

O Boletim de Conjuntura (BOCA) publica ensaios, artigos de revisão, artigos teóricos e empíricos, resenhas e vídeos relacionados às temáticas de políticas públicas.

O periódico tem como escopo a publicação de trabalhos inéditos e originais, nacionais ou internacionais que versem sobre Políticas Públicas, resultantes de pesquisas científicas e reflexões teóricas e empíricas.

Esta revista oferece acesso livre imediato ao seu conteúdo, seguindo o princípio de que disponibilizar gratuitamente o conhecimento científico ao público proporciona maior democratização mundial do conhecimento.



BOLETIM DE CONJUNTURA

BOCA

Ano VI | Volume 20 | Nº 58 | Boa Vista | 2024

<http://www.ioles.com.br/boca>

ISSN: 2675-1488

<https://doi.org/10.5281/zenodo.14207695>



METODOLOGIA PARA ESTIMAR OS CUSTOS PARA DESMANTELAMENTO DE NAVIOS E ESTRUTURAS OFFSHORE EM ESTALEIROS NO BRASIL

Cristiane Viana Barbosa¹

João Alberto Neves dos Santos²

Eduardo Keller da Mata³

Antônio Ranha da Silva⁴

Hugo Saulo Morgado Ribeiro⁵

Resumo

A indústria de desmantelamento de navios e estruturas offshore desempenha um papel importante no cenário econômico de diversos países. O envelhecimento das embarcações e a crescente necessidade de descomissionamento de estruturas offshore tornam a reciclagem cada vez mais relevante. O principal objetivo deste estudo foi propor uma Metodologia de Gestão de Custos para Estaleiros de Desmantelamento no Brasil (MGCEDesmant-BR), visando estimar os custos necessários para adaptar estaleiros a essa atividade no contexto brasileiro. A revisão sistemática da literatura foi conduzida utilizando o protocolo PRISMA e complementada por uma metanálise qualitativa. Os resultados destacaram lacunas significativas na literatura, especialmente no que diz respeito aos custos de adaptação de estaleiros no Brasil, um país com infraestrutura limitada e desafios regulatórios. A MGCEDesmant-BR foi desenvolvida para suprir essas lacunas, estruturando 8 etapas voltadas à estimativa de custos e às adaptações necessárias, organizadas em quatro categorias principais: infraestrutura, aquisição de equipamentos, capacitação e treinamentos, e conformidade ambiental e legal. A aplicação da metodologia permitiu identificar os principais desafios econômicos e operacionais enfrentados pelos estaleiros brasileiros. Conclui-se que a MGCEDesmant-BR fornece uma abordagem prática e detalhada, permitindo que estaleiros se alinhem às melhores práticas internacionais, ao mesmo tempo em que enfrentam os desafios específicos do contexto nacional. A metodologia proposta oferece contribuições relevantes para a viabilidade econômica e sustentabilidade do setor de desmantelamento no Brasil.

Palavras-chave: Controle de Gestão; Custo do Desmantelamento; Estaleiros; Reciclagem de Navios; Sustentabilidade.

Abstract

The ship dismantling and offshore structures industry plays a significant role in the economic landscape of various countries. The aging of vessels and the growing need for decommissioning offshore structures have made recycling increasingly relevant. The primary objective of this study was to propose a Cost Management Methodology for Dismantling Shipyards in Brazil (MGCEDesmant-BR), aimed at estimating the costs required to adapt shipyards for these activities within the Brazilian context. A systematic literature review was conducted using the PRISMA protocol and supplemented by qualitative meta-analysis. The results highlighted significant gaps in the literature, particularly regarding the costs of adapting shipyards in Brazil, a country facing limited infrastructure and regulatory challenges. The MGCEDesmant-BR was developed to address these gaps, structuring 8 stages focused on cost estimation and necessary adaptations, organized into four main categories: infrastructure, equipment acquisition, training and capacity building, and environmental and legal compliance. The application of the methodology identified the main economic and operational challenges faced by Brazilian shipyards. It is concluded that the MGCEDesmant-BR provides a practical and detailed approach, enabling shipyards to align with international best practices while addressing the specific challenges of the national context. The proposed methodology offers valuable contributions to the economic feasibility and sustainability of the dismantling sector in Brazil.

Keywords: Dismantling Cost; Management Control; Shipyards; Ship Recycling; Sustainability.

¹ Mestranda em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense (UFF). E-mail: cristiane.viana@id.uff.br.

² Professor da Universidade Federal Fluminense (UFF). Doutor em Engenharia de Produção. E-mail: joaoneves@id.uff.br.

³ Mestrando em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense (UFF). E-mail: eduardokeller@id.uff.br.

⁴ Professor da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Doutor em Administração. E-mail: antonioranha@id.uff.br.

⁵ Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense (UFF). E-mail: hugosauloribeiro@id.uff.br.



INTRODUÇÃO

O desmantelamento de navios e estruturas offshore é um tema de crescente relevância no Brasil, especialmente em um cenário que combina o envelhecimento das estruturas offshore e da frota nacional com a pressão por práticas ambientalmente sustentáveis. Além de essencial para a economia circular, essa atividade representa uma oportunidade estratégica para o país, que possui uma extensa costa e o potencial de se tornar um player global no segmento de desmantelamento e reciclagem de embarcações e estruturas offshore. Atualmente, o Brasil conta com 55 unidades offshore com mais de 25 anos de operação, já alcançando o fim de seu ciclo de vida útil e destinadas ao descomissionamento. Esse contexto ganha ainda mais relevância considerando que a Petrobras planeja investir R\$ 64 milhões em projetos de descomissionamento nos próximos anos, indicando a escala e a urgência dessa atividade no país. Esses fatores criam uma oportunidade ímpar para o Brasil se posicionar como um mercado competitivo e alinhado às melhores práticas globais, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e o desenvolvimento econômico.

Apesar de sua importância, a indústria brasileira enfrenta barreiras significativas para se consolidar nesse segmento. Entre os principais desafios estão a ausência de metodologias claras para estimar custos de adaptação dos estaleiros e a necessidade de alinhamento com as melhores práticas globais. Nesse contexto, este estudo busca preencher lacunas de conhecimento ao propor a Metodologia de Gestão de Custos para Estaleiros de Desmantelamento no Brasil (MGCEDesmant-BR). Este estudo tem como objetivo apresentar as etapas da MGCEDesmant-BR, visto que a ausência de uma metodologia para esse fim representa um obstáculo significativo para a viabilização da indústria do desmantelamento no Brasil.

A pesquisa foi conduzida com base na Revisão Sistemática da Literatura (RSL), utilizando o protocolo PRISMA 2020 para garantir rigor e transparência na seleção e análise dos estudos. Essa abordagem visa desenvolver uma metodologia robusta que integre práticas teóricas e aplicadas, alinhadas aos padrões globais. Este artigo está estruturado em quatro seções principais. Após esta introdução, o Referencial Teórico discute conceitos e abordagens relevantes para o desmantelamento de navios e estruturas offshore, com foco em práticas sustentáveis e análise de custos. Em seguida, a seção de Metodologia detalha o uso do protocolo PRISMA 2020 e os critérios de inclusão e exclusão de artigos. Os Resultados e Discussões apresentam as descobertas da revisão da literatura e suas implicações para a metodologia proposta. Por fim, as Conclusões sintetizam as principais contribuições do estudo e fornecem recomendações para futuras pesquisas e aplicações práticas.

A principal justificativa para o presente trabalho é o fato de que o desmantelamento de embarcações pode causar danos ao meio ambiente, incluído prejuízos à fauna e à flora dos ecossistemas



onde tal processo ocorre. Além disso, este tema se justifica pela escassez de material bibliográfico que aborde essa situação, que é fundamental no fim do ciclo de vida dos navios. Ademais, a implementação, dentro desse viés, de práticas seguras, proporciona ao Brasil um alinhamento junto a outras nações, além de promover a garantia para que haja operações mais controladas e seguras.

CONTEXTO GLOBAL DO DESMANTELAMENTO DE NAVIOS E ESTRUTURAS OFFSHORE

A reciclagem de navios tem se tornado uma questão global cada vez mais relevante, dado o aumento significativo de embarcações que atingem o fim de sua vida útil. Esse processo envolve o desmantelamento de embarcações para recuperar materiais, especialmente o aço, mas enfrenta desafios regulatórios e sociais, particularmente no processo de desmantelamento de navios obsoletos. Com isso, os armadores frequentemente escolhem desmantelar seus navios com base no preço oferecido, sendo os estaleiros do subcontinente indiano os mais atrativos, o que desestimula a adesão à reciclagem ambientalmente sustentável. Como consequência, os custos ambientais e sociais recaem sobre comunidades mais pobres, especialmente na Ásia, que concentra cerca de 50% da frota mundial, seguida pela Europa e América do Norte (HSUAN; PARISI, 2020).

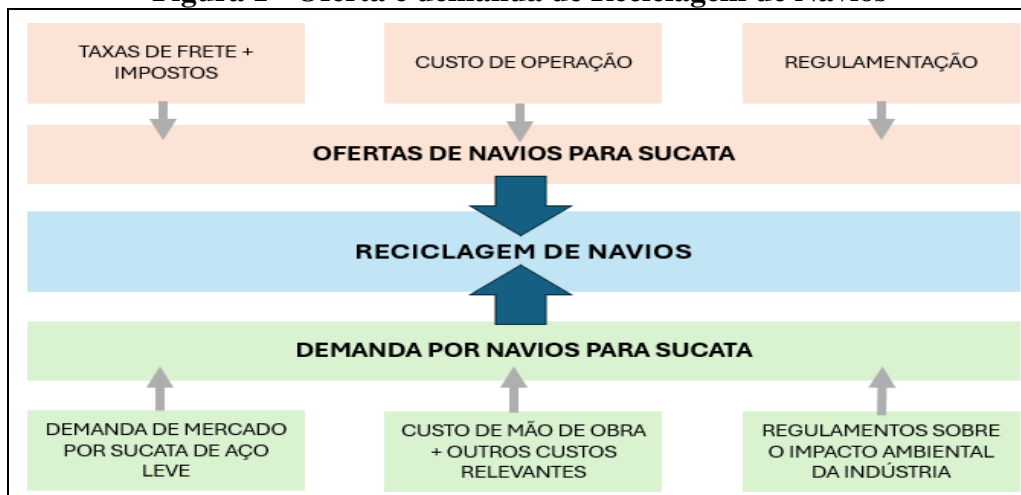
Ao mesmo tempo, a reciclagem de navios, anteriormente vista como um passivo para países desenvolvidos, tornou-se uma oportunidade econômica para nações do sul da Ásia, onde práticas bem administradas podem contribuir para a economia circular e para os objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU. Apesar dos riscos à saúde e segurança reconhecidos pela OIT, essa atividade oferece benefícios socioeconômicos importantes, como a geração de empregos e o reaproveitamento de materiais valiosos. Contudo, enfrenta desafios que demandam uma análise cuidadosa. Estudos comparativos recentes destacam as forças e oportunidades dessa indústria na Ásia, ao mesmo tempo que apontam fraquezas e ameaças, como as precárias condições de trabalho e o impacto ambiental, que precisam ser abordadas para o sucesso sustentável da atividade (MANNAN; RIZVI; DAI, 2024).

A reciclagem de navios tem ganhado destaque devido à crescente conscientização sobre os impactos ambientais e à necessidade de práticas sustentáveis no setor marítimo. Com o aumento do número de embarcações sendo descomissionadas anualmente, há um interesse crescente em desenvolver métodos de reciclagem mais eficientes e ecologicamente corretos, alinhando-se aos objetivos globais de sustentabilidade e economia circular (MOUSSA *et al.*, 2024). A decisão de desmantelar uma embarcação depende de diversos fatores, incluindo taxas de frete, regulamentações ambientais e demanda de mercado para sucata de aço, além de custos operacionais. Essas considerações influenciam



tanto a oferta de embarcações para sucata quanto a demanda por elas nos estaleiros de reciclagem (TOLA; MOSCONI; GIANVINCENZI, 2024), conforme a Figura 1.

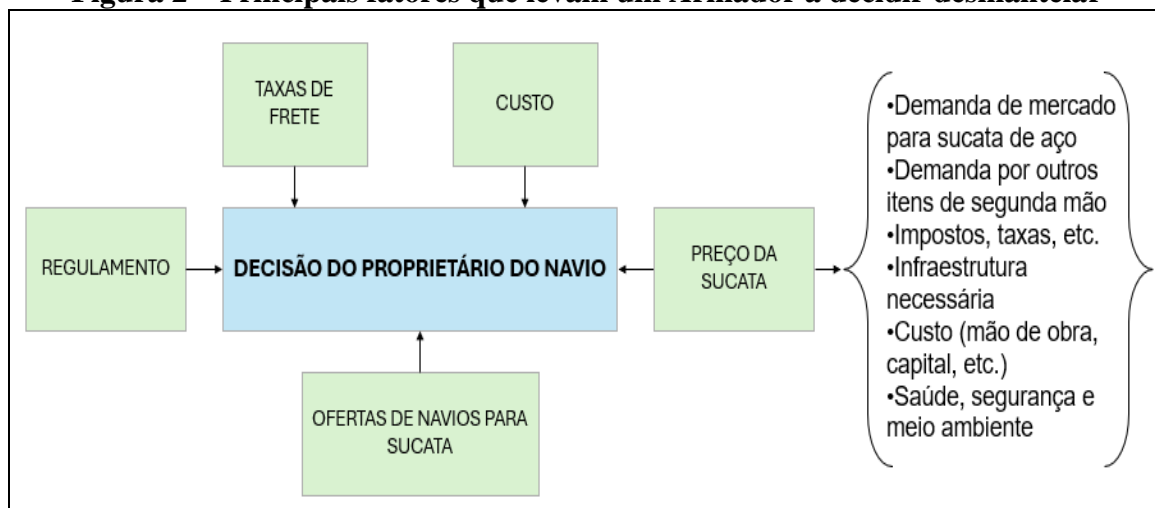
Figura 1 - Oferta e demanda de Reciclagem de Navios



Fonte: Elaboração própria. Adaptada de Tola, Mosconi e Gianvincenzi (2024).

A Figura 2 apresenta os principais fatores que influenciam a decisão de um proprietário (Armador) ao desmantelar e reciclar um navio. Dentre esses fatores estão as regulamentações, as taxas de frete, os custos envolvidos no processo, a disponibilidade de navios para sucata e o preço da sucata. Este último considera elementos como a demanda por sucata de aço, itens de segunda mão, impostos, infraestrutura necessária e questões relacionadas à saúde, segurança e meio ambiente. De forma clara, o diagrama destaca como esses aspectos econômicos, regulatórios e ambientais se conectam e impactam essa decisão.

Figura 2 – Principais fatores que levam um Armador a decidir desmantelar



Fonte: Elaboração própria. Adaptada de Tola, Mosconi e Gianvincenzi (2024).



O CONTEXTO DO DESMANTELAMENTO DE NAVIOS E ESTRUTURAS OFFSHORE NO BRASIL

O Brasil, sobretudo, por causa da extensão da sua costa, tem enorme tradição naval e na construção de navios, possuindo significativo potencial para se destacar na indústria do desmantelamento de embarcações. Além disso, faz-se necessário ressaltar que, outras nações, a exemplo de Bangladesh, já são dotadas de estaleiros adaptados para este fim, estando o Brasil, ainda em fase inicial nesse tipo de segmento (MATA *et al.*, 2024).

OCampos e Pereira (2019) observaram que, apesar de os estaleiros brasileiros terem historicamente se concentrado na construção e reparos navais, eles possuem uma capacidade técnica que poderia ser utilizada na adaptação, visando o desmantelamento de navios. A modernização das instalações e a conformidade com regulamentações internacionais, como a Convenção de Hong Kong, são vistas como passos essenciais para que o Brasil possa competir internacionalmente nesse setor. Além disso, os autores enfatizam que, para que o Brasil realmente se estabeleça como um *player* no desmantelamento de navios é fundamental que os estaleiros se adaptem às novas exigências da indústria. Isso inclui tanto a modernização das instalações quanto à conformidade com as regulamentações internacionais, como a Convenção de Hong Kong, e regulamentações nacionais, como a proposta do Projeto de Lei 1584 de 2021, que busca alinhar as práticas brasileiras às diretrizes internacionais (OCAMPO; PEREIRA, 2019).

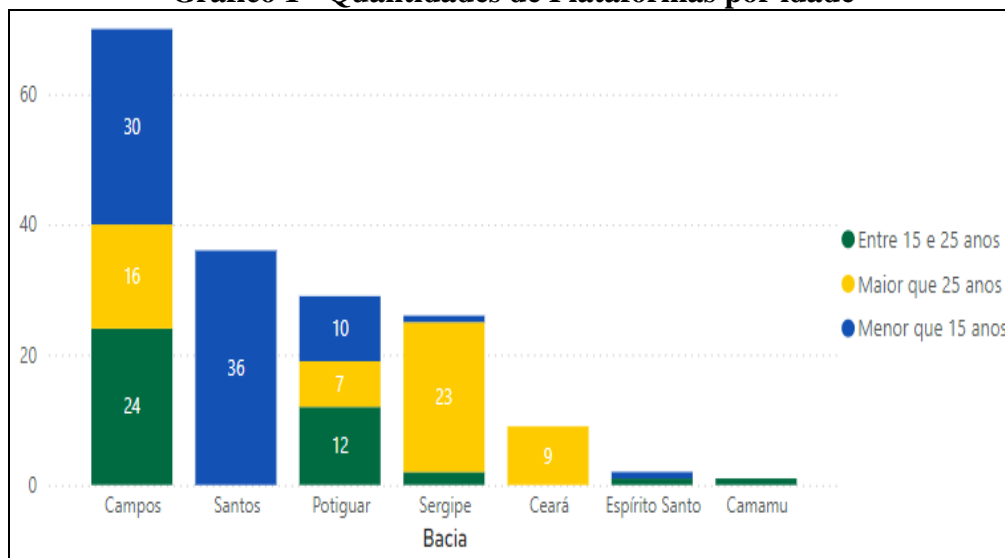
É importante observar a situação específica das plataformas de petróleo no Brasil. A decisão de encerrar a vida útil de uma plataforma ou navio é tomada pelos proprietários com base em fatores comerciais e técnicos, considerando que as operações são finalizadas em estruturas cuja produtividade está em declínio ou cuja viabilidade econômica se torna insustentável (SANTOS *et al.*, 2024). No Brasil, com base nos dados disponibilizados pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2024), há 181 plataformas em operação. Destas, 86 foram instaladas há menos de 15 anos, 40 encontram-se na faixa etária entre 15 e 25 anos, e 55 unidades têm mais de 25 anos de idade, sendo que estas já iniciaram o processo de descomissionamento. Segundo o Painel Dinâmico de Descomissionamento de Instalações E&P (ANP, 2024), está previsto um investimento de R\$ 64,39 bilhões em atividades de descomissionamento de plataformas fixas e FPSO, incluindo a participação da Petrobras nos custos parciais de descomissionamento em campos desinvestidos.

Após o descomissionamento, essas plataformas precisarão ser desmanteladas, sendo que os materiais provenientes desses desmantelamentos deverão seguir para serem reciclados dentro de uma abordagem da economia circular (SANTOS *et al.*, 2024), ressaltando a importância crescente de



estratégias e políticas eficazes para o gerenciamento adequado desse processo complexo e de alto impacto socioeconômico e ambiental, delineando um panorama de demanda crescente para serviços de reciclagem, reforçando a necessidade de que os estaleiros brasileiros estejam preparados para atender essa demanda emergente, que é mostrado na Gráfico 1.

Gráfico 1 - Quantidades de Plataformas por idade



Fonte: ANP (2024).

Ocampo e Pereira, (2019) afirmam que, embora os estaleiros brasileiros tenham capacidade técnica para realizar o desmantelamento de embarcações, a ausência de infraestrutura adequada e a falta de incentivos econômicos limitam a competitividade do Brasil no mercado internacional de desmantelamento de navios. Além disso, os autores destacam a importância de políticas públicas que promovam o desenvolvimento sustentável dessa indústria no país. Esses autores ainda mostram que o debate em torno do desmantelamento de navios no Brasil ainda está em curso, sendo um tema relativamente recente. Esses autores também destacam que, além dos desafios ambientais, a competitividade dos estaleiros brasileiros no mercado global de reciclagem de navios é limitada pela falta de incentivos fiscais e a alta carga tributária. Mata *et al.*, 2024 afirmam que o custo do desmantelamento no Brasil é menos atraente em comparação com países asiáticos, onde o custo do desmantelamento é significativamente menor, devido as legislações serem menos rigorosas do ponto de vista ambiental e da proteção ao trabalhador.

Atualmente existe uma crescente demanda por ações e práticas que estejam focadas na sustentabilidade, o que coloca o Brasil a frente de desafios. O investimento em tecnologia e em mão de obra qualificada é essencial para que o Brasil se coloque em condições de se adequar às exigências ambientais e as diretrizes internacionais que regem esse tipo de atividade (MATA *et al.*, 2024). Nesse



contexto, os autores propõem uma metodologia baseada na gestão de riscos, especialmente adaptada às diretrizes internacionais e às particularidades do setor brasileiro. Essa abordagem leva em consideração aspectos técnicos, econômicos, sociais e ambientais, essenciais para promover a sustentabilidade e fortalecer a competitividade da indústria naval no país.

Apesar disso, os gestores dos estaleiros brasileiros já consideram a reciclagem dessas grandes estruturas como uma nova alternativa de negócio capaz de fazer frente à crise econômica na indústria naval brasileira (MATA *et al.*, 2024). Os autores expressaram grande preocupação com a escassez de conhecimento sobre os fatores de produtividade dessa indústria, bem como os requisitos legais envolvidos. Na verdade, no Brasil, a indústria naval tem longa tradição em construção e reparo naval, logo a adaptação de estaleiros para realizar o desmantelamento é uma oportunidade significativa para o desenvolvimento econômico, geração de emprego e renda, proteção das pessoas e do meio ambiente (MATA *et al.*, 2024).

DESAFIOS ASSOCIADOS AO DESMANTELAMENTO REFERENTES À INFRAESTRUTURA, MEIO AMBIENTE, SAÚDE E SEGURANÇA

201

Segundo a Organização Internacional Marítima (IMO, 2013), os avanços na indústria naval e a promulgação de leis e regulamentos ambientais fizeram com que o desmantelamento de embarcações se tornasse um processo mais estruturado. Por sua vez, a indústria de desmantelamento de navios e estruturas offshore no Brasil enfrenta uma série de obstáculos que limitam seu crescimento e desenvolvimento. Um dos desafios mais críticos mencionados por Sánchez e Pereira (2019) é a falta de infraestrutura adequada nos estaleiros brasileiros. Historicamente, esses estaleiros foram projetados principalmente para a construção e reparo de embarcações, sem a devida adaptação para lidar com as complexidades e demandas específicas das operações de desmantelamento.

A falta de tecnologias avançadas e a gestão inadequada de resíduos perigosos comprometem a segurança dos trabalhadores e a proteção ambiental. Zhou *et al.*, (2021) afirmam que a implementação de práticas de gestão eficazes não apenas melhora a segurança pessoal, mas também contribui para uma maior proteção ambiental durante as atividades de desmantelamento. A ausência de incentivos financeiros e a alta carga tributária dificultam a competitividade dos estaleiros em países em desenvolvimento no mercado internacional, ressaltando a importância de investimentos em capacitação e inovação tecnológica para promover práticas de desmantelamento mais eficientes e sustentáveis (SENAVIRATHNA; GALAPPATHTHI; RANJAN, 2022).



Além disso, embora a reciclagem de navios seja considerada uma prática sustentável no setor marítimo, o manuseio inadequado de substâncias perigosas durante o desmantelamento pode ter sérios efeitos negativos na saúde humana e no meio ambiente, especialmente em comunidades próximas aos estaleiros (CELIK; AKYAR; CEYLAN, 2024).

Além da infraestrutura inadequada para cumprir as regulamentações internacionais, muitos estaleiros no Brasil também não conseguem superar as barreiras financeiras e de capacitação de seu pessoal que os impedem de colaborar com a expansão da indústria naval no país (MATA *et al.*, 2024a). Segundo Ocampo e Pereira (2019), outro desafio a ser enfrentado é o impacto ambiental do desmantelamento, especialmente no manejo de materiais perigosos. A ausência de tecnologias avançadas para tratamento e descarte desses materiais representa um risco, tanto para o meio ambiente, quanto para a saúde de quem trabalha no processo.

O setor de reciclagem de navios enfrenta um "paradoxo de sustentabilidade" ao demonstrar impactos sustentáveis nos níveis macro e meso, mas com desafios significativos de segurança e saúde no nível micro, especialmente em países em desenvolvimento (DEY *et al.*, 2021).

Sunaryo e Indianto (2020) relatam diversas diretrizes para segurança e saúde no desmantelamento de embarcações, que foram aprovadas pela OIT, com o propósito principal de auxiliar os profissionais envolvidos no desmantelamento de embarcações, bem como as autoridades competentes, na implementação das normas e códigos de práticas pertinentes a respeito das condições de saúde e segurança no ambiente de trabalho durante as atividades de desmantelamento. Os autores ressaltam, ainda, que essas diretrizes estão em conformidade com várias convenções, mas não substituem leis, regulamentos ou normas nacionais.

OPORTUNIDADES PARA O DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA DE DESMANTELAMENTO NO BRASIL

Apesar dos desafios, o Brasil possui oportunidades significativas para o desenvolvimento da indústria de desmantelamento de navios e estruturas offshore. Com uma costa extensa e uma posição geográfica estratégica, o Brasil tem o potencial de se tornar um líder regional na reciclagem de embarcações (MATA *et al.*, 2024). Ademais, o crescimento da demanda por práticas mais sustentáveis na indústria naval abre espaço para a implementação de tecnologias verdes e para o desenvolvimento de estaleiros sustentáveis. De acordo com Okumus, Andrews e Gunbeyaz (2024), a adoção da economia circular (EC) na indústria requer uma abordagem integrada que envolva não apenas práticas sustentáveis, mas também a implementação de indicadores de desempenho que possam monitorar a



eficácia dessas práticas. Os autores ressaltam a importância de desenvolver métricas específicas para o setor marítimo, a fim de facilitar a avaliação do progresso em direção a objetivos de sustentabilidade e melhoria contínua na gestão de recursos.

No Brasil, o desmantelamento de navios deve ter um tratamento prioritário, tendo em vista que algo precisa ser feito para dar sequência ao plano de descomissionamento definido para as plataformas de petróleo do setor offshore capitaneado pela Petrobras (ANP, 2024), o que coloca o Brasil como o terceiro mercado de descomissionamento do mundo, projetando investimentos da ordem de mais de US\$ 11 bilhões que serão gastos até 2028. Por outro lado, a crise do setor de construção e reparo naval brasileiro que iniciou na crise de 2014, gerando uma estagnação nas atividades de construção e reparo nos estaleiros, criando assim grandes áreas industriais à beira do mar e de rios inutilizadas (MATA *et al.*, 2024). Por isso, os estaleiros devem buscar aumentar seu portfólio de serviços, sendo uma delas o desmantelamento de navios e plataformas, aproveitando a infraestrutura existente, que anteriormente sempre foi utilizada apenas para construção e reparo de navios e estruturas offshore (SÁNCHEZ; PEREIRA, 2019).

Gráfico 2 – Investimento Previsto para o Descomissionamento



Fonte: ANP (2024).

TÉCNICAS, MODELOS E METODOLOGIAS DE DESMANTELAMENTO

Atualmente, diversas técnicas são utilizadas para o desmantelamento de navios. Entre as mais comuns está a técnica “Open Beaching”, amplamente empregada na Ásia, onde o navio é encalhado e desmontado manualmente em grandes seções (BARUA *et al.*, 2018). Alternativamente, a técnica “Landing” utiliza rampas de concreto, facilitando a contenção de líquidos perigosos e a movimentação de peças por guindastes, sendo popular na Turquia (STEUER *et al.*, 2021). Já a técnica “Along-Side” é



comum na China, União Europeia (UE) e Estados Unidos da América (EUA), com embarcações atracadas ao longo de um cais, permitindo desmontagem mais segura. A técnica mais avançada, “Dry-Dock”, envolve o uso de diques secos ou flutuantes, proporcionando maior eficiência e segurança, com baixos riscos de poluição ambiental (SAMSUDIN *et al.*, 2022).

Essas técnicas enfrentam desafios de segurança e impacto ambiental. Na UE, mecanismos como o licenciamento de estaleiros incentivam padrões elevados de reciclagem, embora sejam criticados por sua eficácia e viabilidade econômica (DEVAUX; NICOLAI, 2020). No Brasil, a literatura evidencia lacunas na adaptação dos estaleiros para o desmantelamento. Estudos como Ocampo e Pereira (2019) destacam desafios regulatórios e técnicos, mas abordam de forma limitada a viabilidade econômica. Além disso, questões relacionadas à gestão de riscos são centrais para garantir segurança operacional e ambiental, com metodologias sugerindo identificação rigorosa e monitoramento contínuo dos riscos (MENTES, 2023; TANHA *et al.*, 2022).

Ozturkoglu *et al.* (2019) identificam riscos de segurança, economia e meio ambiente, sugerindo estratégias de mitigação. Já Mata *et al.* (2024) adaptaram a metodologia MADesmant-BR ao Brasil, mas sem incluir custos de transformação de estaleiros, uma lacuna relevante considerando a infraestrutura limitada e a ausência de políticas públicas. Aspectos técnicos, como remoção de resíduos e armazenamento de materiais perigosos, enfrentam dificuldades pela falta de tecnologia e estrutura adequadas (GUNBEAZ *et al.*, 2022).

De acordo com Mata *et al.* (2024) a MADesmant-BR integra princípios de engenharia em todas as fases do desmantelamento, desde a orçamentação inicial até a conclusão das atividades, com foco em gestão de riscos. As etapas detalhadas estão apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Metodologia Adaptada para o Desmantelamento no Brasil (MADesmant-BR)

Etapa 1 - Levantamento e identificação da condição da embarcação
Etapa 2 – Projeto de Desmantelamento
Etapa 3 - O navio ou a estrutura offshore é rebocada e levada para o cais ou dique de desmantelamento
Etapa 4 - Remoção dos resíduos líquidos
Etapa 5 - Remoção dos equipamentos
Etapa 6 - Desmontagem das partes não metálicas
Etapa 7 - Desmontagem das partes Metálicas
Etapa 8 - Separação e destinação dos materiais e equipamentos desmontados

Fonte: Mata *et al.* (2024)

Segundo Zainol *et al.* (2023) o conceito de estaleiro híbrido combina práticas que unem métodos tradicionais de construção e reparo naval e operações de desmantelamento seguro ecologicamente. Tal situação é de grande relevância para o Brasil, uma vez que vários estaleiros ainda não contam com a



infraestrutura adequada para essa finalidade e o setor de construção e reparo naval passou por diversas crises econômicas. O estaleiro híbrido não só eleva a competição no mercado mundial nessa área, como também diminui os custos operacionais, já que tende a aproveitar as infraestruturas existentes para essas funções. Com a melhora do processo de reciclagem, além da redução do custo, há também o aumento da produção e da lucratividade, ao longo do tempo, para as empresas ((GUNBEYAZ; KURT; TURAN, 2022).

Diante desse cenário, foi identificada a necessidade de estruturar uma metodologia para auxiliar os estaleiros na estimativa de custos envolvidos em processos de desmantelamento e reciclagem, assegurando que as operações sejam economicamente viáveis e ambientalmente adequadas. Tomou-se por base a metodologia proposta por Mata *et al.* (2024), chamada de MADesmant-BR, que foi adaptada ao contexto brasileiro, oferecendo uma metodologia que pudesse orientar a transformação dos estaleiros de construção e reparos nacionais em estaleiros de desmantelamento ambientalmente sustentáveis e economicamente viáveis. A metodologia de gestão de custos apresentada neste estudo estabelece os parâmetros mínimos necessários para avaliação dos custos envolvidos, desde o início do processo até a disposição final dos materiais reciclados.

METODOLOGIA DA PESQUISA

O método adotado neste estudo é a Revisão Sistemática da Literatura (RSL), fundamentada no Protocolo PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), amplamente reconhecido por assegurar rigor e transparência na identificação, triagem e análise de estudos relevantes (PAGE *et al.*, 2021). Esse método foi escolhido devido à sua capacidade de fornecer uma visão abrangente e criteriosa sobre os custos e práticas de desmantelamento de navios e estruturas offshore. Este estudo utilizou dados primários e secundários para fundamentar a análise. Os dados primários consistem em seis artigos recomendados por especialistas da área, que foram selecionados com base em sua relevância e alinhamento com os objetivos da pesquisa. Esses artigos, embora não identificados diretamente nas bases de dados pesquisadas, foram incorporados para garantir que temas críticos e específicos fossem considerados, ampliando a abrangência da revisão. Os dados secundários foram extraídos de três bases de dados científicas reconhecidas internacionalmente: Scopus, Science Direct e Web of Science. Esses dados incluem estudos revisados por pares, com análises teóricas e empíricas relacionadas aos custos de desmantelamento de navios, práticas de reciclagem e adaptação de estaleiros. A integração de dados primários e secundários reforça a base metodológica do estudo, garantindo um panorama abrangente e aprofundado das práticas e custos de desmantelamento.



Procedimentos de Levantamento de Dados

Os procedimentos de levantamento de dados seguiram as diretrizes do Protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). O processo foi estruturado em quatro etapas principais:

- **Identificação:** As buscas foram realizadas nas bases de dados Scopus, Science Direct e Web of Science, utilizando os descritores "ship", "dismantling", "recycling" e "cost analysis", combinados pelo operador booleano AND. Além disso, foram incluídos seis artigos recomendados por especialistas da área para ampliar o alcance e a relevância da revisão.
- **Triagem:** Após a identificação inicial de 2.391 registros, foram excluídos artigos duplicados e aplicados filtros específicos, como período de publicação (2020 a 2024), área de estudo (engenharia, gestão e negócios) e tipo de documento (artigos de pesquisa e revisão).
- **Elegibilidade:** Os artigos restantes foram analisados com base nos critérios de inclusão e exclusão descritos no Quadro 2, envolvendo a leitura de títulos, palavras-chave e resumos. A triagem inicial resultou em 48 estudos elegíveis para leitura integral.
- **Inclusão:** Após a análise integral dos 48 estudos, 22 artigos foram selecionados para compor a amostra final, garantindo alinhamento aos objetivos do estudo. Os critérios utilizados incluíram relevância temática, aplicabilidade prática e profundidade analítica.

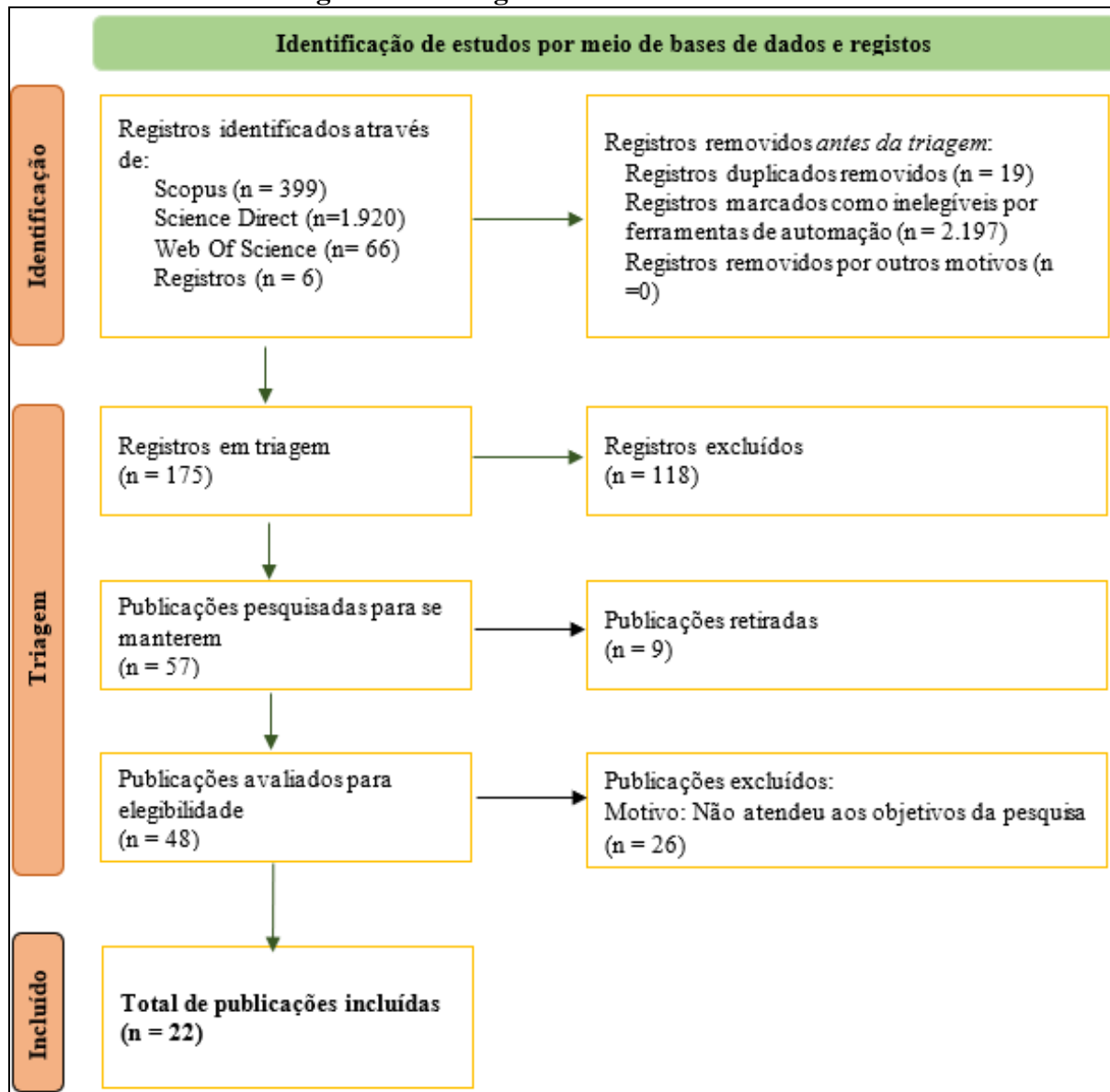
Quadro 2 - Critérios de inclusão e exclusão – Revisão Sistemática de Literatura

Critérios de Inclusão	Critérios de Exclusão
Relevância Temática: A presente pesquisa abordou as metodologias voltadas para o desmantelamento de navios e de estruturas offshore, juntamente com os custos inerentes à adaptação dos estaleiros para essa finalidade.	Relevância Temática Insuficiente: Nesse trabalho, optou-se por excluir alguns estudos que não abordassem diretamente os temas centrais da pesquisa ou cujas discussões não apresentassem uma relação clara com o desmantelamento e a adaptação de estaleiros.
Aplicabilidade ao Contexto Organizacional: Estudos realizados em contextos organizacionais diversos foram incluídos, por que os desafios de desmantelamento de grandes estruturas podem oferecer paralelos significativos com os enfrentados pelos estaleiros.	Ausência de Dados Empíricos: Estudos que se basearam exclusivamente em discussões teóricas, sem apresentar dados empíricos que validassem suas conclusões, foram desconsiderados.
Profundidade da Análise: Foram priorizados artigos que apresentassem uma análise detalhada e crítica dos temas abordados, assegurando que as contribuições fossem substanciais para os objetivos da pesquisa.	Contextos Distantes do Foco da Pesquisa: Estudos situados em contextos sem paralelos significativos com os desafios do desmantelamento nos estaleiros, ou em setores muito específicos, foram descartados.

Fonte: Elaboração própria.



Figura 3 - Fluxograma do Protocolo Prisma



Fonte: Elaboração própria. Adaptada de Page *et al.* (2021).

Os dados provenientes dos 22 estudos selecionados na Revisão Sistemática da Literatura foram analisados qualitativamente, utilizando técnicas de metanálise para identificar padrões, categorias e relações temáticas relevantes. O processo de análise seguiu etapas estruturadas, garantindo rigor e replicabilidade:

1. Preparação dos Dados: Os textos completos dos 22 estudos foram organizados e importados para o software Iramuteq de análise qualitativa, que permite realizar análises textuais aprofundadas.
2. Classificação Hierárquica Descendente (CHD): Permite agrupar os textos em diversas categorias temáticas específicas, de modo que a frequência e a concorrência de palavras



sejam consideradas a fim de identificar as publicações mais relevantes acerca da temática abordada.

3. Análise Fatorial de Correspondência (AFC): No presente trabalho hoje o emprego dessa prática, visando identificar e mapear as relações existentes entre as diversas categorias e as variáveis identificadas, para o contexto em análise.
4. Análise de Similitude: Utilizou-se essa técnica para identificar os termos mais frequentemente relacionados dentro das categorias, elucidando conexões importantes entre os conceitos abordados nos estudos.
5. Nuvem de Palavras: Como etapa final, uma visualização gráfica dos termos mais frequentes foi gerada, facilitando a identificação de padrões e termos-chave que estruturam o campo de estudo.

Procedimentos de Análise de Dados

Conforme destacado por Ferreira e Loreto (2024), a aplicação rigorosa de análises qualitativas e quantitativas em revisões sistemáticas permite maior robustez nos resultados, facilitando a identificação de lacunas relevantes na literatura. Além disso, asseguram a integração de métodos qualitativos e quantitativos, promovendo uma compreensão abrangente dos resultados.

Design da Triangulação Teórico-Metodológica

O design da triangulação teórico-metodológica foi utilizado para garantir a robustez e a profundidade da análise. Esse design incluiu:

1. Triangulação Teórica: Foram utilizados conceitos de sustentabilidade, além de outros conceitos relacionados à economia e práticas sustentáveis, dentro da área do desmantelamento de embarcações.
2. Triangulação Metodológica: O protocolo PRISMA 2020 integrou-se a uma metodologia que combina as análises qualitativas, incluindo a Classificação Hierárquica Descendente (CHD), juntamente com a análise e a avaliação dos clusters com análises quantitativas, a exemplo da Análise Fatorial de Correspondência (AFC).
3. Triangulação de Fontes de Dados: Os dados secundários, empregados neste trabalho, que são oriundos de materiais e bases científicas de renome foram complementados por outros trabalhos, como alguns artigos indicados por especialistas, o que proporciona uma avaliação mais abrangente, além de estar, em alinhamento, com os objetivos da presente pesquisa.

Esse design assegura que os resultados obtidos sejam confiáveis, abrangentes e alinhados aos objetivos do estudo.



RESULTADOS

Resultados da Revisão Sistemática da Literatura (RSL)

Os estudos revisados neste artigo ajudam a compreender como o desmantelamento e reciclagem de navios e estruturas offshore são realizados em diferentes partes do mundo, eles ressaltam a importância de adotar práticas sustentáveis e economicamente viáveis. Pesquisas como os de Ozturkoglu *et al.* (2019) e Sunaryo e Indianto (2020) destacam que ações preventivas e novas tecnologias são fundamentais para reduzir os impactos ambientais e aumentar a eficiência operacional. Já Tanha *et al.* (2022) enfatizam a importância da segurança dos trabalhadores para garantir avanços sustentáveis. Os artigos analisados apontam para a necessidade de uma abordagem integrada que vá além de desafios técnicos e econômicos, incorporando dimensões sociais e ambientais, como sugerido por Dey *et al.* (2021). Esses desafios, associados a níveis micro, meso e macro, demandam estratégias holísticas que envolvam múltiplos stakeholders, especialmente no Brasil, onde a ausência de políticas públicas e incentivos financeiros adequados, como os fornecidos por fundos governamentais, limita a competitividade dos estaleiros e sua transição para práticas alinhadas aos padrões globais.

Embora a literatura já tenha demonstrado avanços técnicos e ambientais no desmantelamento e na reciclagem de navios, os custos ainda são pouco explorados. No Brasil, onde os estaleiros enfrentam desafios significativos para atender aos padrões internacionais, dispor de uma metodologia que defina os custos mínimos seria estratégico. A escassez de apoio governamental limita investimentos em infraestrutura moderna e práticas sustentáveis, restringindo a competitividade do país no mercado local e global. Além disso, os estudos analisaram os 22 artigos selecionados que abordam diferentes aspectos do desmantelamento e reciclagem de navios e estruturas offshore. O Quadro 3, disposto na página seguinte deste artigo, apresenta os artigos selecionados e hierarquizados em ordem decrescente pelo número de citações.



Quadro 3 – Estudos por Título, Autores, Ano, Base de dados, Revista e Citações

Título dos Artigos	Autores	Ano	Base de dados	Revista	Citações
A sustainable and preventative risk management model for ship recycling industry	OZTURKOGLU; AZANCOGLU; OZKAN-OZEN, 2019	2019	Especialistas (Science Direct)	Journal of Cleaner Production	42
Environmental hazards associated with open-beach breaking of end-of-life ships: a review	BARUA <i>et al.</i> , 2018	2018	Especialistas (Scopus)	Environmental Science and Pollution Research	25
Can ship recycling be a sustainable activity practiced in Brazil?	OCAMPO; PEREIRA, 2019	2019	Especialistas (Science Direct)	Journal of Cleaner Production	20
Sustainability challenges and enablers in resource recovery industries: A systematic review of the ship-recycling studies and future directions	DEY <i>et al.</i> , 2021	2021	Science Direct	Journal of Cleaner Production	18
Mapping the supply chain of ship recycling	HSUAN; PARISI, 2020	2020	Scopus	Marine Policy	16
Factors influencing green ship recycling: A conceptual framework and modeling	ZHOU <i>et al.</i> , 2021	2021	Scopus	Journal of Cleaner Production	16
Designing an EU Ship Recycling Licence: A Roadmap	DEVAUX; NICOLAÍ, 2020	2020	Scopus	Marine Policy	12
Investigation of different cutting technologies in a ship recycling yard with simulation approach	GUNBEYAZ; KURT; TURAN, 2022	2022	Scopus	Ships and Offshore Structures	12
Shipbreaking in Bangladesh: Organizational responses, ethics, and varieties of employee safety	TANHA <i>et al.</i> , 2022	2022	Science Direct	Journal of Safety Research	5
A review of end-life management options for marine structures: State of the art, industrial voids, research gaps and strategies for sustainability	SENAVIRATHNA; GALAPPATHTHI; RANJAN, 2022	2022	Science Direct	Cleaner Engineering and Technology	5
Can ship recycling increase the Brazilian scrap capacity?	OCAMPOS; PEREIRA, 2019	2019	Especialistas (Google Scholar)	Independent Journal of Management & Production	4
Environmentally friendly ship recycling yard design for general cargo ship up to 30.000 DWT and shipsets: Tug and barge	SUNARYO; INDIANTO, 2020	2020	Scopus	AIP Conference Proceedings	4
Risk analysis of on field and on-board activities and resilience investigation of Izmir Aliaga Ship Recycling Facilities	MENTES, 2023	2023	Science Direct	Ocean Engineering	4
Design of Green Ship Recycling Yards: A Review	SAMSUDIN <i>et al.</i> , 2022	2022	Scopus	Advanced Structured Materials	2
Ship recycling in developing economies of South Asia: Changing liability to a commodity	MANNAN; RIZVI; DAI, 2024	2024	Science Direct	Green Technologies and Sustainability	1
Integrating Ship Recycling Facility into Existing Shipyard: A Study of Malaysian Shipyard	ZAINOL <i>et al.</i> , 2023	2023	Scopus	Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology	0
Yarn Production from the Offshore Industry Mooring Rope Waste: A Circular Textile Economy Opportunity	SILVA <i>et al.</i> , 2024	2024	Scopus	Journal of Polymers and the Environment	0
Identification of Risk Management Techniques for Use in Dismantling Ships and Offshore Structures	MATA <i>et al.</i> , 2024	2024	Especialistas	Revista de Gestão Social e Ambiental	0
Offshore Structure Decommissioning Model: A Proposal Based on Costs and Risk	SANTOS <i>et al.</i> , 2024	2024	Especialistas	Revista de Gestão Social e Ambiental	0
Development and research directions in ship recycling: A systematic literature review with bibliometric analysis	MOUSSA <i>et al.</i> , 2024	2024	Science Direct	Marine Pollution Bulletin	0
Demolition of the European ships fleet: A scenario analysis	TOLA; MOSCONI; GIANVINCENZI, 2024	2024	Science Direct	Marine Policy	0
Developing circularity metrics for the maritime industry: A stakeholder focused study	OKUMUS; ANDREWS; GUNBEYAZ, 2024	2024	Science Direct	Ocean Engineering	0

Fonte: Elaboração própria

Metanálise Qualitativa

As análises apresentadas nas figuras abaixo foram elaboradas a partir de um arquivo textual processado no software Iramuteq, utilizando os resumos dos 22 artigos selecionados na Revisão

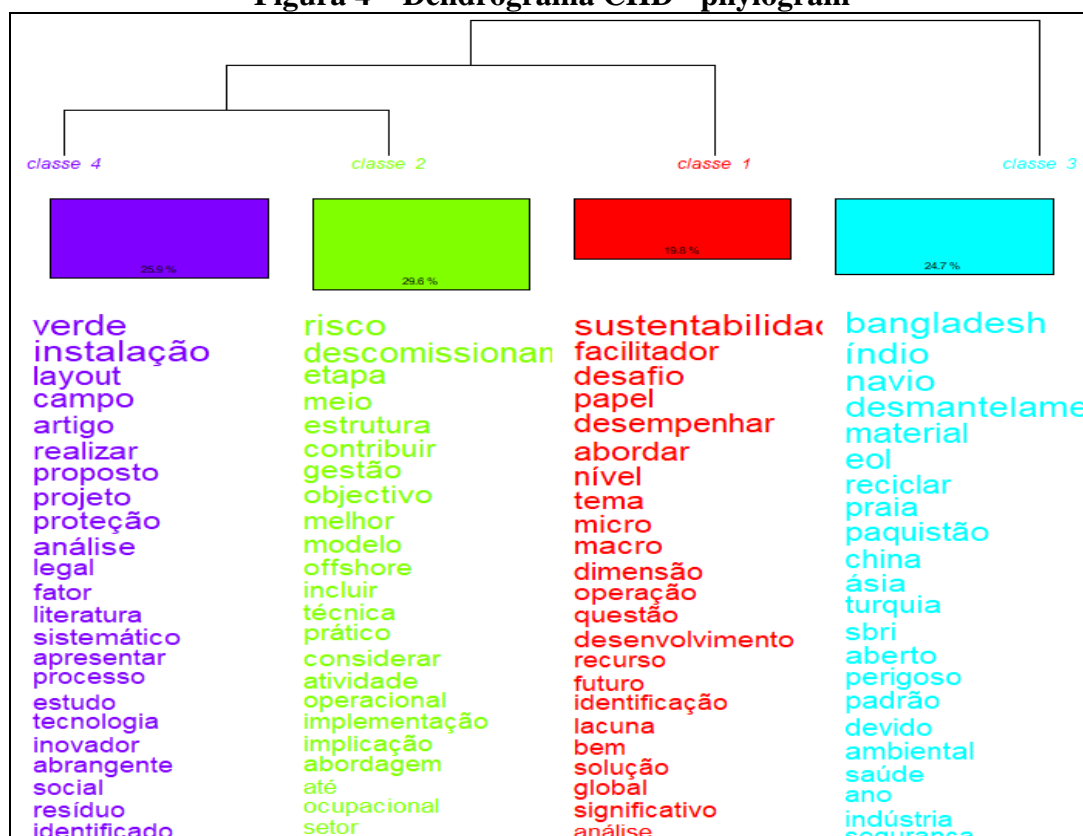


Sistemática da Literatura (RSL). Essas análises têm o objetivo de explorar as relações entre os termos mais recorrentes e suas conexões temáticas, permitindo identificar padrões semânticos relevantes para o campo de estudo. Ferramentas como a análise de classificação hierárquica descendente (CHD), Análise Fatorial de Correspondência (AFC), análise de similitude e geração de nuvens de palavras evidenciam as temáticas centrais e as lacunas existentes na literatura sobre desmantelamento e reciclagem de navios.

Análise de classificação hierárquica descendente (CHD)

A Figura 4 apresenta o dendrograma gerado por meio da Classificação Hierárquica Descendente (CHD), que divide os resumos analisados em quatro classes temáticas principais. Cada classe reflete um agrupamento de palavras e conceitos relacionados, baseados na frequência e associação no corpus textual. Esta análise evidencia as principais abordagens exploradas na literatura.

Figura 4 – Dendrograma CHD - phylogram



Fonte: Elaboração própria

A classificação hierárquica descendente (CHD) identificou quatro classes temáticas principais, agrupando palavras-chave de acordo com suas associações semânticas no corpus textual. Essa

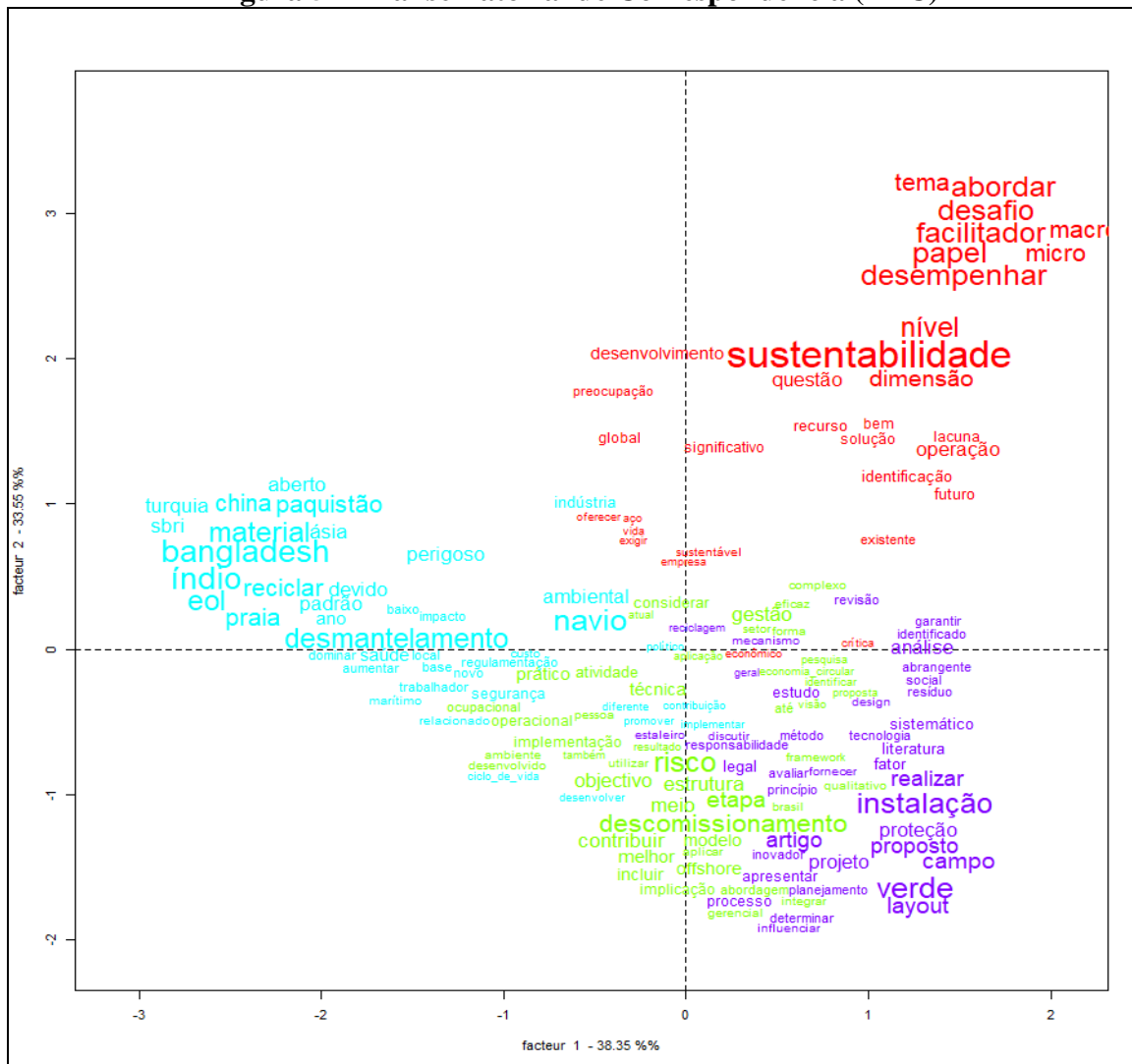


abordagem permite visualizar as prioridades da literatura global enquanto destaca lacunas específicas, como a ausência de estudos aprofundados sobre custos no cenário brasileiro.

Análise Fatorial de Correspondência (AFC)

A aplicação da Análise Fatorial de Correspondência (AFC) destacou os principais agrupamentos semânticos no corpus textual. Os dois primeiros eixos explicam 71,9% da variância total, demonstrando a robustez das categorias identificadas e evidenciando como os temas-chave da literatura estão interligados.

Figura 5 - Análise Fatorial de Correspondência (AFC)



Fonte: Elaboração própria

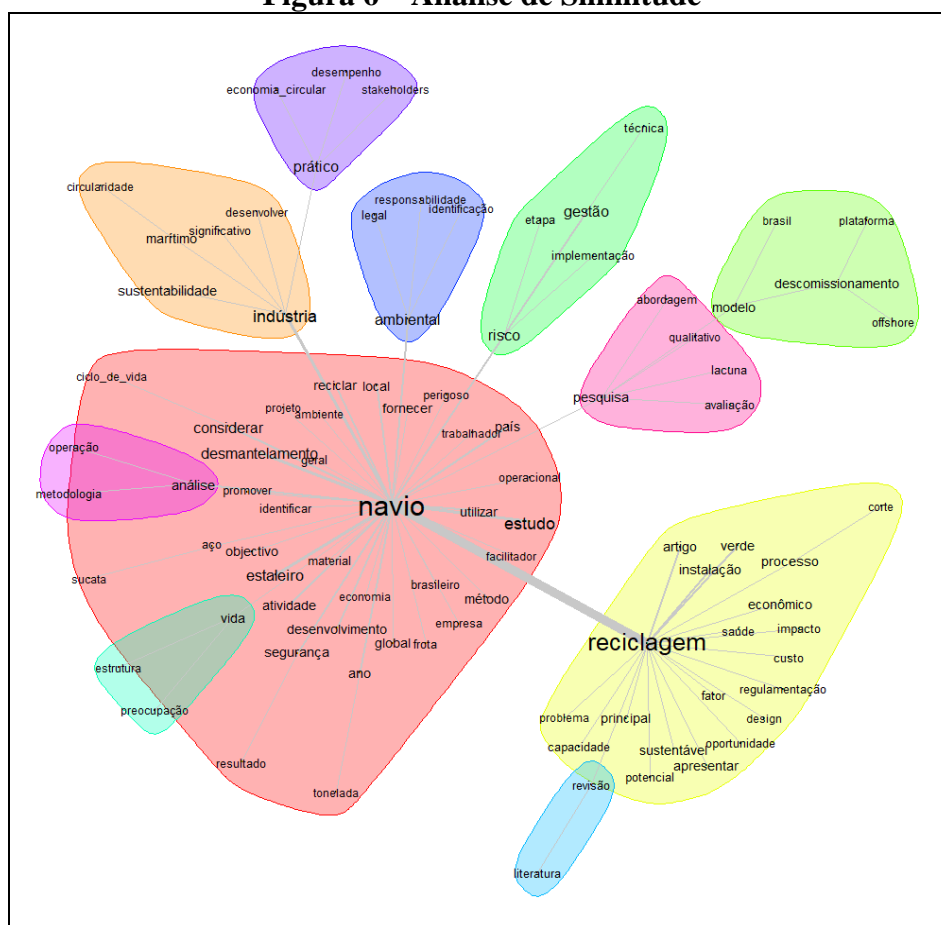


A figura demonstra como os termos mais recorrentes estão distribuídos em relação aos eixos. Enquanto temas como “sustentabilidade” aparecem destacados em um dos quadrantes, o termo “custo” está no quadrante onde as menos citadas se encontram, sugerindo uma lacuna crítica na literatura. Essa análise reforça a necessidade de maior integração entre aspectos econômicos (custos) e sustentabilidade no desmantelamento de navios.

Análise de Similitude

A análise de similitude apresentada na Figura 6 busca identificar as conexões entre os termos mais relevantes presentes nos resumos analisados. Essa técnica permite visualizar como os conceitos principais, como "navio", "reciclagem" e "Indústria", estão agrupados em torno de vários temas. Cada conjunto de palavras relacionadas reflete áreas específicas de interesse na literatura, destacando não apenas os temas mais abordados, mas também as possíveis lacunas em termos de discussão acadêmica.

Figura 6 – Análise de Similitude



Fonte: Elaboração própria



A análise de similitude revela que termos como “navio” e “reciclagem” ocupam posição central na literatura, conectando-se a uma ampla gama de outros temas. No entanto, a palavra custo está ligada somente à palavra reciclagem indicando uma abordagem periférica no tratamento desse componente crítico. Essa lacuna evidencia a necessidade de estudos que incorporem os custos como parte integrante de estratégias para viabilizar economicamente a adaptação dos estaleiros.

Análise de nuvem de palavras

Os estudos analisados mostram um foco em termos como "navio", "reciclagem", “indústria”, “risco”, “estaleiro” e "desmantelamento", demonstrando as principais preocupações da literatura do setor. Entretanto, a palavra "custo" aparece menos proeminente, evidenciando uma lacuna importante nas discussões científicas. Essa ausência é especialmente crítica no contexto brasileiro, onde a adaptação de estaleiros para o desmantelamento e reciclagem ainda enfrenta desafios econômicos consideráveis.

Figura 7 – Nuvem de Palavras criada com base nos resumos dos artigos selecionados



Fonte: Elaboração própria



A inclusão dessa figura no artigo é importante para reforçar a análise sobre a lacuna existente na discussão sobre custos. Ela demonstra que, enquanto os países que já possuem infraestrutura adaptada concentram-se em otimizar processos, o Brasil enfrenta o desafio inicial de viabilizar economicamente essa transição.

A utilização do protocolo PRISMA 2020, aliada a técnicas de metanálise como a análise de similitude e a classificação hierárquica descendente (CHD), é amplamente reconhecida por sua capacidade de identificar padrões e lacunas temáticas incorpora textuais complexos (FERREIRA; LORETO, 2024) e a adoção de tecnologias inovadoras e adaptadas à realidade local, como observado por Caruso *et al.* (2023), é um pilar essencial para a competitividade e sustentabilidade de setores emergentes como o desmantelamento de navios.

Partindo dessas observações, a seção de discussão propõe uma metodologia adaptada ao cenário brasileiro, que aborda os custos de adaptação de estaleiros como elemento essencial para o avanço do setor. Essa abordagem busca alinhar as práticas nacionais às tendências globais, ao mesmo tempo que explora estratégias específicas para superar os desafios impostos pela infraestrutura limitada e pela ausência de políticas públicas robustas no Brasil. Embora práticas sustentáveis e tecnológicas estejam em avanço globalmente, os custos e as adaptações estruturais no Brasil seguem com pouco enfoque na literatura. Nesse contexto, a MGCEDesmant-BR é apresentada como uma solução prática, capaz de integrar sustentabilidade, viabilidade econômica e segurança operacional, preenchendo lacunas críticas e ajudando a promover o desenvolvimento do setor de desmantelamento.

DISCUSSÕES

Metodologia de Gestão de Custos para Estaleiros de Desmantelamento no Brasil

A MGCEDesmant-BR é uma metodologia adaptada especificamente para estimar os custos envolvidos na preparação de estaleiros brasileiros para o desmantelamento de navios e estruturas offshore. Inspirada na metodologia MADesmant-BR (MATA *et al.*, 2024) e enriquecida pelos conceitos apresentados por Zainol *et al.* (2023), a MGCEDesmant-BR oferece um arcabouço estruturado que integra sustentabilidade, eficiência econômica e práticas seguras. Essa metodologia inclui etapas detalhadas que permitem aos estaleiros identificarem, estimarem e planejarem os custos associados a sua adaptação. A abordagem proposta também considera os desafios específicos do cenário brasileiro, promovendo soluções alinhadas às melhores práticas internacionais, enquanto respeita as particularidades locais. Assim, a MGCEDesmant-BR não apenas atende às exigências de



sustentabilidade global, mas também contribui para que os estaleiros brasileiros ganhem competitividade no mercado internacional de desmantelamento.

Figura 8 - Metodologia de Gestão de Custos para Estaleiros de Desmantelamento no Brasil



Fonte: Elaboração própria. Adaptada de Mata *et al.* (2024).

A figura acima apresenta as oito etapas da metodologia MGCEDesmant-BR, que abordam os principais custos e processos necessários para a preparação de um estaleiro no Brasil para o desmantelamento de navios e estruturas offshore. Cada etapa está relacionada a uma categoria específica de custos, detalhada ao longo da seção.

Estrutura dos Custos e Etapas da Metodologia

Para garantir uma adaptação eficiente e sustentável, os custos foram organizados em quatro categorias principais: Infraestrutura, Aquisição de Equipamentos, Capacitação e Treinamentos e Conformidade Ambiental e Legal. Cada uma dessas categorias foi subdividida em itens específicos, detalhados nos quadros a seguir, e alinhados às etapas da metodologia.



Infraestrutura

Os itens de infraestrutura, como construção de rampas de acesso, adaptação de diques secos, instalação de infraestrutura de segurança, criação de áreas de corte e separação e ampliação de áreas de armazenagem, foram associadas as etapas da metodologia para garantir uma operação eficiente e assegurando uma logística organizada.

Quadro 4 - Custos da Categoria Infraestrutura

Item/Descrição	Justificativa	Categoria	Etapa MGCEDesmant-BR
Construção de rampas de acesso e docas	Necessárias para atracar e movimentar navios de grande porte.	Obras Civis	Etapa 3
Adaptação de diques secos	Permite o acesso seguro a diferentes tamanhos de embarcações.	Obras Civis	Etapa 3
Instalação de infraestrutura de segurança	Sistemas de combate a incêndio, iluminação e sinalização.	Equipamentos de Segurança	Etapa 4, 5, 6 e 7
Criação de áreas de corte e separação	Espaço adequado para desmontagem segura de partes.	Obras Civis	Etapa 6 e 7
Ampliação de áreas de armazenagem	Armazenamento temporário de materiais desmontados.	Obras Civis	Etapa 8

Fonte: Elaboração própria.

Aquisição de Equipamentos

A metodologia destaca a importância de equipamentos especializados, como bombas de sucção para resíduos líquidos (Etapa 4), guindastes de alta capacidade (Etapa 5) e sistemas de monitoramento ambiental (Etapas 4, 6, 7 e 8). Esses equipamentos garantem a segurança, a eficiência e a conformidade ambiental das operações. As máquinas de corte a Plasma e oxicorte por serem equipamentos pesados estão inseridos na etapa 7 e os equipamentos de triagem e compactação de materiais que asseguram o preparo dos componentes para reciclagem estão incluídos na etapa 8.

Quadro 5 - Custos da Categoria Aquisição de Equipamentos

Item/Descrição	Justificativa	Categoria	Etapa MGCEDesmant-BR
Bombas de sucção para resíduos líquidos	Garantem a remoção segura de óleos e combustíveis.	Equipamentos de Sucção	Etapa 4
Sistemas de monitoramento ambiental	Controle de emissões e conformidade ambiental.	Equipamentos de Monitoramento	Etapa 4, 6, 7 e 8
Guindastes de alta capacidade	Necessários para a remoção de peças pesadas.	Equipamentos Pesados	Etapa 5
Máquinas de corte a plasma e oxicorte	Equipamentos para desmontagem de partes metálicas.	Equipamentos de Corte	Etapa 7
Equipamentos de triagem e compactação de materiais	Separação e preparação de materiais para reciclagem.	Equipamentos de Reciclagem	Etapa 8

Fonte: Elaboração própria.



Capacitação e Treinamentos

O treinamento da equipe é fundamental para diminuir os riscos inerentes aos desmantelamentos e ao próprio funcionamento dessa indústria. A MGCEDesmant-BR descreve um conjunto de treinamentos para garantir que a equipe esteja apta a lidar com cada fase do processo de desmantelamento, desde o manuseio de resíduos perigosos até a operação de maquinários complexos. Esses treinamentos promovem a conformidade com normas de segurança e ambientais.

Quadro 6 - Custos da Categoria Capacitação e Treinamentos

Tipo de Treinamento	Objetivo	Categoria	Etapa MGCEDesmant-BR
Manuseio de resíduos perigosos	Reduzir riscos de contaminação e acidentes durante a remoção de resíduos.	Treinamento Ambiental	Etapa 4
Conformidade com normas de segurança	Treinamento em procedimentos de segurança e uso de EPIs.	Treinamento de Segurança	Etapa 4, 5,6 e 7
Cursos sobre normas ambientais (ISO 14001)	Assegurar a conformidade com requisitos ambientais internacionais.	Treinamento Ambiental	Etapa 4, 5,6 e 7
Operação de guindastes	Garantir que os operadores possam manusear cargas com segurança.	Treinamento Operacional	Etapa 5
Técnicas de corte a plasma e oxicorte	Capacitar operadores para o uso seguro das novas máquinas de corte.	Treinamento Técnico	Etapa 7

Fonte: Elaboração própria.

Conformidade Ambiental e Legal

Para atender às regulamentações nacionais e internacionais, a metodologia inclui licenciamento ambiental, certificações (como ISO 14001) e auditorias contínuas (Etapas 4, 6, 7 e 8). Além disso, sistemas de tratamento de resíduos e consultorias especializadas são indispensáveis para assegurar que todos os resíduos sejam processados corretamente, minimizando riscos ambientais.

Quadro 7 - Custos da Categoria Conformidade Ambiental e Legal

Item/Descrição	Justificativa	Categoria	Etapa MGCEDesmant-BR
Licenciamento ambiental	Autorização para operar com desmantelamento de navios.	Licenças e Autorizações	Etapa 4, 6, 7 e 8
Certificação ISO 14001	Garante a gestão ambiental de acordo com padrões internacionais.	Certificação Ambiental	Etapa 4, 6, 7 e 8
Auditorias de conformidade	Verificação contínua do cumprimento das normas ambientais.	Auditorias e Verificações	Etapa 4, 6, 7 e 8
Sistemas de tratamento de resíduos	Necessários para garantir que os resíduos sejam tratados antes da destinação.	Equipamentos Ambientais	Etapa 4
Consultoria para adequação às normas	Acompanhamento de especialistas para garantir que o estaleiro cumpra as regulamentações.	Consultoria Especializada	Todas as Etapas

Fonte: Elaboração própria.



A MGCEDesmant-BR representa uma metodologia inovadora, adaptada para os estaleiros brasileiros, que enfrentam desafios como a ausência de infraestrutura adequada e a escassez de apoio governamental. Ao abordar a viabilidade econômica do desmantelamento com foco na sustentabilidade e conformidade com padrões internacionais, essa metodologia oferece uma estrutura prática que categoriza os custos em infraestrutura, aquisição de equipamentos, capacitação e conformidade ambiental.

A MGCEDesmant-BR oferece importantes implicações práticas para a indústria de desmantelamento no Brasil, especialmente ao proporcionar aos estaleiros uma visão clara dos custos e das etapas necessárias para sua transformação em instalações aptas ao desmantelamento sustentável. Com essa metodologia, os estaleiros brasileiros poderão identificar os investimentos mínimos necessários em infraestrutura, equipamentos e capacitação técnica, garantindo uma adaptação eficiente e estratégica. Além disso, ao detalhar as fases do processo, a MGCEDesmant-BR facilita o planejamento e a execução, permitindo que os estaleiros alcancem a conformidade com normas internacionais e atendam à crescente demanda global por práticas sustentáveis. Essa abordagem contribui não apenas para o fortalecimento do setor no Brasil, mas também para posicionar o país como um mercado competitivo e promissor na reciclagem de navios.

Desafios e Recomendações para a Implementação da MGCEDesmant-BR

A MGCEDesmant-BR apresenta uma estrutura que permite às indústrias de desmantelamento compreenderem os custos mínimos necessários para a transformação dos estaleiros e a realização de operações sustentáveis. No entanto, sua implementação enfrenta desafios significativos:

1. **Infraestrutura Deficiente:** Muitos estaleiros brasileiros carecem de infraestrutura básica, como rampas, diques secos e áreas específicas para corte e armazenamento de resíduos, elementos essenciais para atender às exigências da metodologia e garantir competitividade no mercado internacional;
2. **Falta de Mão de Obra Qualificada:** A execução eficiente e segura das operações de desmantelamento requer trabalhadores treinados, especialmente em áreas como manuseio de resíduos perigosos, operação de equipamentos especializados e conformidade ambiental;
3. **Complexidade Regulamentar:** Cumprir os rigorosos padrões ambientais e legais estabelecidos pela MGCEDesmant-BR pode ser um obstáculo para estaleiros menores devido aos custos de licenciamento, auditorias e adequação;
4. **Ausência de Incentivos Econômicos:** Sem subsídios, incentivos fiscais ou apoio governamental, os investimentos necessários para a modernização dos estaleiros tornam-se difíceis de serem realizados, limitando a implementação da metodologia.



Recomendações

A MGCEDesmant-BR pode se tornar uma ferramenta estratégica para transformar os estaleiros brasileiros, fornecendo não apenas uma visão clara dos custos mínimos, mas também garantindo que o setor opere de forma competitiva, sustentável e em conformidade com padrões internacionais. Deste modo, são indicadas as seguintes recomendações:

- Implementar políticas públicas que ofereçam incentivos financeiros e fiscais, permitindo que os estaleiros invistam em práticas sustentáveis alinhadas aos custos mínimos definidos pela MGCEDesmant-BR.
- Promover parcerias entre o setor público e privado para facilitar os investimentos em infraestrutura e programas de capacitação técnica, essenciais para a adaptação dos estaleiros.
- Estabelecer programas de formação profissional em parceria com instituições de ensino, com foco em preparar a força de trabalho para atender às exigências operacionais e ambientais da metodologia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo realizou uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) sobre o desmantelamento e a reciclagem de navios e estruturas offshore, seguindo o protocolo PRISMA, que assegurou rigor metodológico na seleção e análise dos vinte e dois artigos. Além disso, foi conduzida uma metanálise com o uso de ferramentas qualitativas, através do software Iramuteq com a análise de classificação hierárquica descendente (CHD), análise Fatorial de Correspondência (AFC), análises de similitude e análise de nuvem de palavras possibilitando a identificação de padrões temáticos e lacunas na literatura científica. Os resultados destacaram avanços importantes em práticas sustentáveis, gestão de riscos e inovações tecnológicas no setor. Entretanto, foi identificada uma lacuna significativa na abordagem dos custos relacionados à adaptação de estaleiros, especialmente no cenário brasileiro.

Para enfrentar esses desafios, foi desenvolvida a Metodologia de Gestão de Custos para Estaleiros de Desmantelamento no Brasil (MGCEDesmant-BR), baseada na MADesmant-BR de Mata *et al.* (2024) e aprimorada com contribuições recentes da literatura. Essa metodologia integra sustentabilidade, eficiência econômica e segurança operacional, oferecendo soluções práticas adaptadas às necessidades específicas do Brasil.

A aplicação da RSL e da metanálise contribuiu para fundamentar a MGCEDesmant-BR, conectando-a diretamente às lacunas identificadas na literatura. A metodologia proposta não apenas fornece um guia para alinhar os estaleiros brasileiros às melhores práticas internacionais, mas também



oferece um caminho estratégico para consolidar o Brasil como um player relevante no mercado global de desmantelamento sustentável.

Em síntese, este trabalho apresenta uma metodologia que permite aos estaleiros no Brasil realizarem essa transformação de forma estruturada, com uma visão detalhada dos custos básicos necessários. Isso pode abrir oportunidades para buscar subsídios governamentais ou financiamentos. Pesquisas futuras poderão aprofundar a análise de custos específicos, explorar inovações tecnológicas e propor políticas de incentivo que fortaleçam a competitividade do país. Com esses esforços, o Brasil tem o potencial de se consolidar como um centro de excelência em desmantelamento sustentável, aproveitando suas vantagens geográficas e ampliando sua presença no mercado global.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO/IEC31010**: Gestão de riscos — Técnicas para o processo de avaliação de riscos. Rio de Janeiro: ABNT, 2021. Disponível em: <www.abnt.org.br>. Acesso em: 11/10/2024.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO14001**: Sistema de Gestão Ambiental — Requisitos com Orientação para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2015. Disponível em: <www.abnt.org.br>. Acesso em: 11/10/2024.

ANP – Agência Nacional do Petróleo. **Painel Dinâmico de Descomissionamento de Instalações E&P**. Brasília: ANP, 2024. Disponível em: <www.gov.br>. Acesso em: 11/10/2024.

BARUA, S. *et al.* “Environmental hazards associated with open-beach breaking of end-of-life ships: a review”. **Environmental Science and Pollution Research**, vol. 25, 2018.

BRASIL. **Convenção Internacional De Hong Kong Para A Reciclagem Segura E Ambientalmente Adequada De Navios**. Brasília: Marinha Brasileira, 2009. Disponível em: <www.gov.br>. Acesso em: 02/11/2024.

BRASIL. **Projeto de Lei 1584/2021**. Brasília: Câmara dos Deputados, 2021. Disponível em: <www.camara.leg.br>. Acesso em: 02/11/2024.

CARUSO, R. C. *et al.* “Uso da Impressão 3D no Ensino-Aprendizagem: Revisão Sistemática sobre principais problemas encontrados”. **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, vol. 16, n. 47.

CELIK, M. S.; AKYAR, D. A.; CEYLAN, B. O. “Navigating environmental sustainability in ship recycling industry: Integrated SWOT-TOWS-ANP approach”. **Ocean Engineering**, vol. 295, 2024.

DEVAUX, C.; NICOLAÏ, J. P. “Designing an EU Ship Recycling License: A Roadmap”. **Marine Policy**, vol. 117, 2020.

DEY, A. *et al.* “Sustainability challenges and enablers in resource recovery industries: A systematic review of the ship-recycling studies and future directions”. **Journal of Cleaner Production**, vol. 329, 2021.



FERREIRA, T. M. A.; LORETO, M. D. S. “Judicialização do cuidado da pessoa idosa e implicações nas suas redes sociais: revisão sistemática e metanálise”. **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, vol. 18, n. 53, 2024.

GUNBEYAZ, S. A.; KURT, R. E.; TURAN, O. “Investigation of different cutting technologies in a ship recycling yard with simulation approach”. **Ships and Offshore Structures**, vol. 17, n. 3, 2022.

HSUAN, J.; PARISI, C. “Mapping the supply chain of ship recycling”. **Marine Policy**, vol. 118, 2020.

IMO - International Maritime Organization. **Convenção Internacional de Hong Kong para a Reciclagem Segura e Ambientalmente Adequada de Navios**. Londres: IMO, 2013. Disponível em: <www.imo.org>. Acesso em: 11/10/2024.

MANNAN, B.; RIZVI, M. J.; DAI, Y. M. “Ship recycling in developing economies of South Asia: Changing liability to a commodity”. **Green Technologies and Sustainability**, vol. 2, n. 2, 2024.

MATA, E. K. *et al.* “Identification of Risk Management Techniques for Use in Dismantling Ships and Offshore Structures”. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, vol. 18, n. 10, 2024.

MENTES, A. “Risk analysis of on field and on-board activities and resilience investigation of Izmir Aliaga Ship Recycling Facilities”. **Ocean Engineering**, vol. 287, 2023.

MOUSSA, A. A. *et al.* “Development and research directions in ship recycling: A systematic literature review with bibliometric analysis”. **Marine Pollution Bulletin**, vol. 201, 2024.

OCAMPO, E. S.; PEREIRA, N. N. “Can ship recycling be a sustainable activity practiced in Brazil?” **Journal of Cleaner Production**, vol. 224, 2019.

OIT – Organização Internacional do Trabalho. “Normas”. **OIT** [2024]. Disponível em: <www.oit.org>. Acesso em: 02/11/2024.

OKUMUS, D.; ANDREWS, E.; GUNBEYAZ, S. A. “Developing circularity metrics for the maritime industry: A stakeholder focused study”. **Ocean Engineering**, vol. 312, 2024.

OZTURKOGLU, Y. *et al.* “A sustainable and preventative risk management model for ship recycling industry”. **Journal of Cleaner Production**, vol. 238, 2019.

PAGE, M. J. *et al.* “The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews”. **BMJ**, vol. 372, 2021.

SAMSUDIN, M. S. *et al.* “Design of Green Ship Recycling Yards: A Review.” **Advanced Structured Materials**, vol. 162, 2022.

SÁNCHEZ, E.; PEREIRA, N. N. “Can ship recycling increase the Brazilian scrap capacity?” **Independent Journal of Management and Production**, vol. 10, n. 6, 2019.

SANTOS, S. E. M. *et al.* “Offshore Structure Decommissioning Model: A Proposal Based on Costs and Risk Management in Brazil”. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, vol. 18, n. 8, 2024.

SENAVIRATHNA, G. R. U.; GALAPPATHTHI, U. I. K.; RANJAN, M. T. T. “A review of end-life management options for marine structures: State of the art, industrial voids, research gaps and strategies for sustainability”. **Cleaner Engineering and Technology**, vol. 8, 2022.



STEUER, B.; STAUDNER, M.; RAMUSCH, R. “Role and potential of the circular economy in managing end-of-life ships in China”. **Resources, Conservation and Recycling**, vol. 164, 2021.

SUNARYO, S.; INDIANTO, A. F. “Environmentally friendly ship recycling yard design for general cargo ship up to 30.000 DWT and shipsets: Tug and barge”. **AIP Conference Proceedings**, vol. 2227, 2020.

TANHA, M. *et al.* “Shipbreaking in Bangladesh: Organizational responses, ethics, and varieties of employee safety”. **Journal of Safety Research**, vol. 80, 2022.

TOLA, F.; MOSCONI, E. M.; GIANVINCENZI, M. “Demolition of the European ships fleet: A scenario analysis”. **Marine Policy**, vol. 166, 2024.

ZAINOL, I. *et al.* “Integrating Ship Recycling Facility into Existing Shipyard: A Study of Malaysian Shipyard”. **Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology**, vol. 32, n. 3, 2023.

ZHOU, Q. *et al.* “Factors influencing green ship recycling: A conceptual framework and modeling”. **Journal of Cleaner Production**, vol. 322, 2021.



BOLETIM DE CONJUNTURA (BOCA)

Ano VI | Volume 20 | Nº 58 | Boa Vista | 2024

<http://www.ioles.com.br/boca>

Editor chefe:

Elói Martins Senhoras

Conselho Editorial

Antonio Ozai da Silva, Universidade Estadual de Maringá

Vitor Stuart Gabriel de Pieri, Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Charles Pennaforte, Universidade Federal de Pelotas

Elói Martins Senhoras, Universidade Federal de Roraima

Julio Burdman, Universidad de Buenos Aires, Argentina

Patrícia Nasser de Carvalho, Universidade Federal de Minas Gerais

Conselho Científico

Claudete de Castro Silva Vitte, Universidade Estadual de Campinas

Fabiano de Araújo Moreira, Universidade de São Paulo

Flávia Carolina de Resende Fagundes, Universidade Feevale

Hudson do Vale de Oliveira, Instituto Federal de Roraima

Laodicéia Amorim Weersma, Universidade de Fortaleza

Marcos Antônio Fávaro Martins, Universidade Paulista

Marcos Leandro Mondardo, Universidade Federal da Grande Dourados

Reinaldo Miranda de Sá Teles, Universidade de São Paulo

Rozane Pereira Ignácio, Universidade Estadual de Roraima