam a rede, através de um inversor.

Para maior aproveitamento financeiro, chegou-se a conclusão que o sistema ideal a ser instalado, seria o sistema On-grid, devido a dificuldade de interligação entre a energia solar gerada no Navio Purus e a rede da base Base Naval do Rio de Janeiro. Além da dificuldade de prever a economia gerada no sistema Off-grid.

Para saber a potência total a ser utilizada em um dia de expediente normal, foi necessário passar a energia elétrica para os Motores de Combustão Auxiliares (MCAs) 1 e 4. Foi coletado dados em um dia de expediente, a cada hora, no período de 08:00 até as 16:00 horas do dia 11 de outubro, chegando a uma média de 180 KWatts e tendo pico as 14:00 horas, quando foi utilizado o guindaste, além de outros equipamentos, chegando a uma máxima potência de 350 KWatts.

Figura 11: Painel monitoramento gerador 1 às 10:00 horas



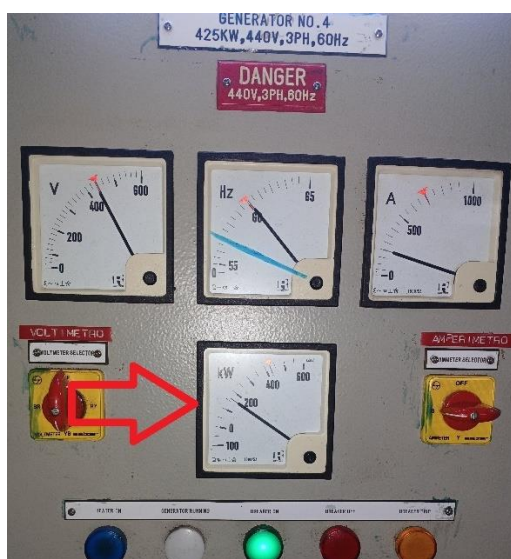
Fonte: Autoria Própria

Figura 12: Painel monitoramento gerador 4 às 10:00 horas



Fonte: Autoria própria

Figura 13: Painel monitoramento gerador 4 às 14:00 horas



Fonte: Autoria própria

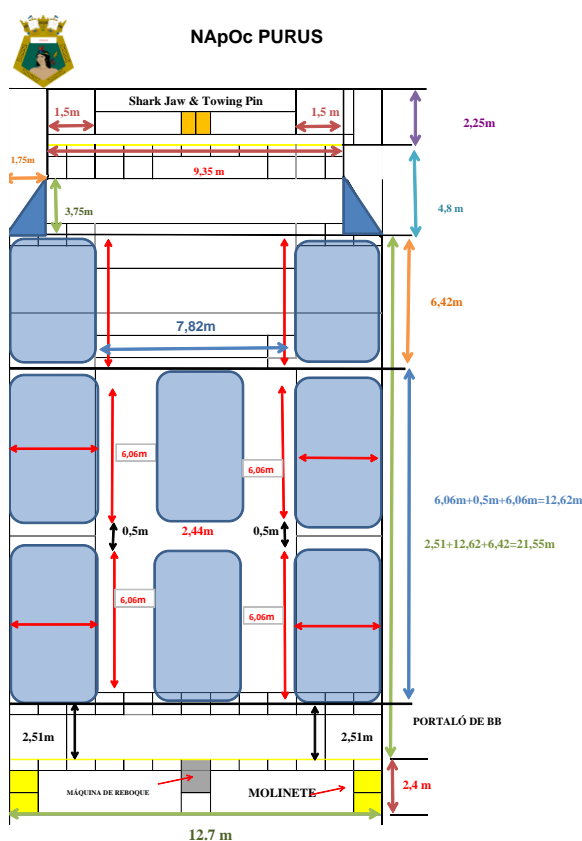
Considerando uma taxa de 12,5% da máxima potência coletada, foi projetado um sistema de 400 KWatts. Esse Sistema seria composto formado por um número de painéis solares do tipo JINKO JKM565N-72HL4-V TIGER NEO, que conseguem gerar 565 Watts cada, com perda de 21,87% em média. Logo a potência para cálculo será de 4874,8 Watts, que sendo necessárias 9 dessas placas de 565 Watts.

Próximo desafio seria saber se haveria espaço suficiente no convés principal para a instalação das placas, levando em consideração o tamanho das placas e o



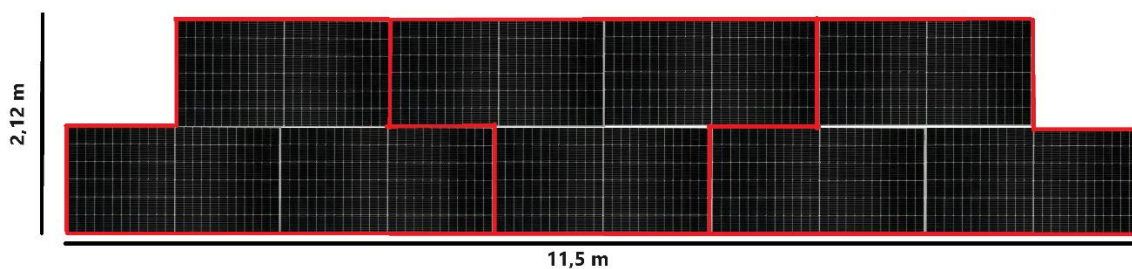
tamanho do convés. Além da criação de uma estrutura removível que serviria de suporte para as placas. A popa do navio tem uma área livre de 21,55 metros de comprimento e uma largura de 12,5 metros e cada placa tem dimensões de 2,3 metros por 1,13 metros. O dispositivo de placas contaria com 4 placas alinhadas na parte de cima e 5 placas alinhadas na parte de baixo com inclinação total de 20°, ocupando comprimento de 11,5 metros, altura de 0,77 metros e 2,12 metros de largura. As estruturas seriam feitas de aço inox e cada estrutura sustentaria 3 células solares, podendo assim ser montados em diferentes ângulos de acordo com cada estação do ano.

Figura 14: Desenho da popa do NApOc Purus, com base no plano do navio



Autoria Própria

Figura15: Dispositivo painéis solares



Fonte: Autoria Propria

Complementando o sistema, as placas solares carregariam 12 baterias de lítio do tipo UPLFP48-100, de 48V e capacidade de 100Ah cada uma com dimensões de comprimento de 48,0 centímetros, largura de 44,2 centímetros e altura de 14 centímetros, pesando cerca de 50 quilos, que seriam instaladas, enfileiradas, no tijupá, próximas as baterias do sistema de emergência e 3 inversores monofásicos do tipo GROWATT MIN5000TL-XH, de 5KW e 220V, alimentariam cada um uma fase do navio e seriam instalados próximos ao quadro elétrico de recebimento de energia de terra.

Figura 16: Inversor solar GROWATT MIN5000TL-XH



Fonte: Stentor do Brasil, acesso em 20 de outubro de 2023

Figura 17: Bateria Tipo UPLFP48-100



Fonte: Unipower, acesso em 20 de outubro de 2023

Uma pesquisa de orçamentos foi realizada, e o custo para e instalação do dispositivo de geração de energia elétrica (painéis solares, baterias, inversores e fios) foi de R\$ 61.990,00 e a o valor para fabricação da estrutura que acomodaria os painéis solares ficaria em R\$ 27.630,00 custando um total de R\$ 89.620,00. Um investimento que a longo prazo contribuirá com lucros significativos para a Marinha. No mês de julho de 2022, o Navio de Apoio Purus, gastou um total de R\$ 10.381,00 com fornecimento de energia e R\$ 4,60, com manutenção do fornecimento de energia, um total de R\$ 10.385,60. Nesse mesmo mês, o navio ficou 31 dias atracados sendo um custo diário de R\$ 335,02. De acordo com Índice de Disponibilidade Anual (IDA) do Purus, documento da Marinha que estima a quantidade de dias de mar feito para cada Navio da Marinha, o NApOc Purus passou 73 dias no mar até novembro de 2022, com uma estimativa de 100 dias fora do porto sede por ano (está previsto no IDA que o navio pode fazer até 110 dias de mar por ano), calculando custo anual, em torno de R\$ 88.780,30 (265 dias no porto sede). Em 5 anos a marinha teria uma economia de R\$ 443.901,50. Para a instalação do dispositivo de geração energia solar, haveria a necessidade de um paiol físico, preferencialmente no porto sede, para armazenamento das estruturas das placas solares, quando o navio suspendesse, devido as limitações físicas do navio. Caso ficasse armazenada na popa do navio, impediria diversas funções desempenhadas pelo navio, incluindo sua função principal, o reboque de outros navios.

Figura 18: Consumo de energia Navio de Apoio Oceânico Purus julho de 2022

FATURA DE ATIVIDADE SECUNDÁRIA				SERVIÇOS COMPULSÓRIOS	
Mês de referência		jul/22	Cliente	Navio de Apoio Oceânico Purus	
Data de emissão	12/08/22		Código do Cliente	81123	
Vencimento	22/08/22		Código da UGE	81100	
Nº da OS	SA8110072				
DETALHAMENTO					
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	VALOR (R\$)			
1	Mão de obra	R\$			
2	Desconto da Mão de obra (1)	R\$			
3	Serviços contratados (3.1 + 3.2 + ... + 3.13)	R\$			<b>16.640,20</b>
3.1	Água e Saneamento – Fornecimento	R\$		5.500,19	
3.2	Vapor - Fornecimento e Manutenção	R\$			
3.3	Água e Saneamento – Manutenção	R\$			
3.4	Apoio Esportivo	R\$			
3.5	Telefonia – Manutenção	R\$		61,66	
3.6	Controle de Avarias	R\$			
3.7	Energia Elétrica – Fornecimento	R\$		10.381,27	
3.8	Energia Elétrica – Manutenção	R\$		4,60	
3.9	Manutenção de Instalações	R\$		13,48	
3.10	Gerenciamento de Pessoal	R\$			

Autor: Autoria Própria

Figura 19: Extrato IDA do Navio da Marinha Purus

NAVIO APOIO OCEÂNICO CLASSE MEARIM												
G150 - NApOcmearim (Com5ºDN)												
G151 - NApOclguatemi (Com4ºDN)												
G152 - NApOcpurus (Com1ºDN)												
A - CICLO DE ATIVIDADES (78 MESES) = PERÍODO OPERATIVO (72 MESES) + PMG (6 MESES)												
ANO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
2												1
3	1											
4												2
5	2											
6												
7												

**1** PMA: Período de Manutenção Atracado (1,5 mês) - Revisão dos MCA (5.000h)  
**2** PMA: Período de Manutenção Atracado (1,5 mês) - Revisão dos MCA (10.000h)  
**1** PDR: Período de Docagem de Rotina (4 meses) - incluem revisão intermediária dos MCP (8.000h)  
**2** PMG: Período de Manutenção Geral (6 meses) - incluem revisão geral dos MCP (16.000h)

Obs 1: Revisão intermediária dos MCP a cada 8.000h - Revisão principal dos MCP a cada 16.000h.  
 Obs 2: Revisão intermediária dos MCA a cada 5.000h - Revisão geral dos MCA a cada 10.000h

B - ÍNDICE DE DISPONIBILIDADE ANUAL (ddm/ano = 111 e ddm PO = 667)

Fonte: Autoria Própria

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o objetivo de atingir as metas propostas, este estudo procurou elucidar a questão investigada relacionada a eficiência energética aplicada ao sistema e

embarcações, através de um exame bibliográfico minucioso e criterioso. As fontes escolhidas ofereceram uma visão abrangente do tópico e possibilitaram uma avaliação precisa e crítica das informações reunidas.

Ao concluir o estudo, verificou-se que a integração de métodos de armazenamento de energia renovável apresenta potenciais significativos para a transformação da indústria marítima, destacando-se não apenas pela capacidade de reduzir emissões de carbono, mas também por oferecer viabilidade econômica a médio e longo prazo. Esses processos, quando bem implementados, têm o potencial de otimizar operações, diminuir dependência de combustíveis fósseis e alavancar a sustentabilidade na navegação.

Desse modo, os desafios associados à adaptação de design, regulamentação e aceitação do mercado ainda persistem, corroborando a suposição inicial. Contudo, é crucial enfatizar que mais investigações são necessárias para melhorar o entendimento atual e enriquecer o debate em torno do tema. As evidências bibliográficas analisadas confirmam a relevância e eficácia desses sistemas em reduzir a pegada de carbono das embarcações, ao mesmo tempo em que oferecem um panorama promissor em termos de retorno sobre o investimento.

As análises dos estudos de caso indicam que, embora existam exemplos de sucesso na integração de tais processamentos, a padronização e ampla aceitação na indústria marítima ainda são incipientes. Isso sugere a necessidade de uma colaboração mais estreita entre partes interessadas, como fabricantes, reguladores e operadores, para superar obstáculos técnicos e burocráticos.

Foi identificado que a formação e capacitação da tripulação, bem como a manutenção adequada, são elementos essenciais para garantir a operacionalidade e eficiência. Esses fatores, quando negligenciados, podem comprometer os benefícios potenciais e, por consequência, a percepção de sua viabilidade.

A profundidade das investigações também revelou a interconexão entre inovação tecnológica, viabilidade monetária e comprometimento ecológico. O setor marítimo, tradicionalmente resistente a mudanças rápidas, enfrenta agora o imperativo de adaptar-se à crescente pressão por práticas sustentáveis. Esta pesquisa indica que a resistência à adoção de tecnologias renováveis pode estar fundamentada em barreiras que vão além da simples viabilidade técnica, abrangendo questões culturais, regulamentares e de mercado.

Entretanto, os benefícios potenciais de tal transição, tanto em termos econômicos quanto ambientais, são inegáveis e transcendem as fronteiras da própria indústria, impactando o bem-estar global e o equilíbrio ecológico do planeta. Assim, o caminho adiante demanda uma abordagem colaborativa, onde a partilha de conhecimentos, a cooperação internacional e os incentivos governamentais desempenharão papéis fundamentais para moldar um futuro marítimo mais verde e eficiente.

A evolução desses estudos, pode impulsionar as empresas a produzirem meios navais com propulsão híbrida ou geração de energia a partir de combustíveis não poluentes. A grande vantagem, encontra-se na economia que pode gerar a longo prazo. Por exemplo um navio de guerra, patrulhando a costa de um país, com propulsão híbrida, economizando combustível, viajando em velocidade de cruzeiro. Ao avistar uma ameaça, aumentaria sua, para interceptá-la.

Para o contexto atual, o experimento realizado a bordo do Navio de Apoio Oceânico Purus, pode ser um método de economia de energia, a partir da geração de uma energia renovável. Navios tendem a consumir uma significativa carga elétrica, pois necessitam de diversos equipamentos elétricos, não existentes em edifícios. Utilizar métodos de geração de energia renovável, contribuirá para uma significativa economia de energia.

O Navio de Apoio Purus, em 5 anos, poderá economizar cerca de 443 mil reais da conta de luz, investindo em torno de 89 mil reais em novas fontes de energia renovável. Estima-se uma economia significativamente maior, se parte da frota dos navios da marinha pudessem investir nesse projeto. Proporcionalmente, quanto maior o navio, maior seria o custo de instalação, porém ainda maior seria a economia de energia, a longo prazo. Porém a grande dificuldade, além do investimento inicial, seria o armazenamento das placas solares. Teria que contar com logísticas de armazenamentos, por parte dos portos sedes, ou até mesmo a logística de utilização por outros navios da Marinha atracados, no mesmo porto. Por exemplo, quando NApOc Purus suspender, outro navio, que estivesse atracado, utilizaria do dispositivo de energia solar. A adaptação do cais, também, é um fator que se deve levar em consideração, pois certos navios não têm espaço interno suficiente para armazenamento das placas solares. A solução seria que essas placas ficassem no cais e os dispositivos de baterias e inversores dentro do navio.

Este estudo reitera a importância de se adotar uma abordagem holística ao considerar a transição energética no ramo. Enquanto a unificação de sistemas de energia renovável se apresenta como uma solução promissora, ela deve ser acompanhada por um compromisso genuíno de todas as partes interessadas, infraestrutura adequada e políticas de incentivo. Somente assim, a indústria marítima poderá cumprir seu papel na busca global por um futuro mais sustentável, econômico e resiliente.

## REFERÊNCIAS

- ACOSTA, Jorge Javier Sánchez; GÁMEZ, María Rodríguez. **Sistema fotovoltaico conectado a red para disminuir la demanda energética en horario diurno en una vivienda de la comunidad Cañales**. Dominio de las ciencias, v. 7, n. 6, 2021.
- AMORIM, Cláudia Naves David et al. **Retrofit e preservação de edifícios não residenciais modernos em Brasília: uma abordagem para eficiência energética e iluminação natural**. 2021.
- BASTOS, Ricardo Fagundes. **Potencial do sistema diesel elétrico para a redução do consumo de combustível fóssil em embarcações de pesca: um estudo de caso do consumo de energia da frota de espinhel de fundo do Rio de Janeiro**. 2019.
- BEBER, Lucas Schenkel do Amaral. **Projeto conceitual de um sistema propulsivo elétrico para embarcação de pesca de pequeno porte**. 2018.
- BERNADES, Drielly Mazzarim; CELESTE, Wanderley Cardoso; CHAVES, Gisele de Lorena Diniz. **Eficiência energética na iluminação pública urbana: revisão bibliográfica dos equipamentos e tecnologias**. Research, Society and Development, v. 9, n. 7, 2020.
- BOTELHO, Moisés Phillip. **Análise de projeto de eficiência energética em instituição do segmento de educação**. 2018.
- BRUGNERA, Rosilene Regolão. **Análise integrada de desempenho energético, impacto ambiental e custo: estudo de soluções de fachada para edifícios de escritórios no Brasil**. 2018.
- CARVALHO, Vitória Miranda de. **Análise qualitativa da eficiência do sistema de governo hidráulico em rebocadores**. 2022.
- CORDEIRO, Caronline Baylo. **Habitação popular sustentável: estratégias para concepção de empreendimentos habitacionais de interesse popular que atendam critérios das categorias Eficiência Energética e Projeto e Conforto do Selo Casa Azul CAIXA**. 2018.
- COSTA, Juliana dos Santos; ANDRADE JUNIOR, Luiz Mauricio Lopes de. **Eficiência energética aplicada ao consumo de eletricidade: Um estudo de revisão bibliográfica**. Research, Society and Development, v. 10, n. 4, 2021.
- CUNHA, Daniel da Silva et al. **Análise de viabilidade de implantação de sistema de energia solar em embarcações que atuam na travessia Belém-Combu**. Revista Valore, v. 7, 2022.
- DOURADO, Simone; RIBEIRO, Ednaldo. **Metodologia qualitativa e quantitativa**. Editora chefe Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira Editora executiva Natalia Oliveira Assistente editorial, p. 12, 2023.
- DUARTE, Henrique Miguel Tovar de Lemos Medina. **Identificação do Potencial de Eficiência Energética do Edificado Residencial de Alfama**. 2021.
- ENERGÉTICA, Eficiência. **Eficiencia energética**. 2021.
- FARIAS, Marcelo dos Reis; PINTO, Luiz Antônio Vaz; MONTEIRO, Ulisses A. **Métodos de eficiência energética e de mitigação de emissões de gases**



**poluentes para navios e os impactos no setor de transporte marítimo.** Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 9, 2020.

FERNANDES, Natâny Margraf; HADDAD, Assed Naked. **Análise da teoria net zero energy building aplicada no Brasil.** Oper. Prod. Manag, v. 5, 2019.

FERNANDES, Yuri Yamada. **Análise de medidas e práticas de eficiência energética aplicadas em um supermercado.** 2020.

FIGUEROA, Luis Fernando Concha. **Análise do desempenho propulsivo em navios de alta velocidade.** 2019.

FRANDOLOSO, Marcos Antonio Leite. **As decisões para a inserção da eficiência energética em parque construído universitário.** Brazilian Journal of Development, v. 5, n. 9, 2019.

GEHLEN, Alexsandro. **Sistema autotuning para piezoelétrico utilizando PLL.** 2021.

GIACOMOLLI, Giovana Fior. **Avaliação da diminuição do arrasto hidrodinâmico através da utilização de revestimentos biomiméticos e micropartículas ara melhora da eficiência energética de embarcações.** 2022.

GUERREIRO, Rodrigo Pereira et al. **Análise de matriz multicritérios para escolha de sistema energético sustentável para embarcações regionais.** Revista Valore, v. 7, p. 1-15, 2022.

JARDIM, Luciana Suman. **Inventário de consumo de combustível, estimativa de emissão de CO2 por Monte Carlo das embarcações petroleiras, graneleiras e contêineres que operam no Brasil.** Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 9, 2020.

KITA, Monica Fischer Nunes. **Análise da contribuição das certificações ambientais aos desafios da Agenda 2030.** Revista Internacional de Ciências, v. 8, n. 1, p. 27-46, 2018.

KNABBEN, Marcel Augusto et al. **Sistema de armazenamento e gerenciamento de energia solar fotovoltaica aplicado em um protótipo funcional.** Brazilian Journal of Technology, v. 1, n. 2, 2019.

KUCHEN, Ernesto; KOZAK, Daniel. **Transición energética argentina. El nuevo estándar de eficiencia energética en la evaluación de la vivienda social.** Caso de estudio: Vivienda de Barrio Papa Francisco. Revista hábitat sustentable, v. 10, n. 1, 2020.

LIMA, Gabriel Constantino de. **Eficiência energética e energia solar fotovoltaica em prédios públicos no setor de educação no nordeste do brasil: o caso da expansão do ifrn.** 2019.

MACHADO, Diego Favaro Correia. **Análise comparativa entre estratégias de retrofit e seus impactos na eficiência energética no Edifício Acadêmico II-UNIFESP, Baixada Santista-SP.** 2018.

MARTINEZ, Francisco Javier Rey; GOMEZ, Velasco; HERNÁNDEZ, Javier Rey. **Eficiencia energética de los edificios.** Sistema de gestión energética ISO 50001. Auditorías energéticas. 2018.

MONTEIRO, Sofia Vieira Borges Pardal. **Modularidade Aplicada a Embarcações Marítimo-Turisticas**. PQDT-Global, 2021.

OLIVEIRA, Amanda Laura de; FERREIRA, Matheus Emiliano de Paula. **Estudo de eficiência energética em sistema de iluminação industrial**. 2020.

OLIVEIRA, Jairo Cardoso de; FARIA, Ana Cristina de. **Impacto econômico da construção sustentável: a reforma do Estádio do Mineirão**. urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana, v. 11, 2019.

PENA, Pedro Jesús Carrasco. **Análisis y control estadístico de la calidad aplicado a la eficiencia energética de sistemas embarcados en buques de guerra**. 2019.

PINARGOTE, Denis Fabricio García et al. **La generación distribuida y su regulación en el ecuador**. Brazilian Journal of Business, v. 3, n. 3, 2021.

PINHEIRO, André Luís da Silva et al. **Avaliação de Sistemas de Propulsão Elétrica-Motor Síncrono Supercondutor de Alta Temperatura**. Projectus, v. 5, n. 2, 2020.

PLAZA, Conrado Vidotte; RIBEIRO, Glaydston Mattos; BAHIENSE, Laura. **Localização de Centros de Integração Logística (Cil): aplicação de uma abordagem multiperíodo considerando critérios econômicos e ambientais**. In: Proceedings of the 34<sup>o</sup> Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET. 2020.

PRADO, Clarice Gavazza dos Santos. **Eficiência energética em edificações públicas: aplicação em projeto padrão de fóruns do poder judiciário alagoano**. 2018.

RODRIGUES, Marcelo Mendes. **Eficiência energética em edifícios de habitação unifamiliares**. PQDT-Global, 2020.

SAMPAIO, Guilherme de Souza. **Projeto e dimensionamento de um sistema de segurança que utiliza câmeras com energia fotovoltaica**. 2022.

SANTOS, Cristiane Rabelo. **Estratégias bioclimáticas de projetos para melhores desempenhos ambientais em universidades no sul baiano**. Brazilian Journal of Environmental Sciences (RBCIAMB), v. 55, n. 1, 2020.

SANTOS, Edson Pereira dos. **Mercado no Brasil para uso de energias renováveis e ações de eficiência energética**. 2020.

SERAFINI, Paula Gonçalves et al. **Avanços e desafios da sustentabilidade ambiental na Universidade Federal do Rio Grande do Norte**. Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, v. 8, n. 20, 2021.

SILVA JUNIOR, Julio Cesar Costa da. **Dispositivos hidrodinâmicos economizadores de energia em embarcações de transporte de gás**. 2018.

SILVA, Geanderson; SOUZA, Guilherme; DUTRA, João. **Estado da arte das metodologias de soldagem e perspectivas para o futuro**. 2023.

SILVA, Jackeline Dourado da. **Estudo de conversores CC-CC utilizados em sistemas de painéis fotovoltaicos residenciais autônomos para aumento de eficiência energética**. 2018.

SILVESTRE, Júlio Domingos. **Sistema de monitorização para embarcação elétrica movida a energia solar fotovoltaica**. 2018.

SOUZA, Danilo Ferreira de; REZENDE, Vinícius Gouveia Scartezini de; SILVA, Pedro Paulo Fernandes da. **Avaliação econômica e ambiental de tecnologias de aquecimento residencial de água**. Revista Geoaraguaia, v. 9, n. 1, 2019.

SOUZA, Luciana Cristina de. **Energia e Sustentabilidade Humana: impacto das metas do ODS 7 no Brasil**. 2020.

SOUZA, Nicollas Luiz Schweitzer de; ROSSATO, Ivete de Fátima; HENKES, Jairo Afonso. **Uma análise das estratégias de produção mais limpa e eficiência energética em uma indústria de equipamentos odontológicos**. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 8, n. 3, 2019.

SUGAHARA, Estefani Suana; FREITAS, Márcia Regina de; CRUZ, Victor Afonso Lopes da. **Análise das certificações ambientais de edificações**. Interação-Revista de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 23, n. 1, 2021.

TENTI, Matías. **Ciudades Sustentables: Administración de los recursos energéticos en el hábitat y eficiencia energética aplicada**. 2020.

TORRE, Paloma Yara Guimarães; ALVES, Jean Carlos Machado; CORRÊA, Savio Figueira. **Análise de eficiência energética para indústria têxtil: um estudo de caso em uma empresa de Minas Gerais**. Revista Produção Online, v. 18, n. 1, 2018.

UNIFACVEST, Centro Universitário; SARDÁ, José Antônio da Silva. **Estudo da eficiência energética aplicado á indústria Sudati Painéis**. 2020.

VELOSO, Caroline Karen Peixoto Rodrigues et al. **Eficiência energética e energias renováveis**. ANALECTA-Centro Universitário Academia, v. 5, n. 5, 2020.

WERNECK, Adriano et al. **Desenvolvimento de um sistema de telemetria aplicado a uma embarcação solar**. 2020.

WESEN, Fábio Abidon. **Desenvolvimento de um algoritmo de previsão e otimização de desempenho de uma embarcação solar do tipo catamarã visando eficiência energética**. 2018.

ZAMBRANO, Erick Enrique Andrade; REAL-PÉREZ, Grether Lucía. **Las PYMES y la eficiencia energética con la ISO 50001**. Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional, v. 6, n. 6, 2021.

ZANELLA, Tiago Vinicius. **Navios e poluição do ar: um estudo sobre a regulação das emissões atmosféricas por embarcações**. Revista da EGN, v. 24, n. 2, 2018.

Fonte: Carroeletrico. Disponível em: <https://carroeletrico.com.br/blog/bateria-litio/>. Acesso em 11 de setembro de 2023.

Fonte: Uol News. Disponível em: <https://insideeivs.uol.com.br/news/664550/bateria-estado-solido-quantumspace-producao/>, acesso dia 11 de setembro de 2023.

Fonte: USP. Disponível em: <http://www.usp.br/portalbiossistemas/?p=4316>, acesso em 13 de setembro de 2023.

Fonte: Eaton. Disponível em: <http://www.usp.br/portalbiossistemas/?p=4316>, acesso 13 de setembro de 2023.

Fonte: Krooze. Disponível em: <https://krooze.com.br/noticias/swan-hellenic-inauguracao-sh-diana/>, acesso em 14 de setembro de 2023.

Fonte: Ecomarinepower. Disponível em: <https://www.ecomarinepower.com/en/aquarius-wind-a-solar-power>, acesso em 15 de setembro de 2023.

Fonte: Blog da Engenharia. Disponível em: <https://blogdaengenharia.com/secoes/colunistas-blog-da-engenharia/prevencao-e-combate-a-incendio-em-navios/>, acesso em 20 de setembro de 2023.

Fonte: Soluções Industriais. Disponível em: <https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/servicos-tecnicos/work-fire/produtos/servicos/curso-de-combate-a-incendio-da-marinha>, acesso em 20 de setembro de 2023.

Fonte: Marine Traffic. Disponível em: [https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:50451111/mmsi:563021600/immo:9798856/vessel:PYXIS\\_OCEAN](https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:50451111/mmsi:563021600/immo:9798856/vessel:PYXIS_OCEAN), acesso em 11 de outubro de 2023.

Fonte: Oossanen. Disponível em: <https://oossanen.nl/project/alphenaar/>, acesso em 11 de outubro de 2023.

Fonte: Stantor do Brasil. Disponível em: <https://loja.stantor.com.br/shop/produtodesk.php?id=73944>, acesso em 20 de outubro de 2023.

Fonte: Unipower. Disponível em: <https://unipower.com.br/produto/bateria-de-litio-48v-100ah-uplfp48-100/>, acesso em 20 de outubro de 2023.