

ESTALEIRO VERDE: UMA SOLUÇÃO SUSTENTÁVEL PARA MELHORIA NO DESEMPENHO ECONÔMICO E AMBIENTAL DOS ESTALEIROS DE CONSTRUÇÃO NAVAL

 <https://doi.org/10.56238/arev7n4-289>

Data de submissão: 27/03/2025

Data de publicação: 27/04/2025

Osvaldo Alves Bezerra

Tecnólogo Naval

E-mail: osvaldoab@yahoo.com.br

Rita de Cássia Monteiro de Moraes

E-mail: mmrita@ufpa.br

ORCID: 0000-0002-2613-0108

RESUMO

Este trabalho investiga o conceito de Estaleiro Verde como uma solução estratégica para melhorar o desempenho ambiental e econômico dos estaleiros navais, respondendo à crescente demanda por práticas sustentáveis no setor marítimo. O contexto aborda os impactos ambientais gerados pelos estaleiros, incluindo consumo energético elevado, emissões de gases de efeito estufa e geração de resíduos perigosos, que comprometem tanto o meio ambiente quanto a competitividade do setor. O objetivo geral foi propor e avaliar um modelo de Estaleiro Verde que integre práticas sustentáveis às operações industriais, reduzindo impactos negativos e promovendo eficiência econômica. Para isso, foram definidos indicadores de desempenho ambiental e econômico, como consumo de energia por unidade produzida, taxa de reciclagem de resíduos e economia de custos com práticas verdes, que permitem medir e monitorar a sustentabilidade das operações. A relevância deste estudo reside na necessidade de alinhar a indústria naval às regulamentações ambientais globais e às demandas por maior responsabilidade corporativa, contribuindo para um setor mais competitivo e resiliente. Os resultados demonstraram que a adoção de tecnologias inovadoras, como sistemas híbridos e ferramentas de gestão energética, é viável e eficaz para mitigar impactos ambientais, além de gerar economias significativas. Este trabalho reforça a importância de integrar sustentabilidade às estratégias de longo prazo dos estaleiros, promovendo benefícios econômicos, sociais e ambientais.

Palavras-chave: Estaleiro Verde. Sustentabilidade Industrial. Indicadores de Desempenho.

1 INTRODUÇÃO

A indústria marítima desempenha um papel estratégico na economia global, sendo fundamental para o comércio internacional e o transporte de mercadorias entre diferentes regiões. No entanto, as crescentes demandas ambientais, impulsionadas por regulamentações internacionais cada vez mais rigorosas e pela pressão do mercado por práticas responsáveis, tornam imperativa a adoção de abordagens sustentáveis no setor. A transição para uma indústria marítima mais sustentável é motivada tanto por fatores de pressão, como a necessidade de reduzir emissões de gases de efeito estufa (GEE), quanto por fatores de atração, como o aumento da conscientização ambiental e o interesse corporativo em responsabilidade social (CSR). Embora grande parte dos impactos ambientais ocorra durante a fase operacional dos navios, conforme destacado por Lira e Neves (2024) em sua análise sobre tecnologias híbridas para eficiência energética e redução de emissões de CO₂, ainda há uma lacuna significativa nos estudos voltados para a sustentabilidade dos estaleiros, que são responsáveis pela construção e manutenção dessas embarcações.

Para compreender e melhorar o desempenho ambiental dos estaleiros, é essencial adotar uma abordagem sistemática por meio de avaliações ambientais específicas. Contudo, a complexidade e diversidade operacional dos estaleiros dificultam a aplicação direta de métodos e modelos existentes, conforme observado por Barbosa et al. (2024) em sua metodologia para estimar custos de desmantelamento de navios e estruturas offshore. Além disso, a implementação de práticas inovadoras, como demonstrado no estudo de caso apresentado por Lima (2023) sobre Lean Construction em estaleiros, pode ser adaptada para promover maior eficiência econômica e ambiental. Nesse contexto, este trabalho propõe o conceito de Estaleiro Verde como uma solução estratégica para atender às crescentes demandas por sustentabilidade e às regulamentações ambientais globais, oferecendo uma alternativa viável para melhorar o desempenho econômico e ambiental dessas instalações, alinhando-as aos objetivos de desenvolvimento sustentável.

Nesse contexto, o objetivo geral deste trabalho é propor e avaliar um modelo de Estaleiro Verde que promova a melhoria do desempenho ambiental e econômico dos estaleiros navais por meio da adoção de práticas sustentáveis. O modelo visa não apenas reduzir os impactos ambientais negativos, mas também alinhar os processos operacionais dos estaleiros às regulamentações ambientais globais, contribuindo para um setor marítimo mais sustentável e competitivo.

Como objetivos específicos, pretende-se, em primeiro lugar, analisar os impactos ambientais atuais dos estaleiros de construção naval, identificando os principais pontos críticos que demandam intervenções urgentes, conforme destacado por Barbosa et al. (2024) em sua metodologia para avaliação de custos e impactos no desmantelamento de estruturas offshore. Em segundo lugar, busca-

se desenvolver um quadro teórico robusto para a implementação de práticas sustentáveis nos estaleiros, integrando tecnologias inovadoras e estratégias de eficiência energética, como as discutidas por Lira, Neves e Soares (2024) em relação ao uso de tecnologias híbridas na construção naval. Por fim, pretende-se propor um conjunto de indicadores de desempenho ambiental e econômico adaptados ao contexto dos estaleiros, inspirados em abordagens de inovação e otimização operacional, como as apresentadas por Lima (2023) em seu estudo sobre Lean Construction em estaleiros. Esses objetivos buscam fornecer uma base prática e teórica para a transição rumo a estaleiros mais verdes e sustentáveis.

A crescente preocupação com as questões ambientais e a urgência de mitigar os impactos negativos da indústria naval refletem uma demanda global por práticas mais sustentáveis. Os estaleiros desempenham um papel estratégico na cadeia de produção marítima, sendo responsáveis tanto pela construção quanto pela manutenção das embarcações. No entanto, suas operações frequentemente geram impactos ambientais significativos, como emissões de gases de efeito estufa, consumo elevado de recursos naturais e descarte inadequado de resíduos. A modernização desses estaleiros é essencial para alinhar suas atividades às metas globais de redução de emissões e às regulamentações ambientais cada vez mais rigorosas (Brundtland et al., 1987).

Este estudo se justifica ao abordar uma área ainda pouco explorada na literatura: a aplicação de práticas sustentáveis diretamente nos estaleiros. O uso de ferramentas de avaliação ambiental pode ser fundamental para identificar oportunidades de melhoria em setores industriais tradicionais, como o naval. Além disso, a sustentabilidade deve ser vista como um conceito abrangente, que engloba não apenas aspectos ambientais, mas também econômicos e sociais. A hipótese deste trabalho parte do pressuposto de que a implementação do conceito de Estaleiro Verde pode reduzir significativamente os impactos ambientais dos estaleiros, ao mesmo tempo que melhora sua eficiência econômica. Essa abordagem encontra respaldo em estudos que demonstram como a eficiência no uso de materiais pode reduzir as emissões de CO₂ durante a construção de navios e destacam o potencial de economia de energia e conservação de recursos na indústria de construção naval (Ding, 2008; Goodland, 1995; Gilbert et al., 2016; Harish & Sunil, 2015). Assim, este trabalho contribui para o avanço de um setor mais competitivo, inovador e alinhado às metas globais de sustentabilidade.

No Capítulo 1, já apresentado, é feita a introdução ao tema central da pesquisa, abordando os objetivos gerais e específicos, a justificativa e a hipótese do estudo. Além disso, detalha-se a organização do trabalho e apresenta-se um fluxograma que ilustra as etapas metodológicas desenvolvidas ao longo da pesquisa.

O Capítulo 2 é dedicado à revisão bibliográfica, na qual são exploradas as temáticas fundamentais que embasam este trabalho. Inicialmente, contextualiza-se a indústria de construção naval, seguida por uma descrição detalhada dos processos construtivos típicos em estaleiros. Este capítulo também aborda o conceito de estaleiros verdes (green shipyards) e os principais impactos ambientais associados à indústria naval. Adicionalmente, são discutidas ferramentas multicritérios, com destaque para o método Analytic Hierarchy Process (AHP), aplicado ao contexto da sustentabilidade na construção naval.

O Capítulo 3 descreve a metodologia adotada na pesquisa, detalhando a classificação do estudo e sua estrutura metodológica. Neste capítulo, explica-se a aplicação do método AHP, incluindo a construção da estrutura hierárquica, a definição de prioridades, a avaliação de consistência lógica e a escolha da ferramenta computacional utilizada. Também são apresentados os critérios e subcritérios considerados na modelagem hierárquica, com foco em aspectos como gerenciamento de resíduos, políticas de sustentabilidade e práticas ambientais implementadas em estaleiros.

O Capítulo 4 destaca os resultados obtidos com a aplicação da metodologia proposta. São apresentadas as comparações paritárias entre os critérios e subcritérios, bem como as prioridades locais e globais identificadas. O ranqueamento final dos critérios é discutido, e diretrizes práticas são propostas para a implementação do conceito de estaleiros verdes, visando melhorar o desempenho econômico e ambiental dessas instalações.

Por fim, o Capítulo 5 reúne as considerações finais, sintetizando as principais contribuições do trabalho para a área de estudo. Também são discutidas as limitações encontradas durante a pesquisa e apresentadas sugestões para futuras investigações, destacando oportunidades para avançar no desenvolvimento de soluções sustentáveis para a indústria naval.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA INDÚSTRIA DE CONSTRUÇÃO NAVAL

A indústria naval brasileira teve seu início no final do século XIX, mas manteve-se em estágio preliminar até meados do século XX. Foi apenas a partir desse período que o governo começou a oferecer incentivos para a expansão e fortalecimento desse setor. Ao longo da trajetória da indústria naval no Brasil, identifica-se diversas fases em seu desenvolvimento: um pico na década de 1970, tempos de crise nas décadas de 1980 e 1990, e um período mais recente de revitalização dessa atividade no país (JESUS & GITAHY, 2009).

Durante os anos 1970, o Brasil se destacou como o segundo maior parque naval do mundo, atrás apenas do Japão, um resultado em parte decorrente de políticas de estímulo à indústria, como os

Planos de Construção Naval. No entanto, a partir de 1979, a produção começou a declinar continuamente, culminando em uma grave crise na década de 1980, que se agravou nos anos seguintes (JESUS & GITAHY, 2009).

No final da década de 1990, o Brasil enfrentava uma situação em que a produção na indústria naval estava bastante reduzida. Nesse contexto, começou a ocorrer um processo de revitalização desse setor, impulsionado pela ampliação da exploração de petróleo em águas profundas. Pesquisas destacam o papel fundamental da Petrobras na reativação das operações da indústria naval no país (JESUS & GITAHY, 2009).

A indústria naval no Brasil evoluiu de maneira muito próxima às políticas, planos, legislações, subsídios e taxas de financiamento oferecidos pelo governo. O Estado atuou não apenas como financiador dos estaleiros privados e proprietário de empresas estatais, mas principalmente como o principal cliente desse setor e regulador de suas normas. Dessa forma, quando esses incentivos eram interrompidos, a indústria enfrentava um processo de retrocesso (FILHO, 2014).

O setor de construção naval desempenha um papel fundamental no desenvolvimento econômico e social. Historicamente, a construção naval destaca-se como uma das indústrias mais relevantes para a humanidade. Desde os tempos antigos, os meios de navegação foram vitais para a exploração, o comércio e conflitos, e a edificação de embarcações sempre foi imprescindível para a execução dessas atividades (NONATO, 2023).

A indústria naval brasileira tem atravessado ciclos de altos e baixos ao longo das últimas décadas, mas o cenário atual aponta para uma fase de crescimento e renovação de investimentos. Desde a descoberta do pré-sal em 2006, o setor tem ganhado destaque como um dos mais estratégicos e promissores para o desenvolvimento econômico do país (WILSON SONS, 2024).

Um dos principais impulsionadores recentes da indústria naval foi a política de conteúdo local, que exige que uma parcela significativa dos equipamentos e serviços empregados na exploração de petróleo e gás no Brasil seja produzida nacionalmente. Essa política tem sido essencial para estimular a produção interna, impulsionar investimentos e fomentar o desenvolvimento de novos estaleiros e fornecedores. (MOTA, 2024).

A exploração do pré-sal, em particular, tem gerado uma demanda expressiva por plataformas de exploração, navios de apoio, embarcações de transporte e serviços de manutenção e reparo. Grandes empresas, tanto nacionais quanto internacionais, têm investido na construção de estaleiros e na modernização de suas operações para atender às exigências técnicas e logísticas desse mercado em crescimento (FAVARIN et al., 2010).

Além disso, o fortalecimento do comércio internacional e o aumento do turismo marítimo também têm contribuído para aquecer o setor. A produção de navios voltados para o transporte de cargas e embarcações de lazer, como cruzeiros, reflete esse dinamismo. Esses fatores evidenciam a diversificação da indústria naval brasileira, que vai além da exploração de petróleo e gás (WILSON SONS, 2024).

2.2 PROCESSOS CONSTRUTIVOS EM ESTALEIROS

A fabricação de embarcações é refletida nas diversas atividades realizadas em cada oficina. O mapeamento e a compreensão dessa dinâmica são fundamentais para o desenvolvimento do projeto de um estaleiro. A identificação dessas atividades foi realizada por meio de revisão de literatura, informações sobre estaleiros no Brasil e conhecimento adquirido em pesquisas anteriores no mesmo setor (FAVARIN, 2010)

Um estaleiro pode ser dividido em sete oficinas ou áreas, mostradas a seguir.

- a. Processamento de chapas e perfis;
- b. Tubulação;
- c. Pintura;
- d. Mecânica;
- e. Elétrica;
- f. Sub-montagem e montagem;
- g. Edificação.

O processo de montagem inicia-se com a união das placas, onde as chapas metálicas são alinhadas e preparadas. Em seguida, realiza-se a solda para a fixação das placas, garantindo uma estrutura inicial segura para o manuseio. Posteriormente, é realizada a soldagem completa da união, consolidando a estrutura metálica com soldas contínuas que asseguram resistência e durabilidade. Após essa etapa, procede-se à marcação dos furos e da posição dos diferentes perfis, determinando os locais exatos para fixação de componentes adicionais (FAVARIN, 2010)

Nos casos de painéis curvos, é realizada a dobragem das placas e perfis, utilizando técnicas específicas para moldar os materiais conforme o design projetado. Em seguida, ocorre o posicionamento dos perfis e a solda pontual para a fixação, que serve como preparação para a próxima fase. A etapa seguinte é a soldagem dos perfis, que garante a integração estrutural dos elementos posicionados anteriormente. Após esse processo, os painéis são armazenados adequadamente até que estejam prontos para a próxima fase de montagem. Os painéis são então unidos, na etapa denominada

união dos painéis, formando componentes maiores que serão utilizados na montagem final. Por fim, ocorre a formação dos blocos, que são estruturas mais completas e prontas para os passos seguintes (FAVARIN, 2010).

Após a formação dos blocos, estes são encaminhados para as áreas de pintura, onde recebem proteção contra corrosão e outros tratamentos necessários. Em seguida, os blocos são transportados para áreas próximas ao dique, onde ocorre a montagem dos blocos e seções, integrando as partes até alcançar a estrutura final. Esse processo pode variar entre os estaleiros em função de aspectos como o nível de automação implementado, o grau de terceirização de serviços e a incorporação de pré-montagens (FAVARIN, 2010).

2.3 GREEN SHIPYARD

As questões relacionadas ao desempenho ambiental são complexas, e Dangelico e Pontrandolfo (2015) combinam impacto ambiental, foco ambiental e a fase do ciclo de vida de um produto para definir o conceito de "verde". Para considerar um produto como verde, o impacto ambiental pode ser menos negativo (menor impacto do que os produtos convencionais), nulo ou positivo para o meio ambiente (DANGELICO; PONTRANDOLFO, 2015).

Para um estaleiro ser considerado verde, o impacto ambiental deve ser nulo. Embora todo produto tenha algum impacto, é importante esclarecer o foco ambiental de um estaleiro operacional, que pode ser dividido em materiais (incluindo água), energia e poluição (emissões e resíduos) (ENERGY EFFICIENCY DIRECTIVE, 2012; RIJKSDIENST VOOR

ONDERNEMEND NEDERLAND, 2016). A fase operacional do estaleiro impacta o ambiente por meio de seus processos de produção e instalações. O objetivo de um estaleiro verde é garantir que as categorias de energia e poluição tenham impacto nulo.

A entrada de um estaleiro operacional é dividida em energia de processo e não processo, e materiais renováveis e não renováveis. A energia é classificada em fontes primárias (antes da modificação humana) e secundárias (obtidas pela transformação de recursos primários) (THIRD, 2014). O uso de energia secundária e fontes renováveis reduz os impactos negativos e as emissões de gases de efeito estufa (D.-G. FOR MOBILITY AND TRANSPORT, 2011).

Para alcançar impacto nulo, tanto a energia de processo quanto a de não processo devem ser produzidas a partir de fontes renováveis. Melhorias na eficiência energética contribuem para o desenvolvimento sustentável (BRUNDTLAND et al., 1987). A poluição gerada no ciclo operacional é medida pelos resíduos, que não agregam valor ao produto fabricado (DING, 2008). Para minimizar esse impacto, é necessário usar materiais renováveis nos processos (GOODLAND, 1995). A saída de

um estaleiro envolve resíduos, que podem resultar de conversão incompleta de materiais ou uso ineficiente dos recursos (GILBERT et al., 2016).

Para reduzir a poluição, aplica-se a hierarquia dos resíduos: "reduzir, reutilizar e reciclar" (HARISH; SUNIL, 2015). O uso ineficiente de recursos não pode ser reduzido a nulo, mas pode ser minimizado usando materiais renováveis e melhorando a eficiência (DING, 2008). O impacto ambiental de um estaleiro é reduzido ao eliminar o impacto negativo e compensar os resíduos gerados (DANGELICO; PONTRANDOLFO, 2015).

Deste modo, o conceito de estaleiro verde, ou "green shipyard", refere-se à aplicação de práticas sustentáveis e ecológicas em todas as etapas do processo de construção, manutenção e desmantelamento de embarcações. Esse modelo busca reduzir os impactos ambientais da indústria naval por meio da implementação de tecnologias e práticas que minimizem o consumo de recursos naturais, as emissões de poluentes e o desperdício de materiais (DANGELICO; PONTRANDOLFO, 2015). Em um estaleiro verde, prioriza-se a eficiência energética, com o uso de fontes de energia renovável, como solar e eólica, a gestão responsável de águas residuais e a escolha de materiais sustentáveis, como aço reciclado. Além disso, as emissões de gases poluentes são controladas, com a adoção de tecnologias para reduzir as emissões derivadas de processos de soldagem, jateamento e transporte (ISO, 2015; PEREIRA; FERREIRA, 2020).

A reciclagem e reutilização de materiais, como metais e plásticos, são práticas comuns, e a desmantelagem das embarcações ao final de sua vida útil é feita de forma sustentável, com foco na redução de resíduos e no tratamento adequado de materiais perigosos (BRUNDTLAND et al., 1987). Estaleiros verdes também buscam obter certificações ambientais, como a ISO 14001, que atestam o compromisso com a gestão ambiental eficiente. Além disso, as práticas de construção sustentável são fundamentais para garantir a durabilidade e eficiência das embarcações, promovendo não apenas benefícios ambientais, mas também vantagens econômicas (DING, 2008).

O uso de tecnologias de ponta, como sistemas modulares e automação inteligente, contribui para a minimização de desperdícios e a otimização dos recursos no processo de fabricação (PEREIRA; FERREIRA, 2020).

A implementação de práticas sustentáveis em estaleiros verdes não apenas atende à crescente demanda por embarcações ecológicas, mas também posiciona os estaleiros como líderes em inovação e responsabilidade ambiental no setor naval. Essa transição para operações mais ecológicas pode representar desafios em termos de custos iniciais e adaptação de processos, mas traz benefícios a longo prazo, como a redução de custos operacionais e a melhoria na competitividade da empresa (BRUNDTLAND et al., 1987). Estaleiros verdes são, portanto, uma resposta à crescente

conscientização ambiental e às novas regulamentações que exigem uma abordagem mais responsável e sustentável na construção e operação de embarcações (DANGELICO; PONTRANDOLFO, 2015).

2.3 IMPACTO DA INDÚSTRIA NAVAL

A indústria naval desempenha um papel crucial no comércio global e no transporte de mercadorias. No entanto, esse setor também tem um impacto significativo no meio ambiente. As operações intensivas em energia, emissões de gases de efeito estufa e poluição das águas são desafios consideráveis para a sustentabilidade da indústria. As emissões de gases de efeito estufa, provenientes de navios, contribuem para o agravamento das mudanças climáticas, e a poluição das águas, muitas vezes causada pelo descarte inadequado de resíduos e produtos químicos, representa uma ameaça crescente para os ecossistemas marinhos (International Maritime Organization, 2014).

Além disso, a extração de materiais para a construção de embarcações tem um impacto negativo na biodiversidade marinha, uma vez que a mineração de metais como ferro e alumínio pode degradar ambientes aquáticos (Goodland, 1995). Por isso, a adoção de práticas mais sustentáveis no setor naval é essencial para mitigar esses impactos e garantir a preservação ambiental.

Para enfrentar os desafios ambientais, várias iniciativas sustentáveis têm sido implementadas na construção de embarcações. O uso de materiais sustentáveis, como aços de alta resistência e baixo teor de carbono, tem sido uma das estratégias para reduzir as emissões de gases de efeito estufa durante a fabricação e operação dos navios (Gilbert et al., 2016).

O design das embarcações tem evoluído para priorizar a eficiência energética. Tecnologias como propulsores mais eficientes e a redução do peso das embarcações contribuem para a diminuição do consumo de combustível e, consequentemente, das emissões poluentes. A implementação de sistemas de tratamento de água e de resíduos a bordo, como membranas de filtração e tratamentos biológicos, também são fundamentais para a preservação dos ecossistemas marinhos (Harish & Sunil, 2015).

A eficiência energética no setor naval é um aspecto central para a redução dos impactos ambientais. A adoção de tecnologias avançadas, como sistemas híbridos de propulsão e motores a gás natural, tem mostrado avanços significativos na redução das emissões de CO₂. Outra prática crescente é a instalação de painéis solares nos navios, que possibilita a geração de eletricidade a partir de fontes renováveis, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis (Harish & Sunil, 2015).

A utilização de turbinas eólicas auxiliares também tem se mostrado eficaz na captura da energia do vento durante a navegação, reduzindo o consumo de energia proveniente de combustíveis tradicionais. A otimização do design dos navios, com melhorias na aerodinâmica para reduzir a

resistência ao avanço, também contribui significativamente para a eficiência energética e a redução das emissões (Brundtland et al., 1987). Essas tecnologias inovadoras não apenas minimizam o impacto ambiental, mas também proporcionam uma redução nos custos operacionais a longo prazo, beneficiando a economia das empresas.

A redução das emissões de poluentes atmosféricos e do ruído das embarcações contribui para a melhoria da qualidade de vida das comunidades costeiras, particularmente aquelas que dependem da pesca (Goodland, 1995). A implementação de soluções sustentáveis também impulsiona o desenvolvimento tecnológico e a inovação, gerando empregos e fomentando o crescimento econômico nas regiões envolvidas (Gilbert et al., 2016). O alinhamento da indústria naval com as práticas ecológicas representa, portanto, uma contribuição significativa para a sustentabilidade e o desenvolvimento econômico a longo prazo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 IMPACTOS AMBIENTAIS ATUAIS DOS ESTALEIROS DE CONSTRUÇÃO NAVAL

Os impactos ambientais gerados pelos estaleiros de construção naval são evidentes em diversas frentes, desde o consumo intensivo de recursos naturais até a emissão de poluentes atmosféricos e resíduos sólidos. Segundo Brundtland et al. (1987), o conceito de desenvolvimento sustentável exige que as atividades industriais sejam repensadas para minimizar seus impactos ao meio ambiente. No caso dos estaleiros, um dos principais pontos críticos é o alto consumo de energia durante os processos de fabricação e manutenção de navios. Como destacado por Harish & Sunil (2015), a indústria naval consome grandes quantidades de energia, o que contribui diretamente para o aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE). Esse cenário torna urgente a adoção de sistemas de gestão energética, como os propostos pelo Rijkdienst voor Ondernemend Nederland (2016), que podem auxiliar na identificação de oportunidades para melhorar a eficiência energética nos estaleiros.

Além disso, a geração de resíduos perigosos e não recicláveis constitui outro desafio significativo para os estaleiros. Durante as operações de construção e desmantelamento de embarcações, materiais como tintas antifouling, solventes e metais pesados frequentemente acabam sendo descartados de forma inadequada, contaminando solos e corpos d'água. Conforme apontado por Correa Pinto et al. (2024), o desmantelamento de navios envolve riscos ambientais consideráveis, especialmente quando não há uma gestão adequada de materiais perigosos. Nesse contexto, a implementação de práticas mais rigorosas de gestão de resíduos, como sugerido por Ding (2008), pode ser essencial para mitigar esses impactos e promover maior sustentabilidade no setor.

Por outro lado, o uso ineficiente de materiais também contribui para o aumento do impacto ambiental dos estaleiros. A fabricação de estruturas navais geralmente envolve grandes quantidades de aço e outros materiais, muitos dos quais são desperdiçados durante os processos produtivos. Gilbert et al. (2016) destacam que a eficiência no uso de materiais pode reduzir significativamente as emissões de CO₂ associadas à produção de navios. Essa perspectiva reforça a necessidade de adotar abordagens de economia circular, que priorizem a redução, reutilização e reciclagem de materiais, como alternativa para minimizar os impactos ambientais. Adicionalmente, a ausência de layouts otimizados nos estaleiros pode resultar em ineficiências operacionais que amplificam os impactos ambientais. Trainotti et al. (2023) demonstraram, em sua proposta de remodelação do layout de um estaleiro náutico, que pequenas mudanças na organização física das instalações podem resultar em ganhos significativos de eficiência energética e redução de resíduos. Essa análise sugere que a revisão dos espaços físicos e fluxos operacionais pode ser uma intervenção estratégica para melhorar o desempenho ambiental dessas instalações.

No entanto, além dos aspectos operacionais, as regulamentações ambientais também desempenham um papel crucial na pressão por mudanças nos estaleiros. Documentos como o GHG Study da International Maritime Organization (2014) e o White Paper on Transport da União Europeia (2011) estabelecem metas claras para a redução das emissões de GEE no setor marítimo. Essas diretrizes globais evidenciam a necessidade de os estaleiros adotarem tecnologias mais limpas e processos mais sustentáveis, sob pena de enfrentarem sanções ou perda de competitividade no mercado internacional.

Nesse sentido, a introdução de tecnologias híbridas pode representar uma solução viável para reduzir as emissões de CO₂ e melhorar a eficiência energética nos estaleiros. Lira, Neves & Soares (2024) exploraram o potencial de tecnologias híbridas na construção naval, demonstrando que sua aplicação pode resultar em economias significativas de combustível e redução das emissões. Essas inovações tecnológicas, aliadas a ferramentas de gestão energética, podem transformar os estaleiros tradicionais em operações mais sustentáveis e alinhadas às demandas contemporâneas.

Entretanto, a implementação de práticas sustentáveis nos estaleiros também enfrenta desafios econômicos e culturais. Barbosa et al. (2024) destacam que o custo elevado de modernização e a resistência à mudança por parte de gestores e trabalhadores podem dificultar a adoção de novas tecnologias e metodologias. Para superar essas barreiras, é fundamental investir em capacitação e conscientização, bem como em incentivos financeiros que facilitem a transição para modelos mais verdes.

Por fim, a aplicação de metodologias como a Lean Construction pode ser uma estratégia eficaz para otimizar os processos nos estaleiros e reduzir os impactos ambientais. Lima (2023) demonstrou, em seu estudo de caso, que a implementação de práticas Lean pode resultar em menor desperdício de materiais, menor consumo de energia e maior eficiência operacional. Essa abordagem, combinada com ferramentas multicritérios como o método AHP, pode ajudar a priorizar intervenções que maximizem os benefícios ambientais e econômicos.

Ao mesmo tempo, é importante reconhecer que os estaleiros não operam isoladamente, mas estão inseridos em cadeias de suprimentos globais. Goodland (1995) enfatiza que a sustentabilidade deve ser vista como um conceito sistêmico, que engloba todas as etapas do ciclo de vida de um produto. Nesse contexto, a colaboração entre estaleiros, fornecedores e clientes é essencial para garantir que as práticas sustentáveis sejam adotadas de forma integrada e consistente.

3.2 PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS NOS ESTALEIROS

A adoção de práticas sustentáveis nos estaleiros representa uma resposta necessária às crescentes demandas ambientais globais. Brundtland et al. (1987) e Goodland (1995) destacam que o conceito de sustentabilidade deve ser aplicado não apenas ao uso final dos produtos, mas também aos processos industriais que os criam. No caso da indústria naval, Jesus & Gitahy (2009) observaram que as transformações na construção naval brasileira entre 1997 e 2007 trouxeram avanços tecnológicos, mas também aumentaram a pressão sobre os recursos naturais e a geração de resíduos. Assim, torna-se essencial integrar práticas sustentáveis desde o planejamento até a execução das atividades nos estaleiros, garantindo que as operações sejam menos impactantes ao meio ambiente.

Além disso, a presença ou ausência do Estado como regulador e incentivador desempenha um papel crucial na implementação dessas práticas. Filho (2014) analisou a trajetória da indústria naval brasileira entre 1959 e 1989, evidenciando que períodos de maior intervenção estatal foram acompanhados por investimentos em infraestrutura e modernização. Contudo, a falta de políticas consistentes pode limitar a adoção de tecnologias limpas. Nesse sentido, Mota (2023) reforça que políticas de conteúdo local e incentivos governamentais podem estimular a indústria naval a adotar práticas mais sustentáveis, alinhando-a às diretrizes internacionais, como as propostas pelo International Maritime Organization (2014) e pela Energy Efficiency Directive (2012).

Por outro lado, a gestão eficiente de energia é um dos pilares das práticas sustentáveis nos estaleiros. Harish & Sunil (2015) destacam que o consumo energético na construção naval é elevado, exigindo soluções inovadoras para reduzir o impacto ambiental. Nesse contexto, Rijkdienst voor Ondernemend Nederland (2016) propôs sistemas de gestão energética que podem ser adaptados aos

estaleiros, permitindo um monitoramento mais eficaz e a identificação de oportunidades de economia. Essas abordagens estão alinhadas com as recomendações de Ding (2008), que enfatiza o papel das ferramentas de avaliação ambiental no desenvolvimento de práticas sustentáveis.

Adicionalmente, a eficiência no uso de materiais constitui outra frente estratégica para promover a sustentabilidade nos estaleiros. Gilbert et al. (2016) demonstraram que a economia de materiais durante a fabricação de navios pode reduzir significativamente as emissões de CO₂ ao longo do ciclo de vida das embarcações. Essa perspectiva é reforçada por Lira, Neves & Soares (2024), que exploraram o potencial de tecnologias híbridas para otimizar o uso de recursos e minimizar impactos ambientais. Essas inovações tecnológicas devem ser combinadas com metodologias como a Lean Construction, discutida por Lima (2023), para maximizar a eficiência operacional e reduzir desperdícios.

No entanto, a implementação de práticas sustentáveis também depende de mudanças estruturais nos estaleiros, como a remodelação de layouts e a melhoria dos processos produtivos. Trainotti et al. (2023) propuseram ajustes no layout de um estaleiro náutico que resultaram em ganhos significativos de eficiência energética e redução de resíduos. Essas iniciativas são complementares às metodologias de projeto de estaleiros desenvolvidas por Favarin et al. (2010), que enfatizam a importância de planejar instalações que priorizem a sustentabilidade desde sua concepção.

Simultaneamente, o gerenciamento de resíduos e materiais perigosos é um ponto crítico que exige atenção especial. Correa Pinto et al. (2024) alertaram para os riscos associados ao desmantelamento de navios, especialmente quando não há uma gestão adequada de materiais perigosos. Esse desafio é ampliado em países em desenvolvimento, onde a infraestrutura para o descarte seguro ainda é limitada. Para mitigar esses impactos, Barbosa et al. (2024) propuseram metodologias para estimar os custos do desmantelamento de navios e estruturas offshore, visando facilitar a adoção de práticas mais seguras e sustentáveis.

Entretanto, a sustentabilidade nos estaleiros não pode ser dissociada do contexto econômico e social. Nonato (2023) e Wilson Sons (2025) ressaltam que a indústria naval desempenha um papel estratégico na economia global, mas enfrenta desafios relacionados à competitividade e à escassez de recursos. Nesse cenário, Dangelico & Pontrandolfo (2015) argumentam que a integração de produtos e serviços verdes no mercado pode criar novas oportunidades de negócios, alinhando sustentabilidade e crescimento econômico. Essa abordagem pode ser particularmente relevante para os estaleiros brasileiros, que buscam recuperar seu espaço no mercado internacional.

Ao mesmo tempo, a colaboração entre diferentes atores da cadeia de suprimentos é essencial para promover práticas sustentáveis de forma consistente. White Paper on Transport (2011) enfatiza a

necessidade de uma abordagem sistêmica para reduzir as emissões no setor de transporte marítimo. Da mesma forma, Goodland (1995) argumenta que a sustentabilidade deve ser vista como um esforço coletivo, envolvendo estaleiros, fornecedores e clientes. Essa perspectiva é reforçada por Favarin et al. (2010), que destacam a importância de equilibrar oferta e demanda na construção naval para evitar desperdícios e maximizar a eficiência.

Paralelamente, a conscientização e capacitação dos trabalhadores são fundamentais para garantir a efetividade das práticas sustentáveis. Jesus & Gitahy (2009) observaram que as transformações na indústria naval brasileira trouxeram mudanças significativas no mercado de trabalho, exigindo novas competências e habilidades. Nesse sentido, Lima (2023) demonstrou que a implementação de Lean Construction requer treinamento contínuo para que os trabalhadores possam adotar práticas mais eficientes e sustentáveis. Essa abordagem pode ser estendida para outras áreas, como a gestão energética e o uso de tecnologias híbridas.

Por fim, a transição para estaleiros mais sustentáveis exige um compromisso conjunto de governos, empresas e sociedade. Filho (2014) e Mota (2023) destacam que políticas públicas e incentivos financeiros são essenciais para viabilizar essa transformação. Ao mesmo tempo, Ding (2008) e Gilbert et al. (2016) enfatizam que as ferramentas de avaliação ambiental e as inovações tecnológicas podem orientar as decisões estratégicas nesse processo. Em suma, as práticas sustentáveis nos estaleiros representam uma oportunidade única para alinhar crescimento econômico, proteção ambiental e responsabilidade social, contribuindo para um setor marítimo mais resiliente e alinhado às metas globais de sustentabilidade.

3.3 INDICADORES DE DESEMPENHO AMBIENTAL E ECONÔMICO

Os indicadores de desempenho ambiental e econômico são ferramentas essenciais para medir, monitorar e melhorar a sustentabilidade dos estaleiros. Conforme destacado por Ding (2008), esses indicadores fornecem uma base objetiva para avaliar o impacto das operações industriais no meio ambiente e na economia. Neste contexto, propomos uma lista de 15 indicadores específicos que abrangem as dimensões ambiental, econômica e social, fundamentados em estudos como os de Brundtland et al. (1987), Goodland (1995) e Gilbert et al. (2016).

3.3.1 Consumo de Energia por Unidade Produzida (Kwh/Tonelada)

Este indicador mede a quantidade de energia consumida durante a produção de cada tonelada de material naval. Harish & Sunil (2015) ressaltam que o consumo energético é um dos principais fatores de impacto ambiental nos estaleiros. A quantificação deste indicador permite identificar

ineficiências e implementar tecnologias mais eficientes, como as sugeridas por Lira, Neves & Soares (2024).

3.3.2 Emissão de CO₂ por Tonelada de Material Processado (KgCO₂/Tonelada)

A medição da emissão de gases de efeito estufa (GEE) é crucial para atender às regulamentações internacionais, como as do International Maritime Organization (2014). Este indicador avalia a pegada de carbono associada à produção naval e pode ser reduzido com práticas como o uso de materiais eficientes, conforme discutido por Gilbert et al. (2016).

3.3.3 Taxa de Reciclagem de Resíduos (%)

A taxa de reciclagem mede a proporção de resíduos gerados que são reaproveitados ou reciclados. Correa Pinto et al. (2024) enfatizam a importância do gerenciamento adequado de resíduos perigosos e não perigosos. Um estaleiro que atinge uma taxa de reciclagem superior a 70% demonstra um compromisso significativo com a sustentabilidade.

3.3.4 Índice de Eficiência no Uso de Materiais (%)

Este indicador avalia a proporção de materiais utilizados que efetivamente se transformam em produtos finais, reduzindo desperdícios. Gilbert et al. (2016) destacam que melhorias na eficiência no uso de materiais podem reduzir custos e emissões. Um índice acima de 90% indica um alto nível de otimização.

3.3.5 Redução de Consumo de Água (%)

O consumo de água é um recurso crítico nos processos de construção naval. Este indicador mede a redução percentual no uso de água ao longo do tempo, incentivando práticas de conservação. Energy Efficiency Directive (2012) sugere metas claras para redução do consumo de recursos hídricos.

3.3.6 Geração de Resíduos Perigosos por Tonelada Produzida (Kg/Tonelada)

A geração de resíduos perigosos, como tintas antifouling e solventes, é um ponto crítico nos estaleiros. Barbosa et al. (2024) propõem metodologias para minimizar este impacto, e a medição deste indicador permite identificar áreas de melhoria.

3.3.7 Taxa de Reutilização de Equipamentos (%)

Este indicador avalia a proporção de equipamentos e ferramentas reutilizados durante os processos produtivos. Trainotti et al. (2023) demonstraram que a reutilização de equipamentos pode reduzir custos e impactos ambientais, especialmente em estaleiros que adotam layouts otimizados.

3.3.8 Tempo Médio de Retorno de Investimento em Tecnologias Verdes (Anos)

Este indicador mede o período necessário para que investimentos em tecnologias sustentáveis, como sistemas de gestão energética (Rijkdienst voor Ondernemend Nederland, 2016), sejam economicamente viáveis. Um tempo de retorno inferior a cinco anos é considerado ideal.

3.3.9 Economia de Custos com Práticas Sustentáveis (%)

Este indicador quantifica a redução de custos operacionais obtida com a adoção de práticas sustentáveis, como Lean Construction (Lima, 2023). Uma economia superior a 15% demonstra a viabilidade econômica dessas práticas.

3.3.10 Índice de Satisfação dos Stakeholders (%)

A satisfação de stakeholders, incluindo trabalhadores, clientes e comunidades locais, é medida através de pesquisas qualitativas. Jesus & Gitahy (2009) destacam que a aceitação social é fundamental para a sustentabilidade. Um índice acima de 80% reflete um alto nível de engajamento.

3.3.10.1 Redução de Emissões Sonoras (dB)

Este indicador mede a redução de emissões sonoras nos estaleiros, que afetam tanto o ambiente quanto a saúde dos trabalhadores. Filho (2014) observa que tecnologias modernas podem mitigar esse impacto, contribuindo para um ambiente mais saudável.

3.3.11 Índice de Produtividade Energética Unidades Produzidas/Kwh)

Este indicador avalia a relação entre a produção e o consumo de energia, promovendo maior eficiência. Rijkdienst voor Ondernemend Nederland (2016) destaca que sistemas de gestão energética podem melhorar significativamente este índice.

3.4 CONCEITUAÇÃO E DEFINIÇÃO DOS INDICADORES

Os indicadores propostos são conceituados como métricas quantitativas e qualitativas que permitem avaliar o desempenho ambiental e econômico dos estaleiros. Goodland (1995) define

sustentabilidade como a integração de aspectos ambientais, econômicos e sociais, e os indicadores aqui propostos seguem essa abordagem sistêmica.

A aplicação desses indicadores exige coleta sistemática de dados e análise contínua. Favarin et al. (2010) sugerem que a definição clara de metas e benchmarks é essencial para garantir a eficácia dessas métricas. Além disso, a adoção de ferramentas multicritérios, como o método AHP, pode auxiliar na priorização de ações.

Os indicadores de desempenho ambiental e econômico propostos oferecem uma abordagem abrangente para medir e melhorar a sustentabilidade nos estaleiros. Baseados em estudos como os de Ding (2008), Gilbert et al. (2016) e Lira, Neves & Soares (2024), esses indicadores são fundamentais para alinhar os estaleiros às demandas globais de sustentabilidade, garantindo benefícios ambientais, econômicos e sociais.

Inicialmente, os indicadores de desempenho ambiental e econômico são conceituados como métricas que permitem mensurar, monitorar e avaliar a eficiência e os impactos das operações industriais, especialmente em setores intensivos em recursos, como a construção naval. Goodland (1995) define sustentabilidade como a capacidade de integrar aspectos ambientais, econômicos e sociais de forma equilibrada, e os indicadores propostos neste estudo seguem essa abordagem sistêmica. Por exemplo, o consumo de energia por unidade produzida (kWh/tonelada) é um indicador que quantifica o uso de recursos energéticos, permitindo identificar ineficiências e oportunidades de melhoria. Conforme destacado por Harish & Sunil (2015), a medição do consumo energético é essencial para reduzir emissões e promover práticas mais sustentáveis, tornando esse indicador viável e relevante para os estaleiros.

Além disso, a viabilidade dos indicadores está diretamente relacionada à sua capacidade de fornecer dados objetivos que orientem decisões estratégicas. O índice de eficiência no uso de materiais (%), por exemplo, avalia a proporção de materiais utilizados que se convertem em produtos finais, minimizando desperdícios. Gilbert et al. (2016) demonstraram que melhorias na eficiência no uso de materiais podem reduzir significativamente as emissões de CO₂ durante o ciclo de vida das embarcações, reforçando a importância deste indicador. Sua fundamentação reside na aplicação prática de ferramentas multicritérios, como o método AHP, que prioriza intervenções com base em critérios claros e mensuráveis, conforme sugerido por Favarin et al. (2010).

Por outro lado, a implementação de indicadores como a taxa de reciclagem de resíduos (%) demonstra a viabilidade de práticas sustentáveis no gerenciamento de resíduos nos estaleiros. Correa Pinto et al. (2024) enfatizam que o descarte inadequado de resíduos perigosos pode causar impactos ambientais severos, tornando este indicador uma ferramenta crítica para mitigar riscos. A

fundamentação deste indicador está em sua capacidade de medir diretamente a proporção de resíduos reaproveitados ou reciclados, alinhando-se às diretrizes de economia circular defendidas por Dangelico & Pontrandolfo (2015). A viabilidade deste indicador é reforçada pela existência de tecnologias e metodologias que facilitam a separação e reciclagem de materiais.

Adicionalmente, indicadores como a redução de custos com práticas sustentáveis (%) demonstram a interseção entre benefícios ambientais e econômicos. Lima (2023) explorou a implementação de Lean Construction em estaleiros e observou que a adoção de práticas sustentáveis pode resultar em economias significativas, especialmente na redução de desperdícios e no aumento da eficiência operacional. Este indicador é viável porque permite quantificar diretamente os ganhos financeiros obtidos com a sustentabilidade, incentivando sua adoção por gestores e stakeholders. Sua fundamentação está na relação direta entre eficiência operacional e redução de custos, conforme destacado por Energy Efficiency Directive (2012).

Finalmente, a viabilidade e fundamentação dos indicadores também dependem de sua adaptabilidade às características específicas dos estaleiros. Por exemplo, o tempo médio de retorno de investimento em tecnologias verdes (anos) é um indicador que avalia a viabilidade econômica de soluções sustentáveis, como sistemas de gestão energética. Rijkdienst voor Ondernemend Nederland (2016) destaca que investimentos em tecnologias verdes podem ter retornos rápidos quando implementados corretamente, tornando este indicador uma ferramenta valiosa para tomadas de decisão. Além disso, a fundamentação desses indicadores está em sua capacidade de fornecer benchmarks claros, como sugerido por Brundtland et al. (1987), que permitem comparar o desempenho de diferentes estaleiros e identificar áreas prioritárias para intervenção. Assim, os indicadores propostos não apenas medem o desempenho, mas também impulsionam a transição para estaleiros mais sustentáveis e competitivos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou propor e avaliar um modelo de Estaleiro Verde que promova a melhoria do desempenho ambiental e econômico dos estaleiros navais por meio da adoção de práticas sustentáveis. O objetivo geral foi plenamente atendido ao identificar os principais impactos ambientais dos estaleiros, desenvolver um quadro teórico para implementação de práticas verdes e propor indicadores de desempenho ambiental e econômico adaptados ao setor. A análise demonstrou que a transição para estaleiros mais sustentáveis não apenas reduz os impactos ambientais, mas também gera ganhos econômicos significativos, alinhando-se às demandas globais por sustentabilidade.

Os resultados obtidos evidenciaram que os estaleiros enfrentam desafios críticos relacionados ao consumo energético, geração de resíduos e emissões de gases de efeito estufa. No entanto, a aplicação de tecnologias inovadoras, como sistemas híbridos e ferramentas de gestão energética, mostrou-se uma solução viável para mitigar esses impactos. Além disso, a definição de indicadores claros e mensuráveis permitiu estruturar um modelo que facilita o monitoramento contínuo e a melhoria das operações. Esses avanços reforçam a importância de integrar sustentabilidade às estratégias de longo prazo dos estaleiros.

A partir dos objetivos específicos, foi possível analisar os impactos ambientais atuais dos estaleiros e identificar pontos críticos que demandam intervenções urgentes. O desenvolvimento de um quadro teórico robusto para implementação de práticas sustentáveis ofereceu diretrizes práticas para modernização dos processos, enquanto os indicadores propostos forneceram uma base sólida para medir o progresso. Esses passos foram fundamentais para estruturar uma abordagem sistêmica que une aspectos ambientais, econômicos e sociais, contribuindo para a competitividade do setor naval.

Este estudo também destacou a necessidade de engajamento de todos os atores envolvidos, desde gestores e trabalhadores até governos e comunidades locais. A colaboração entre esses stakeholders é essencial para garantir que as práticas sustentáveis sejam adotadas de forma consistente e eficaz. Além disso, a viabilidade econômica das soluções propostas demonstra que a sustentabilidade não é apenas um compromisso ambiental, mas também uma oportunidade de crescimento e inovação no setor naval.

Por fim, conclui-se que o conceito de Estaleiro Verde representa uma resposta estratégica aos desafios contemporâneos da indústria naval. Este trabalho contribui para o avanço do conhecimento ao propor um modelo replicável que pode ser adaptado a diferentes contextos, promovendo maior eficiência e responsabilidade ambiental. As reflexões e proposições aqui apresentadas abrem caminho para futuras pesquisas e iniciativas práticas, consolidando a importância de transformar os estaleiros em exemplos de sustentabilidade e inovação no século XXI.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, Cristiane Viana et al. Metodologia para estimar os custos para desmantelamento de navios e estruturas offshore em estaleiros no Brasil. *Boletim de Conjuntura (BOCA)*, v. 20, n. 58, p. 195-223, 2024.
- BRUNDTLAND, Gro Harlem et al. *Our common future* (Brundtland report). [S.l.]: [s.n.], 1987.
- CORREA PINTO, Antônio Marcos et al. Desmantelamento de navios: procedimentos, riscos e gestão de materiais perigosos. [S.l.]: [s.n.], 2024.
- DANGELICO, Rosa Maria; PONTRANDOLFO, Pierpaolo. Green products and services: an environmental approach to market integration. *Journal of Cleaner Production*, v. 50, p. 21-34, 2015.
- DING, Grace Kwai. Sustainable construction: the role of environmental assessment tools. *Journal of Environmental Management*, v. 86, n. 3, p. 451-464, 2008.
- ENERGY EFFICIENCY DIRECTIVE. Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing directives 2004/8/EC and 2006/32. *Official Journal of the European Union*, L 315, p. 1-56, 14 nov. 2012.
- FAVARIN, Julio Vicente Rinaldi et al. Balanço entre oferta e demanda na construção naval brasileira. In: *Industria Naval: Os Desafios da Competitividade e da Sustentabilidade*, 2010. [S.l.]: [s.n.], 2010.
- FAVARIN, Julio Vicente Rinaldi et al. Desenvolvimento de metodologia de projeto de estaleiro. In: *Industria Naval: Os Desafios da Competitividade e da Sustentabilidade*, 2010. [S.l.]: [s.n.], 2010.
- FILHO, Antônio Gomes. Presença e ausência do estado na trajetória da indústria da construção naval brasileira – 195heating9-1989. *Nova Economia*, Belo Horizonte, v. 24, n. 2, p. 445-470, maio-ago. 2014. Disponível em: [inserir URL]. Acesso em: 22 dez. 2024.
- GILBERT, Paul et al. The role of material efficiency to reduce CO₂ emissions during ship manufacture: a life cycle approach. *Marine Policy*, [S.l.], 2016.
- GOODLAND, Robert. The concept of environmental sustainability. *Annual Review of Ecology and Systematics*, [S.l.], p. 1-24, 1995.
- HARISH, C. R.; SUNIL, S. K. Energy consumption and conservation in shipbuilding. *International Journal of Innovative Research and Development*, v. 4, n. 7, 2015.
- JESUS, Cláudia G. de; GITAHY, Leda Maria Caira. Transformações na indústria de construção naval brasileira e seus impactos no mercado de trabalho (1997-2007). In: *CONGRESSO DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL DE CABO VERDE*, 1.; *CONGRESSO DA APDR-ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL*, 15., 2009, Cidade da Praia, Cabo Verde. *Actas Proceedings*. [S.l.]: [s.n.], 2009. p. 3898-3916.

LIMA, Firmino Eugênio Campos. Soluções práticas na implementação de Lean Construction em estaleiros de construção: estudo de caso. 2023. Dissertação (Mestrado) – Instituto Politécnico de Bragança, Portugal, 2023.

LIRA, Heitor Victorino de; NEVES, Daniel Cardoso das; SOARES, Ryan Cavalcante. Tecnologias híbridas na construção naval: um caminho para a eficiência energética e redução de emissões de CO2. [S.I.]: [s.n.], 2024.

MOTA, Julia. Impressões sobre a política de conteúdo local e o estímulo à indústria naval no Brasil. Portos e Navios, [S.I.], 2025. Disponível em: <https://www.portosenavios.com.br/artigos/artigos-de-opiniao/artigo-impressoes-sobre-a-politica-de-conteudo-local-e-o-estimulo-a-industria-naval-no-brasil>. Acesso em: 13 jan. 2025.

NONATO, R. A importância da indústria da construção naval para o mundo. Sindicato Nacional das Empresas de Navegação Marítima (SINCOMAM), 18 abr. 2023. Disponível em: <http://www.sincomam.org.br/index.php/a-importancia-da-industria-da-construcao-naval-para-o-mundo/>. Acesso em: 13 jan. 2025.

RIJKSDIENST VOOR ONDERNEMEND NEDERLAND. The energiemanagementsysteem. [S.I.], 2016. Disponível em: <http://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/meerjarenafspraken-energie-effici%C3%ABntie/verplichtingen-mja3/mee/energiemanagement/softwaresystemen/het-energiemanagementsysteem>. Acesso em: 14 jan. 2025.

THIRD, I. GHG Study. International Maritime Organization, London, UK, 2014.

TRAINOTTI, Kamila et al. Proposta para remodelação do layout de um estaleiro náutico. [S.I.]: [s.n.], 2023.

UNION. D.-G. for Mobility and Transport. White Paper on Transport: Roadmap to a Single European Transport Area: Towards a Competitive and Resource-efficient Transport System. Publications Office of the European Union, 2011.

WILSON SONS. Indústria naval no Brasil: tudo que você precisa saber sobre o assunto. [S.I.], 2025. Disponível em: <https://www.wilsonsons.com.br/pt-br/blog/industria-naval-no-brasil-tudo-que-voce-precisa-saber-sobre-o-assunto>. Acesso em: 13 jan. 2025.