



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

EDUARDO MASSEY LIMA MENEZES

**IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS RECOMENDADAS PARA DESLASTRO EM CASOS
ESPECIAIS: UMA PROPOSTA DE APLICAÇÃO À ÁREA PORTUÁRIA DO
LITORAL CEARENSE.**

FORTALEZA

2022

EDUARDO MASSEY LIMA MENEZES

IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS RECOMENDADAS PARA DESLASTRO EM CASOS
ESPECIAIS: UMA PROPOSTA DE APLICAÇÃO À ÁREA PORTUÁRIA DO LITORAL
CEARENSE.

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Ciências do Mar – Labomar, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Ambientais.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Janaina Melo Oliveira.

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- M51i Menezes, Eduardo Massey Lima.
IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS RECOMENDADAS PARA DESLASTRO EM CASOS ESPECIAIS:
UMA PROPOSTA DE APLICAÇÃO À ÁREA PORTUÁRIA DO LITORAL CEARENSE. / Eduardo Massey
Lima Menezes. – 2022.
67 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do
Mar, Curso de Ciências Ambientais, Fortaleza, 2022.
Orientação: Profa. Dra. Janaina Melo Oliveira.
1. Água de lastro. 2. Bioinvasão. 3. Segurança ambiental e sanitária. 4. Modelo hidrodinâmico. 5.
Geoprocessamento. I. Título.

CDD 333.7

À minha família e amigos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a mim, pelas noites sem dormir, as saídas negadas (nem todas), o interesse em sair da minha zona de conforto e aprender algo que eu não tinha visto anteriormente. Sem mim, literalmente nada teria sido feito.

À minha família, principalmente minha mãe, Malena de Oliveira e meus irmãos, Ed Massey, Ana Iris e João Marcos, por sempre me apoiarem nas minhas decisões, me incentivarem a estudar e me aperfeiçoar cada vez mais. Sem vocês, nada disso seria possível.

À minha orientadora, Janaina Melo Oliveira, que me adotou como orientando no meio do caminho, e me orientou com comprometimento, me ajudando e dando bronca sempre que preciso. Sem você, esse estudo não teria sido concluído.

À minha banca, o melhor professor de geotecnologias, Marcus Vinícius, e meu supervisor de estágio, especialista em todos os assuntos, Raimundo José, por serem pessoas que me proporcionaram experiências na área, me possibilitaram oportunidade crescimento e foram essenciais no meu desenvolvimento acadêmico e profissional. Sem vocês, eu não teria chegado aonde estou.

Aos professores, Gbekpo Aubains, Pedro Calixto, Carlos Teixeira e ao colega de curso Caio Erick, que me suportaram fazendo milhares de perguntas e me guiaram para executar etapas fundamentais do meu estudo. Sem vocês, eu teria demorado anos para elaborar essa análise.

Aos meus parceiros e amigos de trabalho, Saulo Furtado e Marília Cardoso, que me tiraram dúvidas dentro e fora do expediente e colaboraram para um agregamento maior de conhecimento sobre o assunto. Sem vocês, eu não teria me aprofundado na temática e provavelmente teria desistido antes de tentar. E Yarlisson Nascimento, Mikael Martins, Mariah Diógenes, Sara Cordeiro, Denis Marques e Kali Ribeiro, por me fazerem companhia, me ajudarem a desopilar e tornarem meu dia mais leve. Sem vocês, eu já teria endoidado há meses.

Às minhas amigas de graduação, Evila Ferreira, Jéssica Mirella, Maria Helena, Noely Viana e Lucia Alencar por todo o apoio em altos e baixos desses anos, todas as risadas e momentos que influenciaram diretamente na minha permanência na universidade. Sem vocês eu já teria chutado o balde.

E ao meu amigo de ArcGis, Thiago Farias, por me ajudar e dar várias dicas sobre SIG. Sem você, meus mapas seriam péssimos e provavelmente eu iria esquecer de colocar até as coordenadas.

“É, pode ser que a maré não vire
Pode ser do vento vir contra o cais
E se já não sinto os teus sinais
Pode ser da vida acostumar”
(LOS HERMANOS, 2005).

RESUMO

É de ciência que a água de lastro apresenta uma ameaça à biodiversidade local, causando desequilíbrio no ecossistema devido a possível troca de organismos que são levados, de forma voluntária ou involuntariamente, de seu habitat natural para outra região. A água de lastro é de suma importância para a estabilidade do navio, sendo elemento fundamental para a continuidade do comércio marítimo. Nessa perspectiva, o objetivo geral do trabalho se configura em realizar uma simulação de deslastro e elaborar mapas temáticos com a utilização de Sistemas de Informações Geográficas - SIG, para determinar áreas recomendadas para deslastro no litoral cearense, mais precisamente nas regiões próximas aos portos de Fortaleza, Pecém, Paracuru e município de Caucaia, de forma que não apresente ameaça de bioinvasão, seguindo os parâmetros da Organização Marítima Internacional (IMO), para casos especiais em que a embarcação deve deslastar em distância mínima de 50 milhas náuticas da costa e em águas de pelo menos 200 metros de profundidade. Foi realizada uma simulação de deslastro utilizando linguagem Python e o modelo hidrodinâmico OpenDrift, obtida a distância percorrida numa duração de 2 dias, equivalente a 146,52 km da costa, assim tendo base para gerar proximidades com áreas urbanas, unidades de conservação e manguezais, e posteriormente suas zonas de risco e áreas susceptíveis a bioinvasão, por fim o mapa de resultado final indica que as áreas recomendadas para processos de deslastro em casos especiais, de forma que não apresente potencial risco, se localiza a partir de 98,2 milhas náuticas da costa.

Palavras-chave: Água de lastro. Bioinvasão. Segurança ambiental e sanitária. Modelo hidrodinâmico.

ABSTRACT

It is aware that ballast water poses a threat to local biodiversity, causing an imbalance in the ecosystem due to the possible exchange of organisms that are taken, voluntarily or involuntarily, from their natural habitat to another region. Ballast water is of paramount importance for the stability of the ship, being a fundamental element for the continuity of maritime trade. In this perspective, the general objective of the work is to perform a deballasting simulation and to elaborate thematic maps with the use of Geographic Information Systems - GIS, to determine recommended areas for deballasting on the coast of Ceará, more precisely in the regions close to the ports of Fortaleza, Pecém, Paracuru and the municipality of Caucaia, so that it does not present a threat of bioinvasion, following the parameters of the International Maritime Organization (IMO), for special cases in which the vessel must de-ballast at a minimum distance of 50 nautical miles from the coast and in at least 200 meters deep. A deballast simulation was performed using Python language and the OpenDrift hydrodynamic model, obtained the distance traveled in a duration of 2 days, equivalent to 146.52 km from the coast, thus having a basis to generate proximity to urban areas, conservation units and mangroves, and later its risk zones and areas susceptible to bioinvasion, finally the final result map indicates that the areas recommended for deballast processes in special cases, in a way that does not present potential risk, are located from 98.2 nautical miles from the coast.

Palavras-chave: Ballast water. Bioinvasion. Environmental and health safety. Hydrodynamic model.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Planos de simetria do casco.	22
Figura 2: Plano de flutuação	23
Figura 3: Secções transversais nivelada e inclinada do navio.	24
Figura 4: Sistema da troca de água de lastro.	28
Figura 5: Distribuição do mexilhão-dourado.....	29
Figura 6: Mexilhões dourados se proliferam em estruturas metálicas submersas da usina de Itaipu.....	30
Figura 7: Mexilhões-dourados na usina Sobradinho (BA).....	31
Figura 8: Uma colônia de mexilhões-zebra aglomerada em uma pedreira inundada em Leicestershire, Reino Unido.	32
Figura 9: Portos e países-piloto escolhidos pelo Programa GloBallast.....	38
Figura 10: Fluxograma dos processos técnicos para produção do mapa de áreas recomendadas para deslastro na orla de Fortaleza.	45
Figura 11: Simulação de trajeto de partículas entre 15 e 17 de agosto de 2019.....	51

LISTA DE MAPAS

Mapa 1: Diretrizes de distância e profundidade estabelecidas pela IMO.....	17
Mapa 2: Delimitação da área de estudo.....	42
Mapa 3: Proximidades individuais de 146,52 km de áreas urbanas, unidades de conservação e manguezais.	52
Mapa 4: Proximidades sobrepostas de 146,52 km de áreas urbanas, unidades de conservação e manguezais.	53
Mapa 5: Zonas de riscos individuais de áreas urbanas, unidades de conservação e manguezais.	55
Mapa 6: Zonas de riscos sobrepostas de áreas urbanas, unidades de conservação e manguezais.	56
Mapa 7: Áreas susceptíveis a bioinvasão marinha.	57
Mapa 8: Áreas recomendadas para deslastro em casos especiais.....	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Relação de dados obtidos	46
Quadro 2: Classificações de risco.....	49
Quadro 3: Critérios adotados para classificação de potencial risco de bioinvasão.	50
Quadro 4: Unidades de conservação dentro do raio de 5 km da costa nos municípios da área de estudo e circundantes.....	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AJB	Águas Jurisdicionais Brasileiras
ANTAQ	Agência Nacional de Transportes Aquaviários
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AR	A ré
AV	A vante
BB	Bombordo
BE	Boreste
BWM	Ballast Water Management
CDC	Companhia Docas do Ceará
CG	Centro de gravidade
CMEMS	Copernicus Marine Service
CPP	Complexo do Porto do Pecém
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
F	Flutuação
FTN	Força-tarefa Nacional
GEF	Global Environment Facility
GERCOM	Gerência do Projeto de Gestão Integrada dos Ambientes Costeiro e Marinho
GLOBALLAST	Global Ballast Water Management
GM	Altura metacêntrica
GROLYS	Global Ocean Physics Reanalysis
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMO	International Maritime Organization
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
L	Linha d'água
M	Metacentro
MARPOL	Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios
MEPC	Marine Environment Protection Committee
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MN	Meia-nau
MSC	Comitê de Segurança Marítima

MTPA	Ministério dos Transportes Portos e Aviação Civil
NORMAM	Normas da Autoridade Marítima
OMM	Organização Meteorológica Mundial
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SQA	Secretaria de Qualidade Ambiental em Assentamentos Humanos
UC	Unidades de Conservação
USP	Universidade de São Paulo
UV	Radiação ultravioleta
WSSV	White Spot Syndrome Virus
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 OBJETIVOS	19
3 REFERENCIAL TEÓRICO	20
3.1 Lastro	20
<i>3.1.1 Importância da utilização de água de lastro nas embarcações</i>	<i>21</i>
<i>3.1.1.1 Variáveis de inclinação, afundamento ou suspensão</i>	<i>21</i>
<i>3.1.1.2 Controle dos esforços estruturais de estabilidade</i>	<i>23</i>
<i>3.1.2 Transporte voluntário.....</i>	<i>24</i>
<i>3.1.3 Transporte involuntário.....</i>	<i>26</i>
<i>3.1.4 Principais métodos de troca da água de lastro</i>	<i>27</i>
3.2 Impactos ambientais advindos da água de lastro	28
<i>3.2.1 Invasores devido à água de lastro</i>	<i>29</i>
<i>3.2.1.1 Mexilhão-dourado</i>	<i>29</i>
<i>3.2.1.2 Mexilhão-zebra.....</i>	<i>31</i>
<i>3.2.1.3 Cólera.....</i>	<i>32</i>
<i>3.2.1.4 Salmonella</i>	<i>33</i>
<i>3.2.1.5 Siri Índico-Pacífico.....</i>	<i>33</i>
3.3 Legislação pertinente à água de lastro.....	34
<i>3.3.1 Resoluções iniciais da Organização Marítima Internacional</i>	<i>34</i>
<i>3.3.2 Convenção Internacional para Controle da Água de Lastro de Navios de 200435</i>	
<i>3.3.3 Norma da Autoridade Marítima Brasileira para o Gerenciamento da Água de Lastro</i>	
<i>.....</i>	<i>36</i>
3.4 GloBallast	38
3.5 Sistemas de Informações Geográficas	40
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	41
4.1 Delimitação da área de estudo.....	41

<i>4.1.1 Porto de Fortaleza</i>	42
<i>4.1.2 Porto do Pecém</i>	43
<i>4.1.3 Porto de Paracuru</i>	43
<i>4.1.4 Caucaia</i>	44
4.2 Metodologia adotada	44
<i>4.2.1 Levantamento bibliográfico</i>	46
<i>4.2.2 Coleta de dados e base cartográfica</i>	46
<i>4.2.3 Simulação de deslastro</i>	47
<i>4.2.4 Procedimentos e mapeamento temático</i>	48
<i>4.2.3.1 Localização</i>	48
<i>4.2.3.2 Parâmetros estabelecidos pela IMO em casos especiais</i>	48
<i>4.2.3.3 Simulação de deslastro</i>	49
<i>4.2.3.4 Proximidade com áreas urbanas, unidades de conservação e manguezais</i>	49
<i>4.2.3.5 Zonas de risco</i>	49
<i>4.2.3.6 Áreas susceptíveis à bioinvasão</i>	50
<i>4.2.3.7 Áreas recomendadas para deslastro</i>	50
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	51
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	60
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
REFERÊNCIAS	62

1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história, desde os fenícios, primeiros exploradores marítimos, seja por fins de colonização, exploração, construção de frotas mercantes e estabelecimento de rotas marítimas, o mar sempre exerceu influência sobre os povos, sendo o transporte marítimo considerado a maior forma de comércio existente.

A questão da poluição do mar causada pelo transporte marítimo tem sido debatida de forma mais intensa desde a intensificação do intercâmbio comercial no final do século XX (GOLDBERG, 1995).

Durante os procedimentos de lastro e deslastro, ocorre a transferência de uma localidade para outra de contaminantes e espécies de seres vivos, que incluem desde vírus e bactérias até invertebrados, a uma taxa de três a cinco bilhões de toneladas de água de lastro a cada ano (POLLARD; HUTCHINGS, 1990).

Juntamente com as fontes terrestres de poluição marinha, exploração excessiva dos recursos biológicos do mar e alteração do habitat marinho, a Organização Marítima Internacional, ou *International Maritime Organization* (IMO) identificou a introdução de espécies aquáticas exóticas em diferentes ecossistemas, por meio da água do lastro dos navios e por incrustação no casco como uma das quatro maiores ameaças aos oceanos do mundo.

Apesar da poluição e derramamentos de óleo serem potenciais, há formas de contenção e recuperação de danos, mas os efeitos causados por organismos marinhos exóticos invasores são muitas vezes irreversíveis.

Isso desencadeou o tema da propagação de doenças epidêmicas, como a cólera, e ao surgimento de novas doenças epidêmicas associadas ao transporte de microrganismos na água de lastro.

O risco epidemiológico e ambiental associado ao deslastro inadequado tornou-se uma fonte de preocupação crescente. Assim como os poluentes químicos, as espécies exóticas invasoras são consideradas ameaças biológicas pela ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2003), o que faz com que muitos países estejam cada vez mais voltados para uma forma mensurável e antecipada de detecção dos riscos envolvidos.

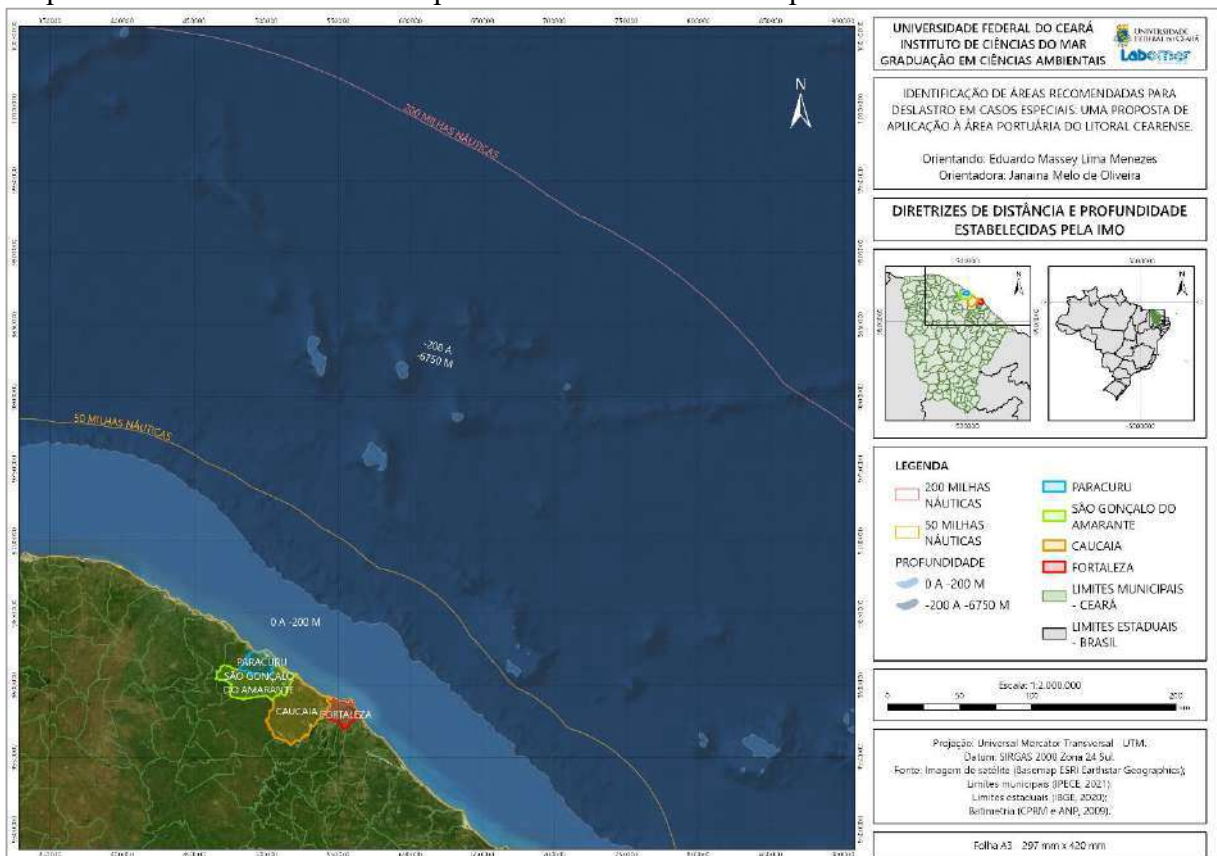
Nesse contexto, a Convenção Internacional para Controle e Gerenciamento da Água de Lastro e Sedimentos de Navios, originalmente *Ballast Water Management Convention* (BWM), adotada em Conferência Diplomática pela IMO em fevereiro de 2004, é um fato significativo na gestão ambiental na história recente (BWM, 2004).

Conforme adaptação da Secretaria Geral da Presidência da República (2022):

A Convenção BWM tem como objetivo prevenir, minimizar e eliminar os riscos de introdução de organismos aquáticos nocivos e agentes patogênicos no meio ambiente aquático, em razão do descarte desregrado de sedimentos e de água de lastro dos navios. A Convenção estabelece regras para que os navios em operação adotem práticas seguras e eficientes, com sistema de tratamento de água a bordo.

Sobre o controle e gestão da água de lastro e sedimentos dos navios no transporte marítimo, a Convenção BWM (2004) exige que a troca do conteúdo dos tanques de água de lastro seja realizada em águas oceânicas, a 200 milhas náuticas da costa e em águas com pelo menos 200 metros de profundidade. Em outros casos especiais, quando o navio é pego em uma emergência e a navegabilidade do navio ou a segurança da tripulação estão em jogo, na medida do possível, a distância para deslastro deve ser de pelo menos 50 milhas náuticas, sem apresentar qualquer impacto ou risco para a saúde humana ou ao ecossistema.

Mapa 1: Diretrizes de distância e profundidade estabelecidas pela IMO.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

A Regulação B-4 da Convenção BWM assegura que:

Um navio conduzindo a troca de água de lastro não será obrigado a cumprir os parágrafos 1 ou 2, conforme apropriado, se o comandante razoavelmente decidir que tal troca ameaçaria a segurança ou estabilidade do navio, sua tripulação ou seus passageiros devido a condições meteorológicas adversas, projeto ou estresse do navio, falha de equipamento ou qualquer outra condição extraordinária (BWM, 2004, tradução nossa)

Com seus aproximadamente 7.500 km de litoral (SHORT; KLEIN, 2016) e o fato de o Brasil ser parceiro econômico de países ao redor do mundo com seus portos marítimos em constante movimento e intensos, mantendo proximidade com os mercados da América do Norte e Europa, permitindo o atendimento a empresas de navegação com linhas regulares destinadas a portos dos Estados Unidos, Canadá, América Central, Caribe, Europa, África e países do Mercosul, além de itinerários para os demais portos brasileiros através da navegação de cabotagem (CDC, [202-]), o Brasil é um país exposto a diversos riscos ambientais possíveis causados pelo deslastro de navios mercantes, sendo o mais conhecido, o caso da espécie *Limnoperna fortunei*, popularmente conhecida como mexilhão dourado, um molusco bivalve, encontrado geralmente fixado a substratos duros, naturais ou artificiais (CARMO, 2008).

Reduzindo as barreiras criadas pela história geológica e biológica da Terra entre os diferentes ecossistemas, a água de lastro aumenta a homogeneidade de plantas e animais em todo o mundo. De acordo com o ministro Pedro Brito, da Secretaria Especial de Portos da Presidência da República, 95% do comércio exterior do Brasil é marítimo (CPP, 2009), o que apresenta uma situação ainda mais delicada para o país devido sua vasta orla costeira.

Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho é a utilização de uma metodologia baseada em geoprocessamento para identificar áreas recomendadas para deslastro de navios em circunstâncias especiais priorizando a segurança do ecossistema local e a sua própria segurança, conforme previsto na Regulação B-4, §4 da Convenção BWM, tendo a região portuária do litoral do estado do Ceará, Brasil, como área de estudo.

Assim, este estudo pode ser visto como um esforço para preparar funcionários do governo brasileiro para lidar com a perspectiva de Sistema de Informações Geográficas (SIG) no controle e gestão de água de lastro e sedimentos de navios, considerando que o Brasil promulgou, por meio do decreto nº10.980, de 25 de fev. de 2022, a Convenção Internacional para Controle e Gerenciamento da Água de Lastro e Sedimentos de Navios (Convenção BWM) no ordenamento jurídico brasileiro, contribuindo para maior segurança ambiental na navegação marítima no país.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho se configura em identificar, com a utilização de geoprocessamento e SIG, áreas recomendadas para deslastro em circunstâncias especiais na região portuária do litoral cearense (Portos de Fortaleza, Pecém e Paracuru, bem como na orla do município de Caucaia) considerando vulnerabilidade ambiental e sanitária.

Tendo isso em vista, os objetivos específicos são:

Realizar simulação de deslastro em ponto de interseção dos parâmetros de 50 milhas náuticas da costa e em águas de pelo menos 200 metros de profundidade, estabelecidas pela IMO;

Identificar zonas de risco e áreas susceptíveis a bioinvasão considerando áreas urbanas, unidades de conservação e manguezais;

Identificar áreas recomendadas para deslastro em circunstâncias especiais na área portuária do litoral cearense.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

A fim de possibilitar maior contextualização acerca do tema, o presente tópico aborda assuntos como: lastro, bioinvasão, legislação pertinente à água de lastro, GloBallast e SIG, essenciais para o entendimento da temática proposta.

3.1 Lastro

A tecnologia essencial para que aconteça a circulação segura das embarcações é o carregamento de lastro, que consiste na obtenção de peso a bordo, para melhorar a estabilidade, aumentar seu calado, ajudar na propulsão e manobras, e manter a segurança estrutural da construção naval em padrões aceitáveis (BRANCH, 1995).

Segundo Collyer (2007), até meados do século XIX, o lastro dos navios eram sólidos, formados por pedras, areia, terra e metais, porém, a partir de 1880, as águas dos mares, lagos e rios passaram a ser utilizados como lastro e posteriormente devolvidos ao corpo hídrico, sendo utilizado na maioria dos navios desde a Segunda Guerra Mundial, transferindo microrganismos e espécies exóticas de uma localidade a outra, o que apresenta ameaça de instabilidade do ecossistema, onde a espécie transportada tem a possibilidade de se desenvolver, se estabelecer na região e ocasionar relações ecológicas desarmônicas como competição, amensalismo, predatismo e parasitismo (CERQUEIRA; FERREIRA, 2017).

- Lastro sólido

Sua disponibilidade não era garantida, seu uso era mais caro, necessitava de arrumação e amarração, o tempo de carregamento e descarregamento era mais longo, não possibilitava o reuso, necessitava de carregadores e guindastes, causava instabilidade no momento de manobras e deslastro e sempre havia material residual no fundo dos tanques (NOGUEIRA, 2013).

- Lastro líquido

Facilidade de manuseio, disposição integral, material gratuito com possibilidade de reuso, fácil distribuição nos tanques e rapidez de carga e descarga por meio de bombas (NOGUEIRA, 2013).

3.1.1 Importância da utilização de água de lastro nas embarcações

Conforme adaptação feita por Carmo da definição do Comitê de Proteção ao Ambiente Marinho (MEPC 52/2) da IMO, a água de lastro é definida como:

água com material em suspensão, carregada a bordo do navio para controlar trim (inclinação do navio na direção proa-popa, ou a diferença entre o calado da proa e o calado de ré), adernamento (inclinação do navio no sentido transversal), calado (distância em metros, da superfície do mar à quilha do navio, junto ao costado), estabilidade ou tensões de um navio (esforços nas cavernas, longarinas e chapas). (CARMO, 2008, p. 24)

Dessa forma, a água de lastro passou a exercer papel indispensável no controle operacional da construção naval, mantendo parâmetros estruturais e de navegabilidade individuais de cada embarcação, sendo no controle de variáveis de inclinação, afundamento, suspensão, propulsão, equilíbrio e variações do peso.

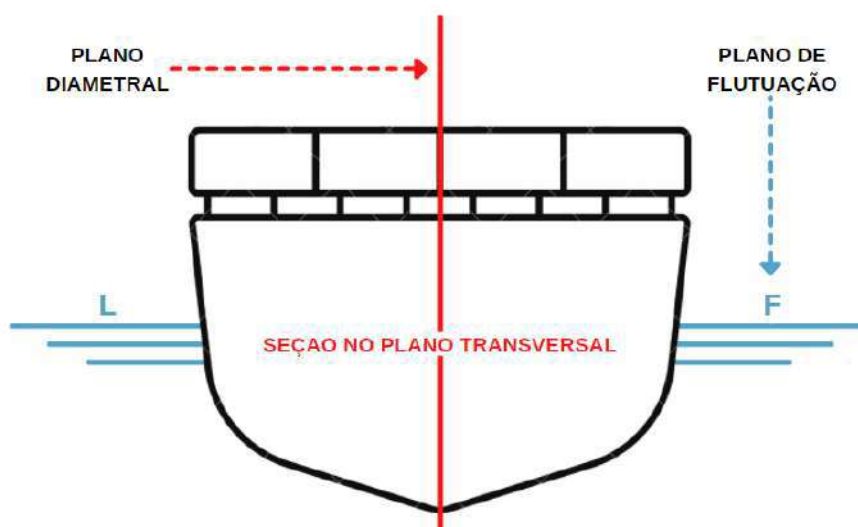
3.1.1.1 Variáveis de inclinação, afundamento ou suspensão

A geometria de um navio é caracterizada por um plano de simetria no casco, esse plano é chamado de plano diametral ou longitudinal e passa pela quilha. Quando o navio está aprumado, o plano diametral é perpendicular ao plano da superfície da água, chamado plano de flutuação. O plano transversal é o plano perpendicular aos planos diamétrico e flutuante (FONSECA, 2005).

Os termos proa, popa e meia-nau não (MN) definem uma parte específica do casco, mas sim uma área de tamanho indefinido. Em seu significado original, meia-nau refere-se à parte equidistante das laterais do navio, ou seja, a parte do casco que está próxima ao plano diametral (FONSECA, 2005).

A proa é a extremidade dianteira do rumo normal do navio, que geralmente tem a forma adequada para dividir o mar com mais facilidade; já a popa é a extremidade traseira do navio, que possui forma externa adequada para facilitar a passagem dos filetes líquidos que preencherão os vazios criados pelo navio durante sua movimentação, dessa forma, fazendo com que as ações de hélice e leme mais eficientes (CARMO, 2008).

Figura 1: Planos de simetria do casco.



Fonte: Adaptado pelo autor, de Fonseca (2005), 2022.

Para controlar as variáveis de inclinação, é necessário controlar o trim, que é a medida de inclinação, ou seja, a diferença entre os calados a vante (AV) e à ré (AR), respectivamente na proa e na popa. Basicamente, o trim é inclinação para uma das extremidades, em que ele terá trim pela proa quando estiver inclinado para a frente e trim pela popa quando inclinado para trás (FONSECA, 2005).

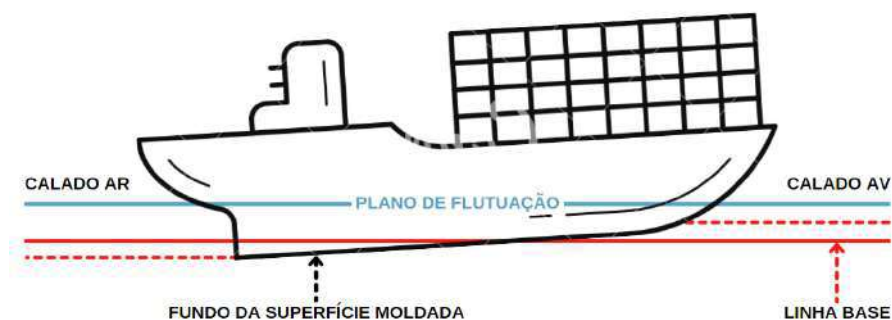
Além do trim, também é necessário controlar o adernamento, que é a inclinação para um dos bordos, dividido pelo plano diametral, onde boreste (BE) se refere à direita e bombordo (BB) à esquerda, considerando que o ponto referencial do observador seja olhando para a proa. O adernamento é medido em graus e para seu controle é preciso aprumar, ou seja, trazê-lo à posição de flutuação (FONSECA, 2005).

Para controlar as variáveis de afundamento ou suspensão do navio, é necessário controlar o calado, que é a distância vertical entre a parte mais baixa do navio e a superfície da água, podendo ser calado AV, AR ou MN (FONSECA, 2005).

Normalmente é medido o calado AV e AR, em que, quando ambos são convergentes, ou seja, ambos estão no mesmo nível, paralelos ao plano de flutuação, o navio está nivelado ou em quilha paralela. E quando os calados se divergem ao plano de flutuação, eles estão adernados ou têm trim (FONSECA, 2005).

O calado de MN é medido no comprimento entre as perpendiculares de meia-nau, que nem sempre corresponde ao calado médio, média aritmética dos calados medidos nas perpendiculares AV e AR (FONSECA, 2005).

Figura 2: Plano de flutuação



Fonte: Adaptado pelo autor, de Fonseca (2005), 2022.

Visto isso, normalmente os navios possuem tanques de água de lastro para corrigir suas variáveis de inclinação, afundamento ou suspensão, geralmente em AV, AR, BE e BB para ajustar o adernamento.

3.1.1.2 Controle dos esforços estruturais de estabilidade

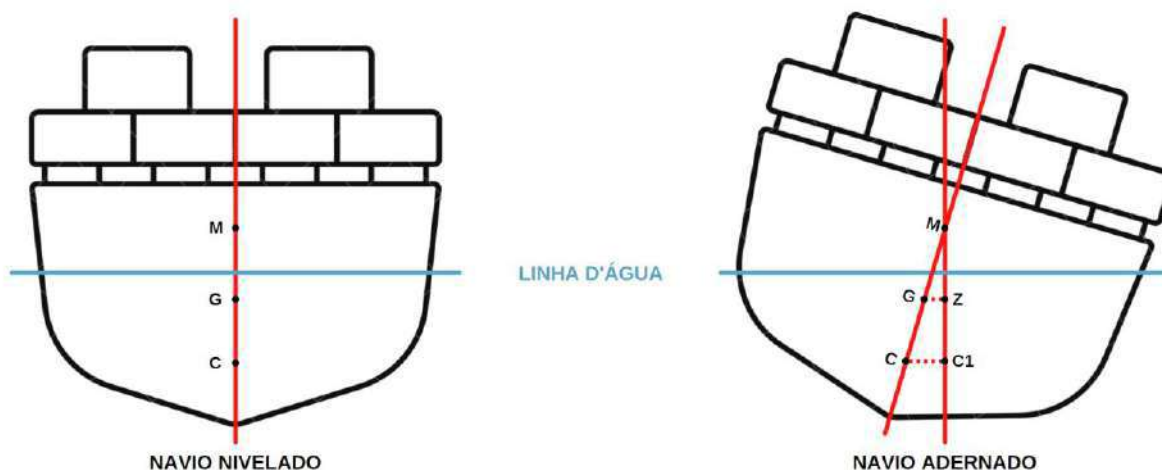
A estabilidade é uma tendência que o navio deve ter em recuperar sua posição inicial quando afetado pela ação de forças externas como ondas ou o vento.

Um dos principais indicadores de estabilidade dos navios é o parâmetro de altura metacêntrica (GM), a distância entre o centro de gravidade (CG) da embarcação e o metacentro (M) da mesma. Esse é o ponto onde o seu centro de massa está centrado e a força formada pelo seu peso diminui (FONSECA, 2005).

Para definir o metacentro é necessário outro parâmetro básico, o centro de volume, de empuxo ou carena (CC), que basicamente é o centro geométrico do volume submerso do navio, onde é aplicada a força devido ao empuxo. Dessa forma, à medida que o navio se inclina para um lado, o centro de carena se move em direção a C1, pois a geometria de seu volume submerso muda, de modo que o ponto no qual o empuxo é aplicado agora será C1 (FONSECA, 2005).

O ponto M é a intersecção da linha vertical que passa por C1 e a linha definida pelos pontos C e G quando o navio está nivelado ao horizonte. O que precisa ser confirmado é que, durante a inclinação da embarcação para um lado ou para o outro, o centro de massa M é o centro de um arco formado pela trajetória do ponto C, nesse caso, o metacentro transversal (FONSECA, 2005).

Figura 3: Secções transversais nivelada e inclinada do navio.



Fonte: Adaptado pelo autor, de Fonseca (2005), 2022.

Ademais, essas afirmações funcionam somente em angulações pequenas, próximas à inicial, até 10° , pois, acima dessa angulação, o caminho percorrido pelo CC já não tem formato de arco, mas sim de uma figura geométrica complexa. Portanto, a altura metacêntrica é um indicativo de estabilidade dos navios em estágios iniciais de inclinação. Já os parâmetros para níveis mais adernados, acima de 10° , são determinados em cartas com curvas de estabilidade estabelecidas em projeto (SOUSA, 2014).

Dessa forma, é possível considerar que para que ocorra o equilíbrio estável da embarcação e que ela esteja nivelada à linha d'água, o metacentro deve permanecer sempre acima do CG, ou seja, a relação entre metacentro e carena, denominada GM, deve resultar sempre acima de 0, e quanto maior for o parâmetro, maior estabilidade, nas inclinações iniciais, o navio terá.

3.1.2 Transporte voluntário

Há situações em que a espécie é transportada de forma voluntária para outra região, sendo de modo legal ou ilegal, normalmente por meio de navios, devido ao baixo custo e à facilidade de transporte de cargas pesadas.

A primeira forma de transporte voluntário de espécies, seja vegetal ou animal, como grãos e gado, tem como visão o pilar econômico. Esse transporte possui diretrizes nacionais e internacionais de comércio exterior, sendo a Organização Marítima Internacional e a Agência Europeia de Segurança Marítima os dois órgãos principais de regulamentação para o transporte

das mercadorias como forma de manter um padrão nas relações comerciais marítimas (MIRANDA, 2016).

Outra forma de transporte de fauna e flora tem como objetivo estudos científicos.

Segundo Miranda (2016), a colaboração entre Estados possibilita uma maior troca de materiais cujo a sua importância não é puramente econômica, pois também se trata da melhoria de vida da população, como por exemplo matérias-primas, organismos geneticamente modificados e drogas medicinais.

No caso de produtos farmacêuticos, apesar da sua posterior comercialização, sua finalidade inicial é para análises em laboratório.

Ademais, partindo da premissa ilegal, também pode ocorrer a biopirataria, que consiste em comércio ilegal de recursos naturais transportados de forma clandestina via contrabando. O manuseio ilegal de espécies apresenta ameaças a biodiversidade tanto no local de origem quanto no local de destino, respectivamente, podendo causar extinção da espécie ou torná-la uma espécie invasora nociva (MIRANDA, 2016).

De acordo com Miranda (2016), o objetivo dessa captura e extração dos indivíduos de fauna e flora é de natureza predominante financeira, onde as espécies são comercializadas no mercado ilegal para pessoas físicas ou pessoas jurídicas, normalmente indústrias farmacêuticas, químicas ou cosméticas. Onde a biopirataria torna-se mais aparente em situações em que certos recursos naturais são patenteados por países que não têm acesso a essa matéria-prima, devido a planta ou o animal não ser nativo de seus territórios.

Esses cenários são mais claros de identificar quando se exemplifica o cupuaçu brasileiro, cuja empresa multinacional japonesa *Asahi Foods* detém o patenteamento da produção e do uso da gordura da semente do cupuaçu, bem como o registro do termo “cupuaçu” em várias classes de produtos e o direito sobre a produção e comercialização do “cupulate”, chocolate produzido a partir da semente do cupuaçu (AGÊNCIA BRASIL, 2003).

Porém, nem sempre o transporte ilegal se configura como biopirataria, muitas vezes a finalidade desses organismos são prioritariamente de cultivo/cuidado doméstico, normalmente por turistas. Essas espécies importadas podem se adaptar bem a novos ambientes, o que apresenta ameaça à biodiversidade local (MIRANDA, 2016).

3.1.3 Transporte involuntário

Sendo um dos temas principais deste estudo, o transporte involuntário consiste na introdução não proposital, mas acidental de organismos como plantas e animais como consequência colateral da obtenção de lastro e deslastro para ajuste de equilíbrio, através da fixação no caso do navio, água residual e ambiente insalubre propício a proliferação de pragas e fatores de doenças.

Identifica-se o transporte de espécies fora da embarcação presa ao casco como um dos impactos advindos do transporte aquaviário. Uma variedade de animais (organismos filtrantes e sésseis) e algas são transportados diariamente de um lado para o outro do oceano, os ascídios, mariscos como moluscos e crustáceos, todos encontrados em águas costeiras. Eles são fixados ao casco por pedúnculo, que aderem ao substrato, no caso das embarcações, e causam diversos problemas, como aumento do atrito com a água, redução do desempenho da velocidade, aumento do consumo de combustível e piora do revestimento do casco (MIRANDA, 2016).

A água de lastro é o maior potencial problema para a transferência de espécies, pois a água abastecida para o enchimento dos tanques é apenas bombeada, geralmente sem filtros, o que possibilita a captação de uma série de organismos que serão transportados até o próximo destino.

De acordo com Ariel Scheffer da Silva, biólogo do Instituto Ecoplan ([20--]), a IMO estima que cerca de 12 bilhões de toneladas de água de lastro são movimentadas anualmente ao redor do mundo, na qual 4.500 espécies são transportadas e a cada 9 semanas uma espécie marinha é introduzida em um novo ambiente.

A ANVISA (2003), realizou o Estudo Exploratório para Identificação e Caracterização de Agentes Patogênicos em Água de Lastro coletando 99 amostras em 9 portos brasileiros em 2002, no qual foram detectados todos os indicadores microbiológicos pesquisados, comprovando presença de bactérias marinhas cultiváveis em 71% das amostras e, em 7 amostras, 12 cepas sendo 2 toxigênicas. Além disso, foi verificado que cerca de 62% das embarcações que alegaram ter feito a troca da água de lastro seguindo as diretrizes da IMO, em água oceânica, provavelmente não o fizeram ou não totalmente.

Segundo Miranda (2006), as águas residuais são outro problema com o transporte de espécies, que são as águas usadas a bordo durante e após a viagem, como água de despejo sanitário humano e animal, equipamentos de cozinha e lavagem. Essas águas são preocupantes

quando se fala de saúde pública, pois são potenciais fatores de doenças, incluindo microrganismos, vírus e bactérias.

Além da água, os navios podem estar carregando portadores de doenças e vetores como mosquitos e ratos, visto que os navios não são devidamente dedetizados antes de chegarem ao porto. É o caso da cólera e dos já contaminados mosquitos *Aedes aegypti*, vetor de doenças como dengue e febre amarela urbana (MIRANDA, 2016).

3.1.4 Principais métodos de troca da água de lastro

No anexo C da 3ª revisão da A NORMAM-20 (2022, p. 36), para limitar a transferência de espécies marinhas por lastro, foram estabelecidos métodos para a troca da água de lastro no mar:

- Método sequencial

Os tanques de lastro são esgotados e cheios novamente com água oceânica.

- Método do fluxo contínuo

Os tanques de lastro são simultaneamente cheios e esgotados, por meio do bombeamento de água oceânica.

- Método de diluição brasileiro

Ocorre o carregamento de água de lastro através do topo e, simultaneamente, a descarga dessa água pelo fundo do tanque, à mesma vazão, de tal forma que o nível de água no tanque de lastro seja controlado para ser mantido constante.

Ainda assim, a NORMAM-20 salienta que:

A troca da água de lastro deve atingir uma eficiência de, pelo menos, 95 por cento de troca volumétrica. Navios utilizando o método do fluxo contínuo ou diluição devem bombear três vezes o volume do tanque a fim de atingir a eficiência mínima desejada.

Ademais, a Convenção BWM (2004) exige que a troca do conteúdo dos tanques de água de lastro seja realizada em águas oceânicas, a 200 milhas náuticas da costa e em águas com pelo menos 200 metros de profundidade, conforme apresentado a seguir:

Figura 4: Sistema da troca de água de lastro.



Fonte: Adaptado pelo autor, de TWSComex ([20--]), 2022.

3.2 Impactos ambientais advindos da água de lastro

De acordo com o Artigo 1º da Resolução N.º 001/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), “considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- I. A saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II. As atividades sociais e econômicas;
- III. A biota;
- IV. As condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V. A qualidade dos recursos ambientais. ”

Tendo o transporte aquaviário como um dos principais modais de tráfego marítimo, a água de lastro é uma das responsáveis pela movimentação transoceânica e interoceânica de organismos marinhos, apresentando potencial risco de impacto ambiental ao ecossistema local.

Segundo Caron Junior (2007), estudos realizados em diversos países confirmam que os organismos presentes na água de lastro e sedimentos dos navios podem viver por mais de seis meses, e depois do deslastro, os organismos podem se instalar na área, colonizar, e gerar impactos negativos ao ecossistema local, tanto animal quanto vegetal.

Algumas ações impactantes negativas da introdução de espécies exóticas nocivas são: instabilidade no ecossistema local das áreas afetadas, com potencial perda de biodiversidade; perda de atividade econômica por meio de recursos naturais e disseminação de doenças em áreas costeiras, resultando na introdução de organismos patogênicos.

3.2.1 Invasores devido à água de lastro

Alguns dos maiores casos de ações impactantes negativas advindas da problemática da água de lastro são a bioincrustação por mexilhões como o Mexilhão-dourado e Mexilhão zebra, Cólera, Salmonella e o Siri Índico-Pacífico.

3.2.1.1 Mexilhão-dourado

De acordo com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (2020), o mexilhão-dourado, *Limnoperna fortunei*, é um molusco bivalve advindo da Ásia que foi introduzido, provavelmente, na América do Sul através da água de lastro dos navios cargueiros, primeiramente se instalando na Argentina e posteriormente no Brasil, em 1999 no Rio Grande do Sul, cujo atualmente vários rios do estado possuem colônias grandes do animal além de vários pontos nas regiões do país.

Figura 5: Distribuição do mexilhão-dourado.



Fonte: Carmo, 2016.

Sua introdução é considerada agressiva, pois durante sua fase larval ele é facilmente carregado pela água, até se fixar em substrato e formar sua colônia, que pode se desenvolver rapidamente por ter grande capacidade de reprodução e dispersão, além de praticamente não ter predadores.

Figura 6: Mexilhões-dourados se proliferam em estruturas metálicas submersas da usina de Itaipu.



Fonte: Zona de Risco, 2016.

Segundo o IBAMA, (2020), dentre os prejuízos causados pelo mexilhão-dourado podemos citar: Destruição da vegetação aquática; Ocupação do espaço e disputa por alimento com os moluscos nativos; Prejuízos à pesca, já que a diminuição dos moluscos nativos diminui o alimento dos peixes; Entupimento de canos e dutos de água, esgoto e irrigação; Entupimento de sistemas de tomada de água para geração de energia elétrica, causando interrupções frequentes para limpeza e encarecendo a produção e; Prejuízos à navegação, com o comprometimento de boias, trapiches, motores e de estruturas das embarcações.

Figura 7: Mexilhões-dourados na usina Sobradinho (BA).



Fonte: Zona de Risco, 2016.

3.2.1.2 Mexilhão-zebra

O mexilhão-zebra, *Dreissena polymorpha*, é um molusco bivalve pequeno que atinge no máximo 3 cm, de água doce, originalmente das bacias do Mar Negro e Mar Cáspio. Sua atual distribuição abrange grande parte do globo e está em constante expansão, o que é altamente negativo ao ecossistema local, já que causa problemas como: incrustação em massa em tubulações, filtros, motores, barcos e tanques, prejudicando vários ramos da indústria e dificulta o abastecimento dos centros urbanos; se alimentam de plânctons, base da cadeia alimentar dos ecossistemas aquáticos; influenciam no ciclo biogeoquímico do fósforo; aumentam deposição de matéria orgânica e a proliferação de bactérias e algas nocivas; diminuem a disponibilidade de oxigênio nos ecossistemas aquáticos; causam o desaparecimento de mexilhões nativos devido à competição direta e; facilitam a transmissão de patógenos para a fauna local (JARDIM ANIMAL, 2021).

Figura 8: Uma colônia de mexilhões-zebra aglomerada em uma pedreira inundada em Leicestershire, Reino Unido.



Fonte: Alex Mustard, 2020.

3.2.1.3 Cólera

De acordo com Guimarães (2020), a água de lastro foi a causa do surto de cólera em Paranaguá em 1999. Naquela época, não havia nenhuma norma obrigando qualquer tratamento com água, que eram apenas captadas e despejadas ao chegar no porto destino, perto das praias. O surto, que matou 3 pessoas e deixou outras 463 doentes, ocorreu quando um dos navios do Peru, onde havia trechos de cólera, despejou água de lastro do Paraná.

A mesma autora alega que a confirmação foi feita quando Irma Rivera, bióloga especializada em bactérias e vírus e pesquisadora do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo (USP), comparou as cepas de Paranaguá e as encontrou semelhantes às do Peru. Por pesquisas genéticas, foi possível confirmar que havia cólera na água de lastro de algumas embarcações.

O estudo realizado em conjunto com a ANVISA também descobriu que os parasitas da cólera cresciam sobre a carapaça de pequenos crustáceos, além de confirmar que o lastro em áreas portuárias poluídas era um meio de transporte de poluição ao redor do mundo (GUIMARÃES, 2020).

3.2.1.4 *Salmonella*

Em algumas áreas onde não há saneamento adequado em residências e indústrias, há um alto índice de contaminação de suas águas. Portanto, se essa água for captada em um local e descartada em outro sem tratamento adequado, pode contribuir para a propagação de doenças. Um dos casos mais comuns de transmissão é a *Salmonella*, onde estudos mostram que a bactéria da Salmonelose pode estar circulando nas proximidades do porto (água, bivalves, plâncton) devido à atividade humana, dificultando a manutenção da água (PEREIRA, 2013).

De acordo com o Ministério da Saúde (2021), a *Salmonella* é uma bactéria da família Enterobacteriaceae que causa intoxicação alimentar e, em casos raros, pode causar doenças graves e até a morte. As infecções ocorrem através da introdução de alimentos contaminados de origem animal, germes comumente encontrados em animais como galinhas, porcos, répteis, animais aquáticos, bovinos e até mesmo animais de estimação como cães e gatos. Dessa forma, qualquer alimento proveniente desses animais ou que tenha entrado em contato com suas fezes pode ser considerado como meio de transmissão da *Salmonella*.

Segundo o Ministério da Saúde, a *Salmonella* é o agente etiológico mais comum, presente em 38,2% das alergias alimentares de 2000 a 2014. Entre 2007 e 2016, foram registrados 6.632 surtos com 469.482 pessoas expostas, das quais 118.814 se hospitalizaram e 109 (0,09%) morreram (SAVARIZ; D'AGOSTINI; DEGENHARDT, 2017).

3.2.1.5 *Siri Índico-Pacífico*

Esta espécie, *Charybdis hellerii*, é nativa dos oceanos Índico e Pacífico, exótica no Brasil, nativa do Japão, Austrália, Havaí, Filipinas e do Oceano Índico em geral, incluindo o Mar Vermelho e o Mediterrâneo. Sua existência foi confirmada em Cuba devido ao estreitamento do comércio entre Israel e o Caribe e chegou ao Brasil, provavelmente, em águas de lastro coletadas no Caribe. Na costa do Brasil, os primeiros registros do siri são de 1995, encontrados em portos e áreas ribeirinhas do Rio Grande do Norte, Alagoas, Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo e Santa Catarina e Paraná (PEREIRA, 2016).

Sua época de reprodução é muito curta, o que contribui para o rápido crescimento populacional. Sem valor comercial e descarte de resíduos altamente eficiente, pode levar à extinção de importantes espécies comerciais de caranguejos, prejudicando as atividades pesqueiras, além da possibilidade de contaminação com WSSV (White Spot Syndrome Virus), um vírus que tem causado perdas econômicas significativas na produção de camarão, causando

a morte do animal. Desde sua primeira aparição em 1992, o impacto econômico na produção é próximo de 10 bilhões de dólares (CAVALLI, 2009).

3.3 Legislação pertinente à água de lastro

Como já supracitado, as ameaças apresentadas pelas águas de lastro em mares e rios são muito relevantes e vêm sendo estudadas desde a década de 70, mas somente na década de 90, esse tema foi discutido pelo Comitê de Proteção ao Meio Ambiente Marinho, um dos cinco comitês sob os auspícios da IMO. O comitê é responsável por examinar todas as questões dentro da capacidade da IMO em relação à prevenção e controle da poluição marinha e do ar advinda de navios, incluindo a cooperação com outras organizações internacionais em questões ambientais.

No Brasil, o órgão responsável por exigir e orientar o cumprimento de tais decisões é a Diretoria de Portos e Costas (DPC), para evitar esse tipo de poluição em águas nacionais.

3.3.1 Resoluções iniciais da Organização Marítima Internacional

O MEPC, em sua 31ª reunião em 1991, adotou a Resolução 50 (31) (1991). Essa decisão, de forma voluntária, pretendia resolver questões relacionadas à água de lastro recebida por alguns países. Portanto, não havia obrigatoriedade e orientação sobre esses processos. Em outras palavras, era uma espécie de solução rápida e eficaz para os problemas. Então, em 1993, a IMO adotou essas diretrizes na Resolução A744 (18) (1993), em resposta a um pedido da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, apenas falando sobre a introdução de agentes biológicos e patogênicos em algumas áreas devido ao transporte de lastro e sedimentos nos tanques. No entanto, foi posteriormente encaminhado ao MEPC e ao Comitê de Segurança Marítima (MSC) para desenvolvimento e, eventualmente, como apêndice da Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios (MARPOL) 73/78.

No entanto, foi atualizada para a Resolução A868 (20) (1997), e seu maior diferencial era que continha novas Diretrizes para o Controle e Gerenciamento da Água de Lastro para a transferência de organismos nocivos e patogênicos, tendo assim um novo processo para garantir segurança e mitigação de possíveis riscos de transporte e não a eliminação completamente dos mesmos.

De acordo com a tradução de Victor Pereira (2013) da Resolução A868 (20) (1997), algumas das condições são:

Cada Estado deve esforçar-se para cumpri-la com maior rigor possível para obtenção de melhores resultados. E devem disseminar com o máximo de eficiência possível, as regras para o gerenciamento da água de lastro e sedimentos em seus portos;

Cada comandante e tripulação devem ser treinados e estarem ciente de todas essas diretrizes dessa Resolução.

E, cada navio que utilizar água como lastro deverá ser dotado de um plano de gerenciamento da água de lastro, destinado a auxiliar a minimizar a transferência de organismos aquáticos nocivos e agentes patogênicos, fornecendo procedimentos seguros e eficazes para gerenciamento da água de lastro.

3.3.2 Convenção Internacional para Controle da Água de Lastro de Navios de 2004

Em 2004, a Convenção Internacional de Água de Lastro (Convenção BWM 2004) finalmente estabeleceu novas diretrizes sobre o uso adequado de água de lastro em embarcações, com o objetivo de prevenir, reduzir e até eliminar os riscos, já mencionados, causados durante esta operação.

Esta convenção, apesar de aprovada pelo Brasil, e, por meio do decreto nº10.980, de 25 de fev. de 2022, ser promulgada no ordenamento jurídico brasileiro, contribuindo para maior segurança ambiental na navegação marítima no país, só entrará em vigor de forma internacional até doze meses após a data em que não menos de trinta Estados, em que seus navios mercantes combinados representem pelo menos 35% do número total de navios mercantes, tenham aprovado a mesma sem objeções ou apresentado à IMO um instrumento de ratificação (BWM, 2004).

De acordo com a Convenção BWM 2004, alguns dos principais itens são:

- Este acordo aplica-se a embarcações autorizadas a arvorar a bandeira de uma das Partes ou a uma embarcação sob a autoridade de uma das Associações;
- Cada Estado membro compromete-se a assegurar que, nos portos e terminais selecionados para a limpeza ou reparação dos tanques de lastro, sejam fornecidos recursos suficientes para receber os sedimentos, considerando as Diretrizes elaboradas pela Organização;
- Cada embarcação deve ser aprovada e ter um Plano de Gerenciamento de Água de Lastro no quadro que deve ser escrito no idioma de uso da embarcação e caso o idioma utilizado não seja o inglês, francês ou espanhol, as traduções de um desses idiomas devem ser incluídas. O plano, que faz parte dos documentos do navio, deve ser aprovado pela administração e deve conter:
 - a) procedimentos relativos à segurança do navio e pessoal relacionado ao gerenciamento da Água de Lastro;
 - b) identificação das áreas onde são coletadas amostras de água da embarcação, quando possível;
 - c) detalhes dos processos relativos à destinação dos sedimentos marítimos e terrestres.

- A embarcação também deve possuir um Livro Registro de Água de Lastro, no qual as atividades devem ser registradas. Em seguida, essas informações serão encaminhadas ao Formulário para Informações de Água de Lastro, que deverá ser apresentado à Autoridade Marítima (no caso do Brasil, DPC) na chegada ao porto;
- A substituição da Água de Lastro deve ser feita a pelo menos 200 milhas do nível do mar e a uma profundidade de pelo menos 200 metros, levando em consideração os procedimentos prescritos nesta Norma;
- Nos casos em que a embarcação não puder realizar as trocas de água de lastro de acordo com o acima, a troca deve ser realizada na medida do possível e, em todos os casos, a pelo menos 50 milhas náuticas e a água a pelo menos 200 metros de profundidade;
- Não é permitido o descarte de água de lastro em áreas ambientalmente sensíveis e em Unidades de Conservação (UC) ou outros centros de segurança estabelecidos por instituições naturais ou higiênicas, como Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB), se incluídas na carta náutica;
- O cumprimento dos itens anteriores dependerá das inspeções preliminares do Comandante quanto à segurança ou estabilidade da embarcação, de sua tripulação ou de seus passageiros, devido a condições climáticas adversas, naufrágio grave, falha de equipamento ou qualquer outra condição incomum;
- As embarcações, ao realizarem a troca de água de lastro, devem fazê-lo com eficiência de pelo menos 95% da troca volumétrica de água de lastro;
- Apenas tanques substituídos por água podem ser drenados.

3.3.3 Norma da Autoridade Marítima Brasileira para o Gerenciamento da Água de Lastro

Em 2005, para atender às exigências e avaliações, que serão submetidas a todas as embarcações que entram ou saem das Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB), a Norma da Autoridade Marítima Brasileira para a Gestão da Água de Lastro de Navios - NORMAM 20 entrou em vigor, sendo de caráter imperativo, ou seja, contém ordem ou preceito a que todos estão obrigados (MARINHA DO BRASIL - DIRETORIA DE PORTOS E COSTAS, 2022).

É importante observar que, no índice da NORMAM (2022, p. 7), a Água Jurisdicional Brasileira é definida da seguinte forma: “Compreendem as águas interiores e os espaços marítimos, nos quais o Brasil exerce jurisdição, em algum grau, sobre atividades, pessoas, instalações, embarcações e recursos naturais vivos e não-vivos, encontrados na massa líquida, no leito ou no subsolo marinho, para os fins de controle e fiscalização, dentro dos limites da legislação internacional e nacional. Esses espaços marítimos compreendem a faixa de 200 milhas náuticas contadas a partir das linhas de base, acrescida das águas sobrejacentes à extensão da Plataforma Continental além das 200 milhas marítimas, onde ela ocorrer.”.

Portanto, a NORMAM-20 atende ou se baseia nos mesmos princípios da Resolução A868 (20) de 1997 e nas diretrizes da Convenção Internacional de Água de Lastro de 2004. Ademais, esta norma pode ser alterada sempre que houver um avanço tecnológico e científico, pois sua finalidade é solucionar os danos causados pela operação da água de lastro da forma mais eficiente.

Deve ser aplicada em navios de forma segura para eles, sua tripulação e seus equipamentos, mas existem navios, que segundo a NORMAM-20 (2022), essas diretrizes não se aplicam:

- a) a qualquer navio de guerra, navio auxiliar da Marinha ou qualquer outra embarcação de propriedade de um Estado ou operado por ele e utilizado, temporariamente, apenas em serviço governamental não comercial;
- b) às embarcações de esporte e recreio usadas somente para recreação/competição ou aquelas usadas com fins de busca e salvamento, cujo comprimento total não exceda 50 metros e com capacidade máxima de água de lastro de oito metros cúbicos; desde que não incluídas nas situações particulares previstas nas situações particulares do artigo 2.5 deste Capítulo.
- c) às embarcações com tanques selados contendo água de lastro permanente não sujeita à descarga para o meio ambiente aquático, ou navios não projetados ou construídos para levar água de lastro; e
- d) às embarcações de bandeira brasileira operando em AJB, exclusivamente na cabotagem, desde que não incluídas nas situações particulares previstas no artigo 2.5 deste Capítulo.

Ainda, podem ser destacadas desta NORMAM, as regras de entrada do navio na Bacia Amazônica, que são compostas por todos os rios, córregos e outros tipos de nascentes que desaguam no Rio Amazonas, e que, segundo pesquisas, é o maior rio no mundo. Devido ao seu alto volume, é um fator importante na geração de eletricidade, mobilidade e subsistência de muitos pescadores. Portanto, um conjunto de regras para garantir que essa importante fonte de água não seja poluída é muito importante.

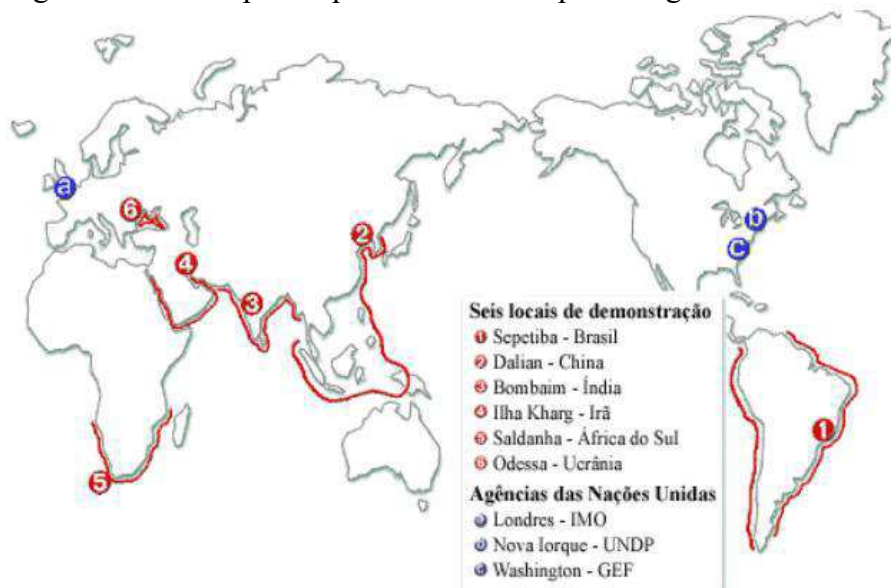
Por fim, na NORMAM-20 (2022), há um capítulo sobre como testar os navios, onde se aplica esse princípio, quanto ao cumprimento das diretrizes mencionadas. Portanto, conforme estabelecido nesta norma marítima, a avaliação deve estar de acordo com os padrões internacionais e ser capaz de avaliar se os requisitos do Estado do Porto foram atendidos e, em caso negativo, garantir a adoção de medidas ou sanções apropriadas.

3.4 GloBallast

No ano 2000, a OMM fez parceria com o Global Environment Facility (GEF), o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), os estados membros e a indústria de naval para ajudar os países em desenvolvimento a lidar com a crise da água de lastro. O tema completo do projeto era Remoção de Barreiras à Implementação Efetiva de Medidas de Controle e Gestão de Água de Lastro nos Países em Desenvolvimento, porém é simplesmente chamado de Programa Global de Gestão de Água de Lastro, ou GloBallast (GLOBALLAST PARTNERSHIPS, 2000).

Este programa ajudou os países em desenvolvimento a implementar medidas eficazes para regular a exportação de fauna marinha. Este foi destinado a representar as seis principais regiões em desenvolvimento do mundo, conforme mostrado no mapa abaixo:

Figura 9: Portos e países-piloto escolhidos pelo Programa GloBallast.



Fonte: Adaptado pelo Ministério do Meio Ambiente, de GloBallast Partnership, 2000.

Segundo a GloBallast Partnerships, (2000), os objetivos gerais de desenvolvimento do programa eram ajudar os países em desenvolvimento a reduzir a transferência de organismos nocivos para as águas dos navios de lastro, aplicar diretrizes de água de lastro da IMO e se preparar para o lançamento da recém-aprovada Conferência de Água de Lastro da IMO.

Para atingir os objetivos de desenvolvimento mais amplos, o programa conta com uma série de Objetivos Rápidos, vinculados a Resultados e Tarefas Específicas. Estes foram: Coordenação e gestão do programa; Comunicação, educação e conscientização; Avaliação de risco; Medidas de gestão da água de lastro; Obediência, coerção e cautela; Cooperação regional

e repetição; Recursos e suporte. A consideração mais importante foi assegurar a cooperação entre cada região e concordar com o governo internacional. Como o transporte marítimo é uma indústria internacional, a única maneira eficaz de lidar com questões de transporte é um sistema internacional padrão. Esta tem sido uma das marcas do sucesso da IMO em seus 50 anos de história. Evitar respostas mistas de nações individuais foi crucial para o sucesso do programa (GLOBALLAST PARTNERSHIPS, 2000).

O programa teve duração de quatro anos (inicialmente três anos, de março de 2000 a março de 2003, estendido até dezembro de 2004). O orçamento total foi de US\$ 10,2 milhões, sendo US\$ 7,39 milhões do GEF e US\$ 2,8 milhões em financiamento dos seis países-piloto (GLOBALLAST PARTNERSHIPS, 2000).

Ressalta-se que o MMA atuou na coordenação do Programa GloBallast em sua primeira fase, tendo a Secretaria de Qualidade Ambiental em Assentamentos Humanos (SQA) do MMA como Área Focal Nacional do projeto, auxiliado pela Gerência do Projeto de Gestão Integrada dos Ambientes Costeiro e Marinho (GERCOM/SQA). Além disso, diversas instituições incluíram a Força-tarefa Nacional (FTN), entre elas: ANVISA; Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ); Companhia Docas do Rio de Janeiro; Diretoria de Portos e Costas (DPC); Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA); Petrobras; Universidade Federal do Rio de Janeiro; além de representantes do setor de transporte marítimo e organizações não-governamentais (SOUSA, 2014).

3.5 Sistemas de Informações Geográficas

Segundo Câmara (2001), o Sistema de Informações Geográficas (SIG), geotecnologia na área de Geoprocessamento, permite a operação de diversas análises complexas, criação e integração de bases de dados georreferenciados, sendo possível automatizar a produção de mapas e outros produtos cartográficos como ocupação de solo, fragilidade ambiental ou localizações.

O geoprocessamento é um conjunto de processos designados para servir como apoio em tomadas de decisões lógica e fisicamente baseado na tecnologia de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), uma estrutura computacional que possibilita o armazenamento, tratamento, geração de produtos e exportação de dados georreferenciados (TOMLINSON; BOYLE, 1981), suportando análises quantitativas e qualitativas (PAVLOVSKAYA, 2005).

O SIG é uma ferramenta computacional essencial como meio de suporte para monitoramentos ambientais devido à capacidade de coletar e armazenar dados e realizar análises sistemáticas, combinando dados de diferentes fontes, seja vetorial ou matricial, gerando produtos bases para propor outras formas de reduzir impactos ambientais (SENA, 2012).

Silva (2012) afirma que o SIG se tornou uma importante ferramenta para o governo, que auxilia na tomada de decisão, pois mantém um acervo de dados de diferentes fontes, permitindo uma representação do mundo real no ambiente contábil. Dados de diferentes áreas científicas, como hidrografia, relevo, integração conjunta e análise das interações entre eles, permitiram-nos descrever a área tendo em conta a sua complexidade, possibilitando diferentes interpretações de forma rápida e precisa, contribuindo para a definição de propostas para intervenções urbanas, sociais e ambientais.

Os SIGs possibilitam a realização de análises espaciais, que permitem traçar situações e analogias, e produzir sínteses a partir do banco de dados sobre o fato em questão. Eles permitem a seleção, medição e correlação das variáveis desejadas, que representam a realidade de forma simples na área de interesse, cujos resultados podem ser expressos na forma de mapas, na representação de áreas susceptíveis a inundação, na identificação concentração de espécies, desenvolvimento urbano, entre outros (SILVA, 2012).

A integração de SIG com métodos de tomada de decisão multicritério tem proporcionado muitas vantagens para resolver problemas de planejamento e gerenciamento do mundo real.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para identificar áreas recomendadas para deslastro, uma estrutura de critérios gerais é necessária, desde modelos de dados a arquivos vetoriais e matriciais referenciados, havendo uma sobreposição das camadas para gerar o produto por geoprocessamento.

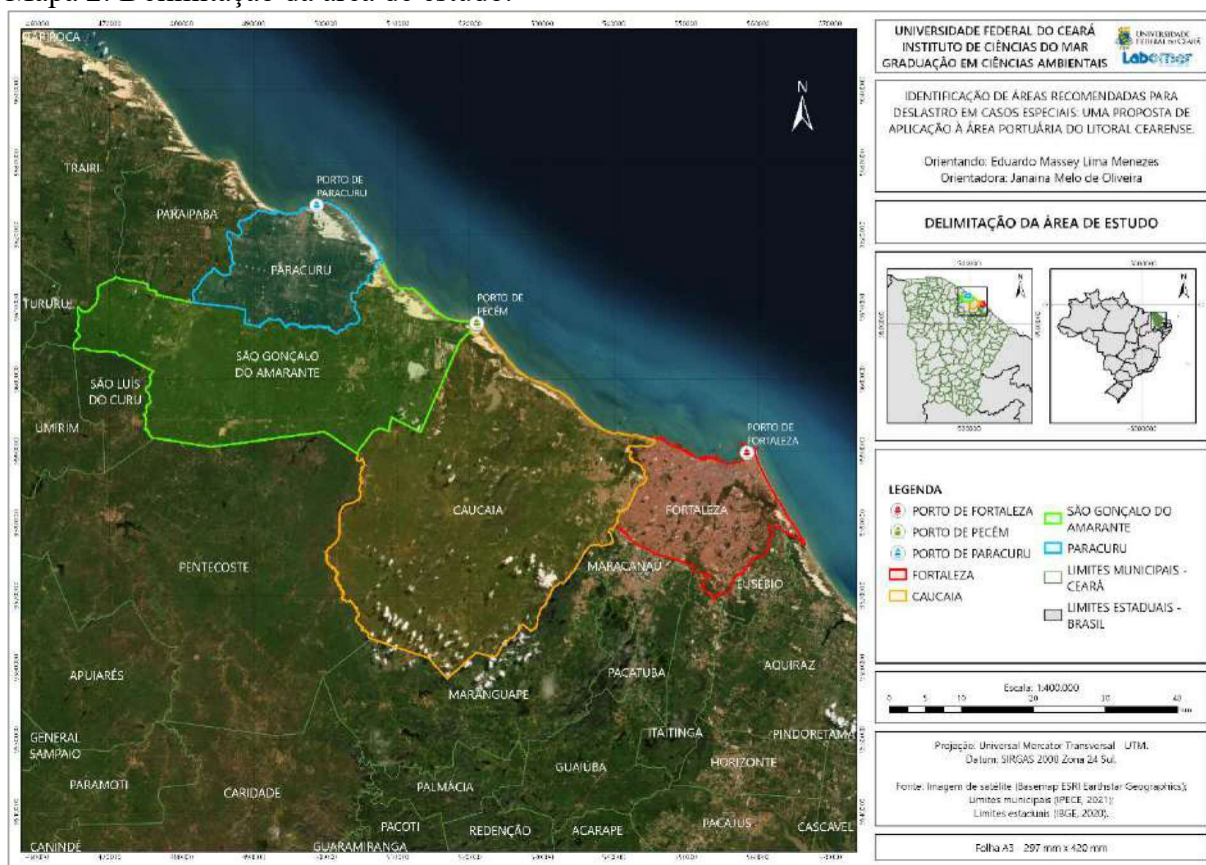
4.1 Delimitação da área de estudo

A plataforma do Ceará está localizada entre 37° e 41° 20 'de longitude oeste e 2° a 5° latitude sul, com profundidade de 10-100 m e declive médio de cerca de 2 m / km (DIAS, 2011).

As marés características do litoral cearense são representadas por ondas semidiurnas com período médio de 12,4 horas e amplitudes máximas e mínimas médias de 3 m e 0,5 m, respectivamente (MORAIS, 1980).

A espacialidade escolhida como área de estudo, apresentada no Mapa 2, se baseia nas áreas portuárias do estado do Ceará: os municípios de Fortaleza, São Gonçalo do Amarante e Paracuru, abrigando, respectivamente, o Porto de Fortaleza, Porto do Pecém e Porto de Paracuru. Também foi escolhido considerar o município de Caucaia por ser limítrofe com o Porto de Pecém e apresentar vulnerabilidade por estar entre dois municípios quem possuem porto.

Mapa 2: Delimitação da área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

4.1.1 Porto de Fortaleza

Capital do estado do Ceará, Fortaleza, está localizada nas coordenadas 3° 47' S e 38° 30' O. Possui uma área de 312,353 km² (IBGE, 2021), sendo 34 km de litoral e uma população estimada de 2.703.391 (IBGE, 2021).

Sua faixa de temperatura é de 26° C a 32° C (BRANDÃO, 1995). As condições do vento em Fortaleza apresentam variações sazonais de intensidade e direção, com maior intensidade entre agosto e outubro, e menor intensidade entre março e abril. Essa mudança é controlada pela oscilação meridional da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). A precipitação também varia de acordo com as mudanças ao meridional da ZCIT, ocorrendo de janeiro a junho, e concentrada de fevereiro a maio (MAGALHÃES; ZANELLA, 2011).

Segundo a Companhia Docas do Ceará – CDC ([202-]) o Porto de Fortaleza, funcionando há mais de meio século, é um dos terminais marítimos mais importantes e estrategicamente localizados do Brasil. Instalado na enseada do Mucuripe, o Porto de Fortaleza apresenta proximidade com continentes como Europa e América do Norte, o que possibilita a disponibilidade de atender empresas de navegação com rotas destinadas a portos dos Estados

Unidos, Canadá, Caribe, América Central, Europa, África e países do Mercosul, além de linhas regulares para os demais portos brasileiros através de hidrovias de cabotagem.

4.1.2 Porto do Pecém

De acordo com IBGE (2021), o município de São Gonçalo do Amarante possui área de 842,635 km², estando na mesorregião norte e suportando atualmente uma população de 49.306 habitantes.

O Porto de Pecém é um terminal portuário estilo *Offshore*, localizado “extra” margem, ou seja, não estão diretamente ligados à terra. É instalado em um acidente geográfico chamado Ponta do Pecém com as coordenadas 3° 32' 02" S e 38° 47' 58" O, no distrito de Pecém, ao noroeste do Município de São Gonçalo do Amarante, situado no litoral oeste do estado do Ceará. Segundo o site Complexo do Pecém (202-]), o porto apresenta uma espacialidade geográfica por estar próximo aos Estados Unidos, Europa e norte da África, visando o aumento da competitividade no mercado internacional.

4.1.3 Porto de Paracuru

Localizado na mesorregião norte cearense, o município de Paracuru está a distância de 84 km da capital (PREFEITURA DE PARACURU, 2021), apresenta uma área de 304,734 km², com população estimada de 35.526 pessoas (IBGE, 2021).

Paracuru está exposto a dois ecossistemas, a costa e o manguezal. A costa inclui dunas de areia, faixas de praia, plataformas marítimas e manguezais.

O Porto de Paracuru, ou Base da Petrobras Paracuru, é um terminal portuário *Offshore*, situado em um acidente geográfico chamado Praia da Pedra Rachada. Propriedade da Petrobras, o porto serve de apoio logístico para a exploração dos campos de Atum, Xaréu, Curimã e Espada, em águas rasas da Bacia do Ceará (EPBR, 2020).

4.1.4 Caucaia

O município de Caucaia foi levado em consideração devido ser limítrofe ao Complexo do Pecém, dessa forma, situado entre dois municípios com regiões portuárias, havendo também a possibilidade de contaminação biológica.

Com uma área territorial correspondente a 1.223,246 km², estima-se que Caucaia possui 368.918 habitantes, de acordo com IBGE (2021).

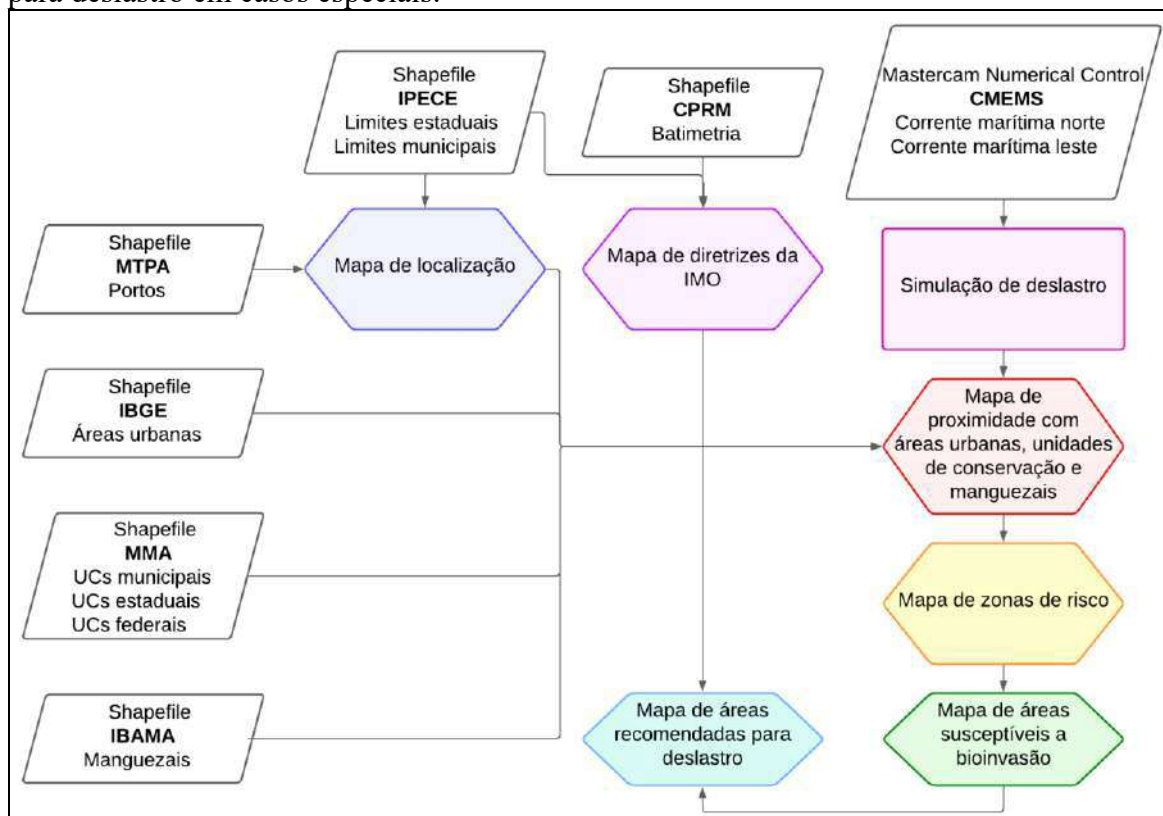
4.2 Metodologia adotada

O mapa das áreas suscetíveis à bioinvasão marinha foi obtido pela sobreposição de três mapas: proximidade com áreas urbanas, proximidade com Unidades de Conservação (UCs) e proximidade com manguezais. Em cada um desses três mapas foi estabelecida uma zona de risco, correspondendo à capacidade de movimentação de um contaminante. Cada avaliação de risco foi feita separadamente antes de ser avaliada em um procedimento de análise integrada (TELES; SAITO, 2004).

A sobreposição dessas áreas suscetíveis à bioinvasão marinha cruzada com os mapas de batimetria oceânica e *buffer*, atendendo aos requisitos de água com profundidade de pelo menos 200 metros e distância de 50 milhas náuticas da costa, em casos especiais, ambos descritos no regulamento B-4, parágrafo 2, da Convenção Internacional para o Controle e Gerenciamento da Água de Lastro e Sedimentos de Navios, estabelecida pela IMO em 2004, resulta no mapa final que mostra as áreas recomendadas para o deslastro de navios.

Os procedimentos adotados são apresentados no fluxograma a seguir.

Figura 10: Fluxograma dos processos técnicos para produção do mapa de áreas recomendadas para deslastro em casos especiais.



Fonte: Adaptado pelo autor, de Teles e Saito (2004), 2022.

As áreas urbanas foram selecionadas tendo em vista a possível impacto na saúde pública como resultado da presença de contaminantes como patogênicos microrganismos contidos na água de lastro, que pode levar ao aparecimento de doenças transmitida na água, como cólera, febre tifoide, e hepatite A. Em Fortaleza, a área urbana foi caracterizada como a projeção desta área para a orla, onde estão situadas todas as 15 praias nas quais as pessoas usufruem para atividades esportivas, lazer e local de trabalho. Não foi feita distinção entre essas projeções, considerando que todos os modais têm contato humano direto ou indireto.

Os manguezais e as UCs federais, estaduais e municipais foram escolhidas devido à fragilidade desses ecossistemas e ao fato de que muitas vezes são os locais de reprodução para vários organismos. Contaminantes químicos presentes na água de lastro podem causar sérios danos a este ecossistema, além do fato de que espécies exóticas invasoras contidas na água de lastro podem perturbar o equilíbrio da intrincada teia de relação ecológica entre as espécies nele contidas. Além disso, manguezais e UCs onde há ecótono aquático-terrestre, em contraste com as áreas urbanas ou UCs terrestres, sofrem o impacto direto dos contaminantes pois eles consistem em um ambiente onde a água é um componente fundamental, não apenas um meio de contato.

4.2.1 Levantamento bibliográfico

A revisão da literatura foi realizada no início do estudo com uma seleção de artigos técnicos e acadêmicos de acordo com os objetivos deste trabalho, em particular, com uma seleção de documentos relacionados à área de pesquisa e aplicação do tema água de lastro em diferentes estados do Brasil. Para descobrir a aplicabilidade dos métodos em diversos campos, a pesquisa foi realizada por meio da revisão de livros, periódicos, dissertações, resumos e artigos relacionados disponíveis em meio digital. Nesse sentido, uma revisão da literatura, apoiada em mapeamento temático, confirma a síntese da dinâmica da bioinvasão no meio marinho, a partir da caracterização de atributos ecológicos.

4.2.2 Coleta de dados e base cartográfica

Pela eficácia e eficiência dos dados, foi escolhido utilizar como campo matricial o Serviço de Mapa (*basemap*) disponibilizado pela ESRI no software ArcGIS Pro *Imagery* com resolução XY de 0,00000000671487310199837 m.

Composto por dados de órgãos municipais, estaduais, nacionais e internacionais, para o mapeamento temático foram coletadas informações como localização dos portos; limites municipais e estaduais; unidades de conservação municipais, estaduais e federais; áreas de manguezais; batimetria; áreas urbanas; e correntes oceânicas.

Quadro 1: Relação de dados obtidos

Dados adquiridos	Fonte	Ano	Formato
Portos	MTPA	2019	<i>Shapefile</i>
Limites municipais	IPECE	2021	<i>Shapefile</i>
Limite estadual	IPECE	2021	<i>Shapefile</i>
UCs municipais	MMA	2020	<i>Shapefile</i>
UCs estaduais	MMA	2020	<i>Shapefile</i>
UCs federais	MMA	2020	<i>Shapefile</i>
Manguezais	IBAMA	2021	<i>Shapefile</i>
Batimetria	CPRM	2013	<i>Shapefile</i>

Áreas urbanas	IBGE	2015	<i>Shapefile</i>
Corrente marítima a leste	CMEMS	2019	<i>Mastercam Numerical Control File</i>
Corrente marítima a norte	CMEMS	2019	<i>Mastercam Numerical Control File</i>

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

4.2.3 Simulação de deslastro

Para obter a distância estimada que um organismo pode percorrer em mar aberto, primeiramente foi utilizado o Anaconda, que é uma ferramenta computacional gratuita que permite gerir distribuições de Python, ambientes de trabalho e módulos, junto, foi utilizado o Anaconda Navigator, que é uma interface gráfica que permite abrir aplicações associadas ao Anaconda, gerir pacotes, ambientes e canais sem ter de usar o terminal de comando (CUSTÓDIO, 2017).

De acordo com Melo (2021), Python é uma linguagem de programação avançada, ou seja, que possui uma sintaxe simplificada e próxima da linguagem humana, que é utilizada em aplicações muito diferentes, como desktop, web, servidores e ciência de dados.

Após a instalação dos dois supracitados, foi instalado o OpenDrift, um pacote de software configurado via Python para modelagem de trajetórias e destino de substâncias ou objetos flutuando no oceano, ou mesmo no espaço (DAGESTAD; HOPE, 2020).

Com o OpenDrift instalado, para executar o mesmo, foi usado o Visual Studio Code, um editor de código-fonte que possui um rico ecossistema para extensões para outras linguagens e ambientes (MICROSOFT, 2022).

O modelo hidrodinâmico utilizado foi o produto GLORYS12V (Global Ocean Physics Reanalysis), que é a reanálise global de resolução oceânica baseado em grande parte no atual sistema CMEMS (Copernicus Marine Service) de previsão global em tempo real. Este modelo inclui arquivos médios diários e mensais para temperatura, salinidade, correntes, nível do mar, profundidade de camada mista e parâmetros de gelo da parte superior até a parte inferior. Os arquivos globais de saída oceânica são exibidos em uma grade regular padrão a $1/12^\circ$ (aproximadamente 8 km) e em 50 níveis padrão. (E.U. COPERNICUS MARINE SERVICE INFORMATION, [2---]).

4.2.4 Procedimentos e mapeamento temático

Em adaptação do procedimento metodológico proposto por Teles e Saito (2009), foram produzidos 8 mapas com a utilização do software ArcGIS Pro 2.8.0, sendo eles: localização; parâmetros estabelecidos pela IMO em casos especiais; simulação de deslastro; proximidade com áreas urbanas, unidades de conservação e manguezais; zonas de risco; áreas susceptíveis a bioinvasão e áreas recomendadas para deslastro. Para melhor compreensão dos processos de criação dos mapas, eles são descritos a seguir:

4.2.3.1 Localização

O mapa de localização foi confeccionado usando os arquivos em formato vetorial *shapefile* disponibilizados pela IPECE em 2021, bem como os pontos de portos disponibilizados pelo MTPA em 2019.

Os municípios da área de estudo foram recortados em arquivos de polígono individuais e foi mudada sua simbologia para uma melhor diferenciação e destaque deles.

4.2.3.2 Parâmetros estabelecidos pela IMO em casos especiais

Para a produção do mapa de parâmetros estabelecidos pela IMO, a priori foi utilizado arquivo vetorial *shapefile* em polígonos de batimetria disponibilizado pela CPRM em 2013, a partir desse material, foi utilizado o recurso *dissolve* para unificar os polígonos de mesmo intervalo de profundidade, após esse procedimento, a ferramenta *union* foi usada para juntar os polígonos e dividir em apenas duas seções: 0 m a -200 m e -200 m a -6750 m, diferenciando por simbologia para identificar as áreas com profundidade maior que 200 m.

Foram selecionados os polígonos de Fortaleza, Caucaia, São Gonçalo do Amarante e Paracuru para o embasamento da função *buffer*, recurso para extrapolar áreas com distância definida. Dessa forma, foi criado um *buffer* de 200 milhas náuticas para delimitar a área segura para deslastro definida pela IMO e outro de 50 milhas náuticas, distância mínima para casos especiais.

Com os dois arquivos, batimetria e *buffer*, sobrepostos, o mapa foi confeccionado a partir do software ArcGIS Pro.

4.2.3.3 Simulação de deslastro

Para a simulação foi utilizado o Visual Studio Code executando o pacote OpenDrift com dados de correntes marítimas para leste e norte do modelo Glorys disponibilizado no site oficial da CMEMS, simulando um deslastro de 100 organismos com peso, forma e movimento próprio desconsiderados, em um raio de 10 metros nas coordenadas decimais longitude=37,74354434°N e latitude=3,27680909°S, exatamente a 50 milhas náuticas da costa, com data estabelecida de 15/08/2019 e duração de 48 horas.

O mês de agosto foi escolhido devido ser pico de ventos fortes no Ceará.

4.2.3.4 Proximidade com áreas urbanas, unidades de conservação e manguezais

Os mapeamentos de proximidade com áreas urbanas, unidades de conservação federais, estaduais, municipais e manguezais, foram produzidos a partir de dados georreferenciados dispostos, respectivamente, pela IBGE, MMA e IBAMA.

Após o procedimento de simulação de deslastro, foi feita uma medição entre ponto de deslastro e ponto de contaminante mais distante em todas as 3 situações. A máxima distância foi considerada como a movimentação que o organismo invasor pode percorrer. Dessa forma, foi feito um *buffer* com a distância total.

4.2.3.5 Zonas de risco

Com a distância total obtida, o valor foi dividido em 3 intervalos iguais e rotulados como áreas de alto, médio e baixo risco de proximidade. Acima da distância máxima percorrida, o risco seria nulo.

A partir dos dados do mapa de proximidade com áreas urbanas, unidades de conservação e manguezais, foi utilizada novamente a função *buffer* para extrapolar a área utilizando 3 anéis, sendo 1 para cada intervalo. Dessa forma estabelecendo zonas de risco para cada atributo seguindo classificações de risco.

Quadro 2: Classificações de risco

Risco	Classificação
Baixo	1
Médio	2

Alto	3
------	---

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

4.2.3.6 Áreas susceptíveis à bioinvasão

Com as zonas de risco já estabelecidas, foi feita uma reclassificação com a sobreposição dos arquivos vetoriais e definidos critérios de identificação de áreas susceptíveis à bioinvasão, apresentados no quadro 3, considerando que a soma de todas as zonas sobrepostas resulta em 18.

Quadro 3: Critérios adotados para reclassificação de potencial risco de bioinvasão.

Risco potencial	Sobreposição de classificação
Muito baixo	0 a 3,6
Baixo	3,6 a 7,2
Médio	7,2 a 10,8
Alto	10,8 a 14,4
Muito alto	14,4 a 18

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

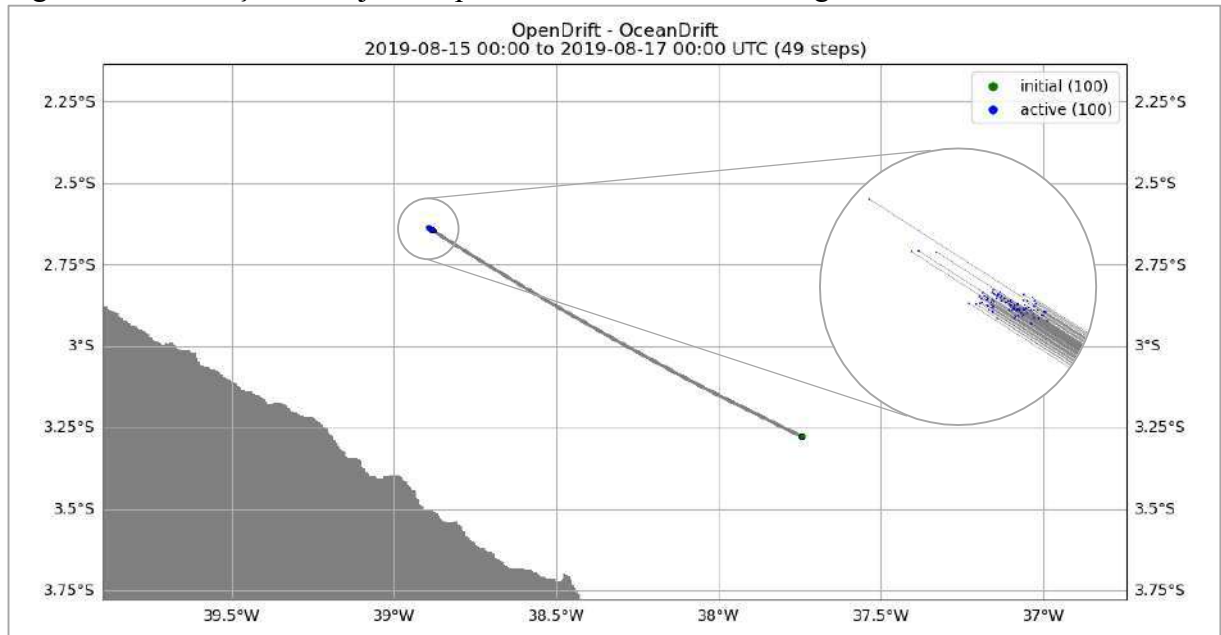
4.2.3.7 Áreas recomendadas para deslastro

O mapa de áreas recomendadas para deslastro foi confeccionado sobrepondo as áreas susceptíveis à bioinvasão e os parâmetros estabelecidos pela IMO, identificando visualmente as regiões de interseção entre as áreas de baixo risco potencial e as áreas com profundidade de 200 m há 50 milhas náuticas da costa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A simulação gerou 2 arquivos: a imagem estática do percurso com pontos iniciais e finais de cada partícula, e arquivo em vídeo com o percurso das partículas de acordo com o tempo estabelecido de 48 horas.

Figura 11: Simulação de trajeto de partículas entre 15 e 17 de agosto de 2019



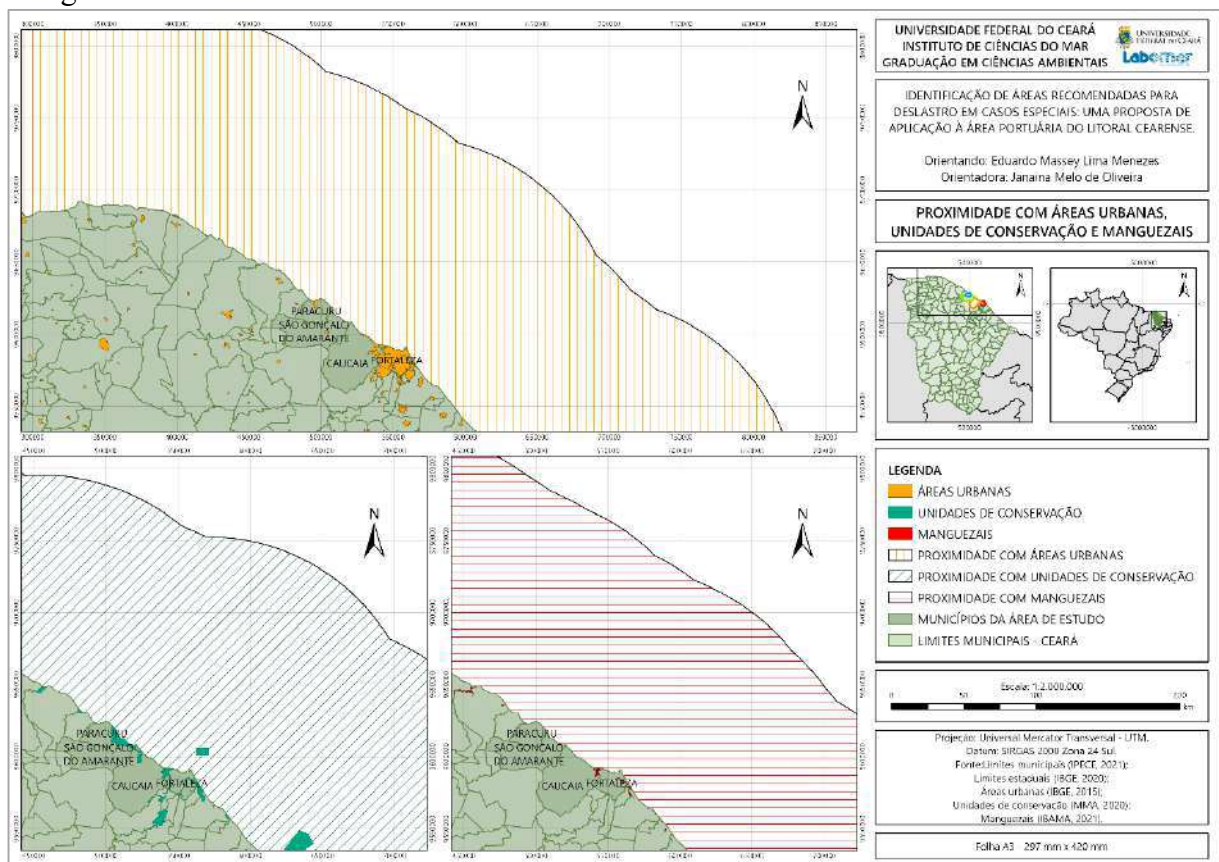
Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Como pode ser observado, as partículas seguiram a corrente equatorial, predominante à noroeste com seu ponto inicial nas coordenadas decimais longitude=37,74354434°N e latitude=3,27680909°S e final nas coordenadas decimais longitude=38,896230°N e latitude=2,633478°S, totalizando 146,52 km.

Com a distância já obtida, esse valor foi utilizado para gerar o mapa de proximidade com áreas urbanas, unidades de conservação e manguezais.

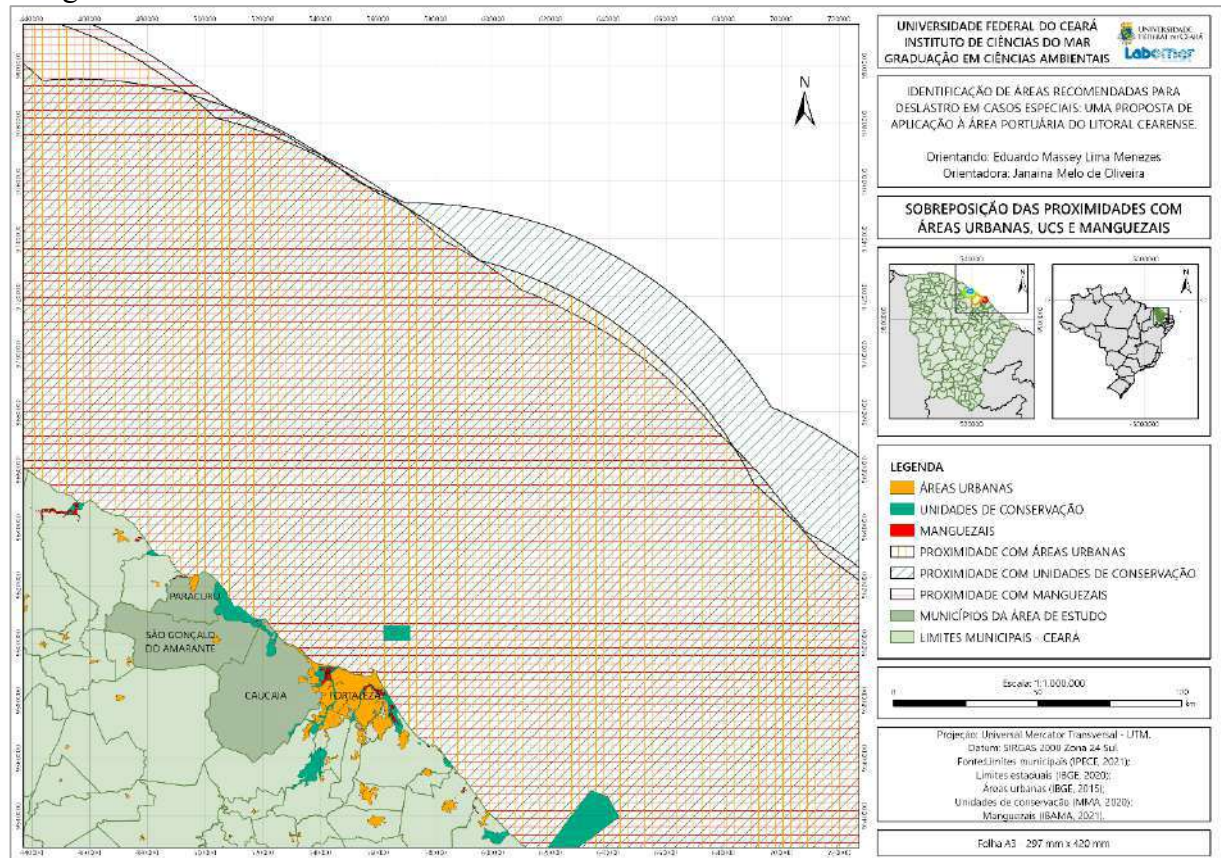
Para melhor compreensão, foram realizados dois mapas: proximidades individuais e proximidades sobrepostas: onde nas proximidades individuais as áreas estão divididas, dessa forma, podendo observar melhor onde cada uma se localiza e formato da proximidade referente; já na sobreposta, todas as áreas e proximidades estão em um mesmo plano, podendo assim identificar as regiões que são próximas de uma, duas ou três áreas.

Mapa 3: Proximidades individuais de 146,52 km de áreas urbanas, unidades de conservação e manguezais.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Mapa 4: Proximidades sobrepostas de 146,52 km de áreas urbanas, unidades de conservação e manguezais.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

O mapa de proximidade com áreas urbanas localiza manchas urbanizadas na área de estudo e nos municípios circundantes. De acordo com os arquivos vetoriais disponibilizados pelo IBGE, em um raio de 5 km da costa existem cerca de 405 mil hectares de áreas urbanas, nos municípios de Fortaleza, Caucaia, Eusébio, Aquiraz, Paracuru, Beberibe e Trairi.

A proximidade com unidades de conservação é um pouco mais adentro do mar devido as unidades Reserva Extrativista Prainha do Canto Verde e Parque Estadual Marinho da Pedra da Risca do Meio serem unidades de conservação em meio aquático, ademais, dentro de um raio de 5 km da linha costeira, pode-se encontrar as unidades listadas no quadro a seguir, considerando os arquivos vetoriais disponibilizados pelo MMA.

Quadro 4: Unidades de conservação dentro do raio de 5 km da costa nos municípios da área de estudo e circundantes.

Unidade de Conservação	Categoria	Esfera
Área de Proteção Ambiental da Lagoa do Uruaú	Uso sustentável	Estadual
Área de Proteção Ambiental das Dunas da Lagoinha	Uso sustentável	Estadual
Área de Proteção Ambiental das Dunas do Litoral Oeste	Uso sustentável	Estadual
Área de Proteção Ambiental do Estuário do Rio Ceará – Rio Maranguapinho	Uso sustentável	Estadual
Área de Proteção Ambiental do Estuário do Rio Mundaú	Uso sustentável	Estadual
Área de Proteção Ambiental do Lagamar do Cauípe	Uso sustentável	Estadual
Área de Proteção Ambiental do Rio Pacoti	Uso sustentável	Estadual
Estação Ecológica do Pecém	Proteção integral	Estadual
Monumento Natural das Falésias de Beberibe	Proteção integral	Estadual
Parque Estadual Botânico do Ceará	Proteção integral	Estadual
Parque Estadual do Cocó	Proteção integral	Estadual
Parque Estadual Marinho da Pedra da Risca do Meio	Proteção integral	Estadual
Parque Natural Municipal das Dunas da Sabiaguaba	Proteção integral	Municipal
Reserva Extrativista do Batoque	Uso sustentável	Federal
Reserva Extrativista Prainha do Canto Verde	Uso sustentável	Federal
Reserva Particular do Patrimônio Natural Aquiraz Riviera	Uso sustentável	Estadual

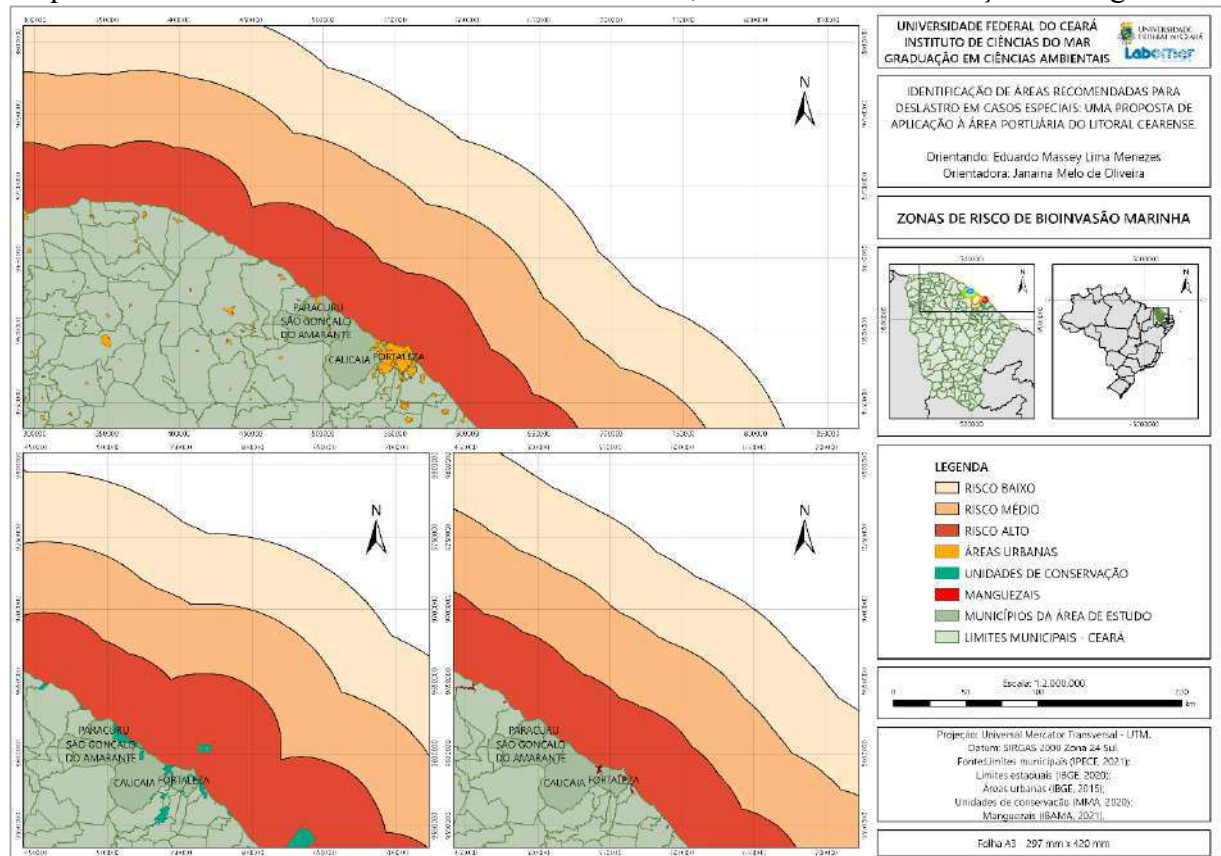
Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

De acordo com o *shapefile* disponível no site do IBAMA, nos municípios da área de estudo e circundantes com distância de até 5 km da costa, há 101 pontos de manguezais, totalizando uma área de 3.417,611 hectares de mangue, que é um ecossistema intrinsecamente frágil devido ser uma área de ecótono, ou seja, onde diferentes ecossistemas se encontram e são considerados potenciais indicadores da resposta aos impactos ambientais.

Após a criação das proximidades, a área obtida foi dividida em 3 anéis de igual distância, cada um com 48,84 km, e foi gerado o mapa de zonas de risco, também individuais e sobrepostas.

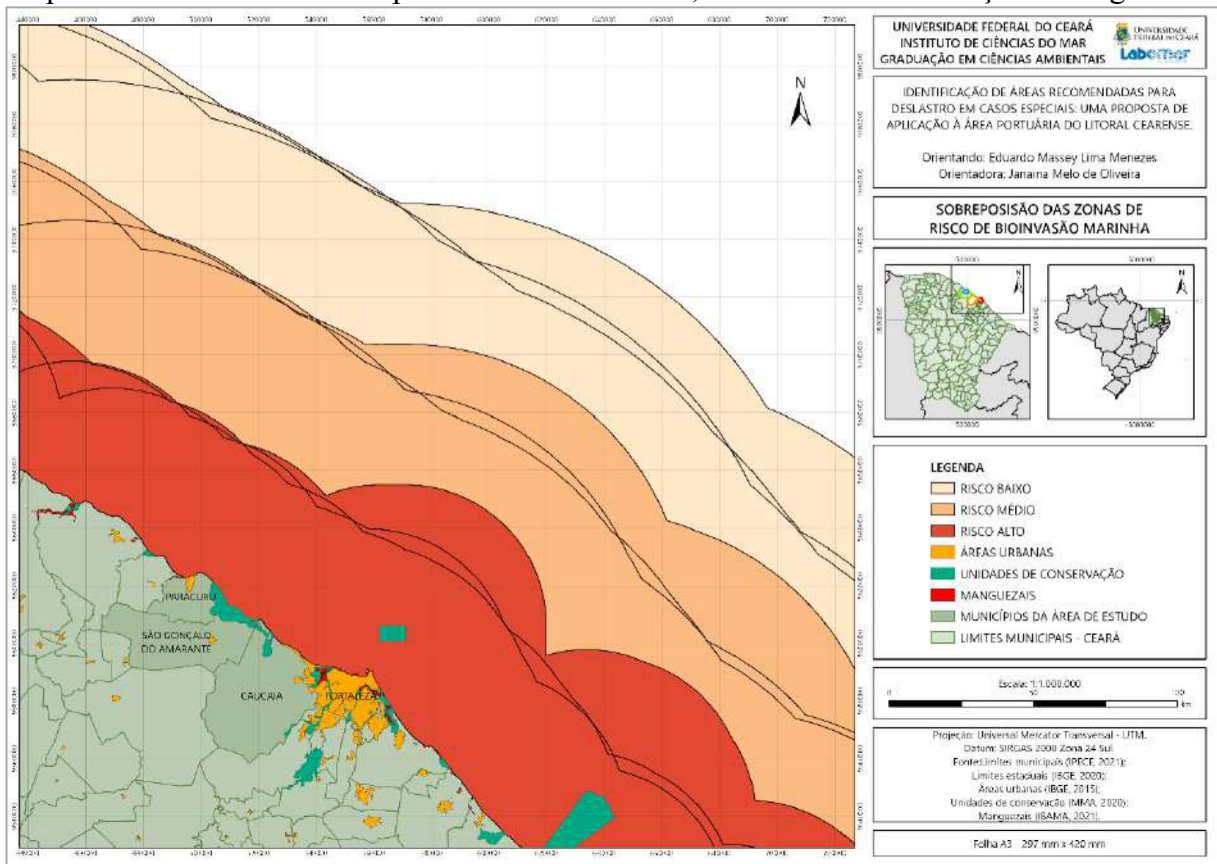
O mapa de zonas de risco apresenta exatamente a delimitação das áreas de risco baixo, médio e alto risco de contaminação, onde quanto mais próximo à costa, maior o potencial risco.

Mapa 5: Zonas de riscos individuais de áreas urbanas, unidades de conservação e manguezais.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Mapa 6: Zonas de riscos sobrepostas de áreas urbanas, unidades de conservação e manguezais.

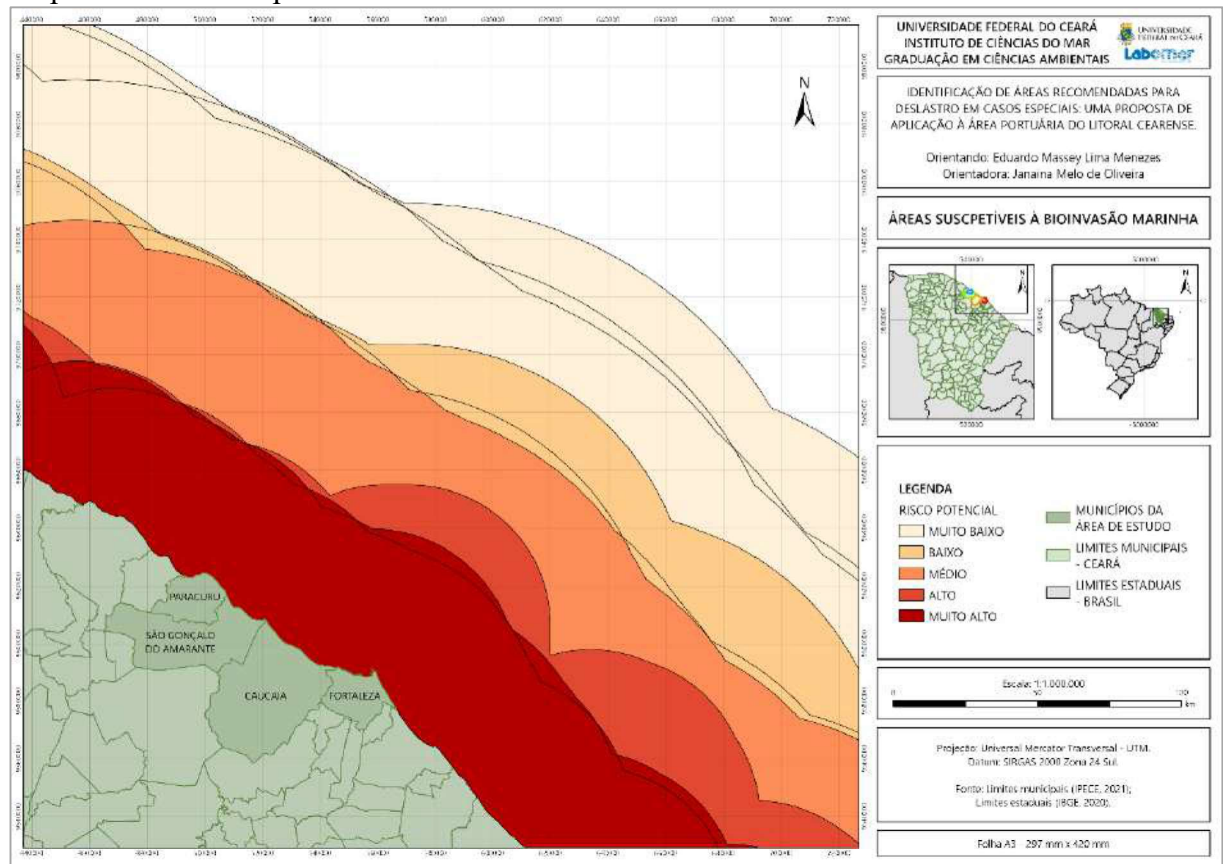


Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Essas três zonas sobrepostas, cada uma com ponderação igual e analisadas de acordo com o método booleano, produzem um mapa das áreas susceptíveis a bioinvasão, ou seja, em cada local do mapa foram determinadas as cinco categorias de risco potencial: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto.

As áreas de maior susceptibilidade a bioinvasão marinha (muito alto risco potencial) são aquelas simultaneamente sobrepostas em categorias de alto risco em todos os três mapas de zonas de risco próximas a áreas urbanas, unidades de conservação e manguezais.

Mapa 7: Áreas susceptíveis a bioinvasão marinha.



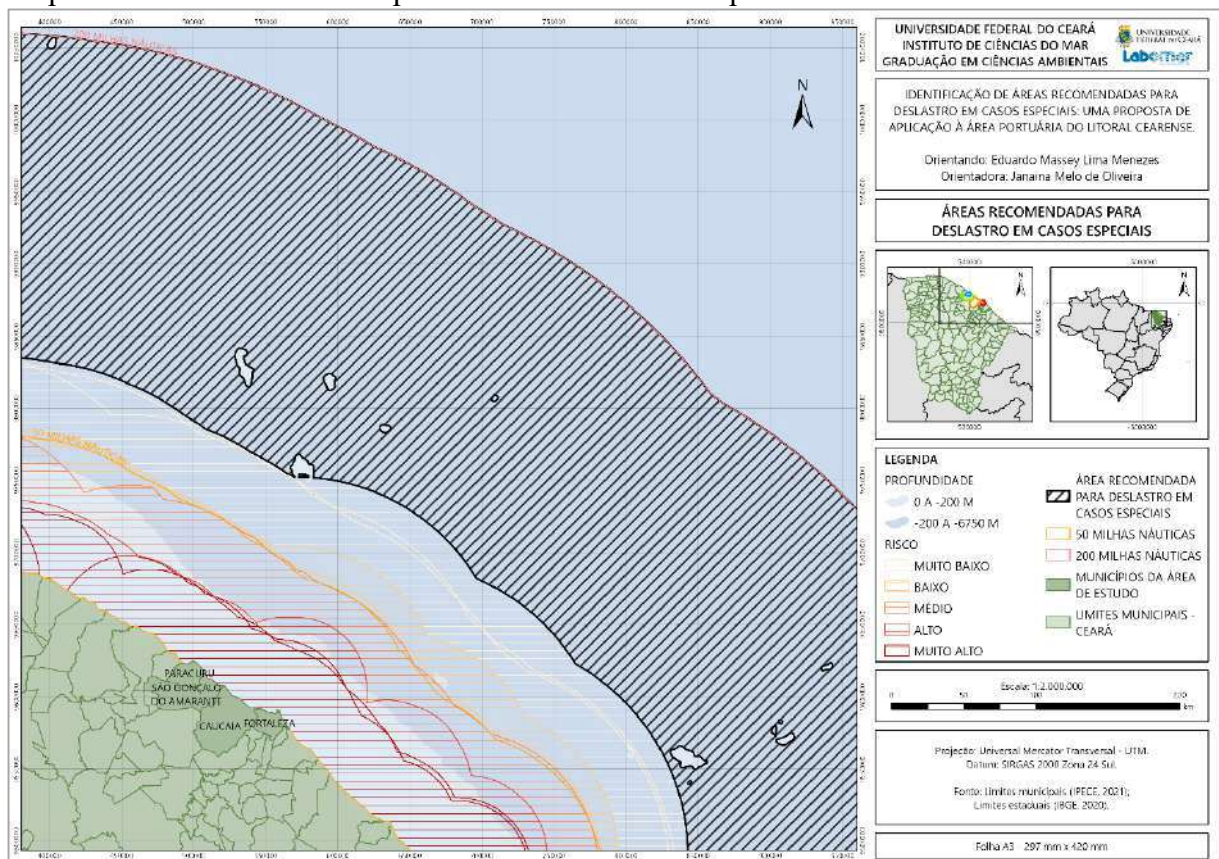
Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Como resultado, as áreas listadas na categoria de muito baixo risco nos três mapas de zonas risco serão classificadas como áreas de menor susceptibilidade a bioinvasão marinha. Essas categorias supracitadas são os extremos do vetor separador ordenado, onde se encontram as classes medianas.

O mapa de áreas susceptíveis a bioinvasão marinha mostra claramente a fragilidade das regiões litorâneas em relação à poluição da água de lastro. As áreas mais críticas, evidenciadas no mapa são aquelas que requerem maior vigilância das autoridades competentes a fim de fiscalizar a prática de deslastro.

Por fim, quando sobrepõe os vetores de áreas susceptíveis a bioinvasão marinha, área sugerida para deslastro em casos especiais entre 50 e 200 milhas náuticas, e profundidade de pelo menos 200 metros, para menor concentração na coluna d'água, pelo método de eliminação de interseção foi obtido o resultado das áreas recomendadas para deslastro em casos especiais, que se situa em uma média de 172 km da costa da área de estudo, equivalente a 92,8 milhas náuticas.

Mapa 8: Áreas recomendadas para deslastro em casos especiais.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Após a seleção do local adequado para o processo de deslastro com base no Mapa 8, e seguindo os parâmetros determinados para este fim, acredita-se que este processo deverá resultar em risco mínimo de poluição ambiental nas águas e nos ecossistemas locais do litoral cearense.

As coordenadas dessas áreas devem ser repassadas às embarcações pelas autoridades competentes, para que as mesmas que ainda não tenham seguido o procedimento adequado, realizando o processo de deslastro de forma gradual durante a viagem em até 200 milhas náuticas, o façam na área recomendada em casos especiais, onde apresenta pouco impacto ambiental e sanitário.

Na área recomendada, o sugerido é que as embarcações só poderão deslastrar na vazante, quando o nível da maré diminui, para que os potenciais contaminantes possam ser transportados para as águas profundas ao largo da costa, onde há maior diluição e resiliência e menor perigo de bioinvasão.

Além disso, o fato de a velocidade de rotação da água selecionada ser limitada, os navios podem operar normalmente durante o deslastro, sem se preocupar com correntes oceânicas circulando em altas velocidades que possam comprometer a segurança da embarcação.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os objetivos gerais e específicos foram alcançados com a utilização de geoprocessamento, que permitiu, com a sobreposição de diversas variáveis, definir a área com mínimo impacto ambiental a ser recomendada às autoridades competentes como a mais adequada para deslastrar embarcações em casos especiais, ou seja, entre 50 e 200 milhas náuticas da costa e em águas de pelo menos 200 metros de profundidade.

Ademais, para obter informações mais precisas recomenda-se a realização de estudos em campo para confirmar a velocidade das ondas e o efeito da poluição, bem como os efeitos de dispersão e purificação. Esses estudos podem contribuir para o desenvolvimento de um modelo adequado para determinar com maior exatidão a distribuição espacial possível dos organismos transportados.

A gestão costeira e marinha integrada, em relação ao desafio do transporte marítimo, requer a cooperação e esforço concertado de várias esferas, com a participação de ambientalistas, gestores de UCs e autoridades ambientais, sanitárias, marítimas e portuárias, levando em consideração os custos de operação dos navios, de modo a evitar impactos econômicos negativos nos processos de carga e descarga.

Por fim, um programa de educação ambiental deve ser desenvolvido para todos os assistentes sociais envolvidos, o que é consistente com a aceitação desse tipo de recomendação, podendo tratar temas relacionados à sustentabilidade, responsabilidade individual e ética coletiva.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em todo o estudo foi enfatizada a fragilidade ambiental e em como a sociedade pode ser afetada, por isso, as análises ambientais e espaciais com o uso de SIG se mostram extremamente importantes por gerarem produtos relevantes para a saúde, capacidade de suporte e resiliência do ecossistema local, indicando áreas onde os processos de deslastro podem ser executados de forma que não apresente potencial risco, a partir de 98,2 milhas náuticas da costa, reiterando a importância de que tais operações não devem ser feitas em águas com menos de 200 metros de profundidade.

Por fim, a identificação de áreas recomendadas para deslastro próximos ao litoral em casos especiais não isenta a recomendação de que, adequadamente, esse procedimento deve ser realizado a mais de 200 milhas náuticas da costa, conforme diretrizes internacionais; e não deve impedir a prossecução de outros processos, como a instalação de recipientes de resíduos como óleo, água de lastro e outros contaminantes em terminais portuários, ou na utilização de tecnologia de descontaminação para tanques de água de lastro como tratamento UV, com ozônio ou cavitação hidrodinâmica, que garanta eficiência na proteção ambiental e sanitária.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA BRASIL. **Empresa japonesa insiste em patentear o Cupuaçu**, Brasília, 25 set. 2003. Disponível em: <https://memoria.ebc.com.br/agenciabrasil/noticia/2003-09-25/empresa-japonesa-insiste-em-patentear-cupuacu>. Acesso em: 22 abr. 2022.
- BRASIL. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA**. Brasil : água de lastro, Brasília, fev. 2003. Disponível em: <http://bibliotecadigital.anvisa.ibict.br/jspui/handle/anvisa/409>. Acesso em: 25 mar. 2022.
- BRASIL. **Companhia Docas do Ceara - CDC**. CONHEÇA O PORTO, Fortaleza, [202-]. Disponível em: <http://www.docasdoceara.com.br/conhe%C3%A7a-o-porto>. Acesso em: 25 mar. 2022.
- BRASIL. **Complexo do Porto do Pecém - CPP**. 95% das exportações passam pelos portos, 18 ago. 2009. Disponível em: <https://www.complexodopecem.com.br/95-das-exportacoes-passam-pelos-portos-2/>. Acesso em: 25 mar. 2022.
- BRASIL. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE**. Caucaia, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ce/caucaia.html>. Acesso em: 29 mar. 2022.
- BRASIL. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE**. Fortaleza, 2021. Disponível em: <https://ibge.gov.br/cidades-e-estados/ce/fortaleza.html>. Acesso em: 28 mar. 2022.
- BRASIL. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE**. Paracuru, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ce/paracuru.html>. Acesso em: 29 mar. 2022.
- BRASIL. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE**. São Gonçalo do Amarante, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ce/sao-goncalo-do-amarante.html>. Acesso em: 29 mar. 2022.
- BRASIL. **Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA**. Mexilhão-dourado, 10 nov. 2020. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/especies-exoticas-invasoras/mexilhao-dourado>. Acesso em: 22 abr. 2022.
- BRASIL. Resolução CONAMA Nº 1 de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. **Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA**, Brasília, 23 janeiro 1986. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=95508>. Acesso em: 25 jul. 2022.
- BRASIL. **Marinha do Brasil - Diretoria de Portos e Costas**. NORMAM-20, n. 3, 2022. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/dpc/sites/www.marinha.mil.br.dpc/files/NORMAM-20-REV3.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2022.

BRASIL. **Ministério da Saúde**. Salmonella (Salmonelose), 29 dez. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/s/salmonella-salmonelose>. Acesso em: 22 abr. 2022.

BRASIL. **Secretaria Geral da Presidência da República**. Decreto promulga Convenção Internacional para Controle e Gerenciamento da Água de Lastro e Sedimentos de Navios (BWM), 02 mar. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/secretariageral/pt-br/noticias/2022/fevereiro/decreto-promulga-convencao-internacional-para-controle-e-gerenciamento-da-agua-de-lastro-e-sedimentos-de-navios-bwm>. Acesso em: 25 mar. 2022.

BRANCH, A. E. **Dictionary of shipping international business trade terms and abbreviations**. 4. ed. Londres: Whiterby Publishers, 1995. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/564781128/Branch-E-Dictionary-of-Shipping-International-Business-Trade-Terms-and-Abbreviations>. Acesso em: 25 mar. 2022.

BRANDÃO, R. D. L. **Sistema de Informações para Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza - Projeto SINFOR**. Mapa Geológico da Região Metropolitana de Fortaleza, Fortaleza, 1995. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/8568/1/SINFOR_Fortaleza_mapa.pdf. Acesso em: 29 mar. 2022.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.M.; FUCKS, S. D.; CARVALHO, M.S. **Análise Espacial e Geoprocessamento**. Disponível em < <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap1-intro.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2022.

CARMO, M. C. **Plano de gestão de água de lastro de embarcações**, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <https://bdex.eb.mil.br/jspui/handle/1/924>. Acesso em: 25 mar. 2022.

CARON JUNIOR, A. **Avaliação do risco de introdução de espécies exóticas no porto de Itajaí e entorno por meio de água de lastro**, Itajaí, 2007. Disponível em: <https://siaiap39.univali.br/repositorio/bitstream/repositorio/1924/1/Altevir%20Caron%20Junior.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2022.

CAVALLI, L. S. **White spot syndrome virus (WSSV) em camarões peneídeos cultivados e selvagens em águas estuarinas e costeiras do sul do Brasil**, 2009. Disponível em: http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=154635. Acesso em: 22 abr. 2022.

CERQUEIRA, L. L. D. M.; FERREIRA, L. A. D. **Biodiversidade e interações ecológicas**. [S.l.]: [s.n.], 2017. Disponível em: <https://setec.ufmt.br/ri/bitstream/1/22/1/BIODIVERSIDADE%20E%20INTERA%C3%87%C3%95ES%20ECOL%C3%93GICAS.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2022.

CUSTÓDIO, S. **Python, Anaconda e Spyder**. [S.l.]: [s.n.], 2017. Disponível em: <https://www.bing.com/ck/a?&p=7e99dd59d16fcb5dd8b94fa7bf688018ed3256f8e4a98ae0b1a700d9fa85f6f9JmltdHM9MTY1NTMzNTY0OCZpZ3VpZD1mODQ0YTk3NS0wZTU3LTQ0MWEtOTZmZi02OTQ2YzAyYzJkNDcmaW5zaWQ9NTQzMq&pfn=3&fclid=b8171b50-ed02-11ec-85fb-52b27c1bef4b&u=a1aHR0cHM6Ly9m>. Acesso em: 15 jun. 2022.

DAGESTAD, K.-F.; HOPE, G. **Introduction to OpenDrift**. [S.l.]: [s.n.], 2020. Disponível em: <https://opendrift.github.io/index.html>. Acesso em: 15 jun. 2022.

DIAS, F. J. D. S. **Circulação e massas de água na plataforma continental leste do Ceará**, São Paulo, 13 dez. 2011. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/21/21132/tde-19042012-153907/publico/Dias_FJS_2011.pdf. Acesso em: 28 mar. 2022.

E.U. COPERNICUS MARINE SERVICE INFORMATION. **Global Ocean Physics Reanalysis**. [S.l.]: [s.n.], [2---]. Disponível em: https://resources.marine.copernicus.eu/product-detail/GLOBAL_MULTIYEAR_PHY_001_030/INFORMATION. Acesso em: 15 jun. 2022.

EPBR. **Petrobras coloca à venda todos os campos offshore do Ceará**, 2020. Disponível em: <https://epbr.com.br/petrobras-coloca-a-venda-todos-os-campos-offshore-do-ceara/>. Acesso em: 29 mar. 2022.

FONSECA, M. M. Arte naval. **Serviço de Documentação da Marinha**, Rio de Janeiro, 1, n. 7, 2005. Disponível em: <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=dXNhY2guY2x8cGFnaW5hLWVzcGVjaWZpY2F8Z3g6NTJkNTNhNGVmMTkyZDM0NQ>. Acesso em: 17 abr. 2022.

GOLDBERG, E. D. Emerging problems in the coastal zone for the twenty-first century. **Marine Pollution Bulletin**, California, USA, v. 31, n. 4-12, p. 152-158, abr./dez. 1995. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0025326X9500102S?via%3Dihub>. Acesso em: 25 mar. 2022.

GUIMARÃES, S. Como os navios podem levar ou trazer contaminações dentro dos cascos? **Conexão Planeta**, 06 jun. 2020. Disponível em: <https://conexaoplaneta.com.br/blog/como-os-navios-podem-levar-ou-trazer-contaminacoes-dentro-dos-cascos/#:~:text=C%C3%B3lera%20A%20%C3%A1gua%20de%20lastro%20de%20navios%20foi,Tr%C3%AAs%20pessoas%20morreram%20e%20outras%20463%20ficaram%20doentes>. Acesso em: 22 abr. 2022.

IMO, International Maritime Organization. **International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments (BWM)**, 13 fev. 2004. Disponível em: [https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Control-and-Management-of-Ships%27-Ballast-Water-and-Sediments-\(BWM\).aspx#:~:text=Under%20Regulation%20B-4%20Ballast%20Water%20Exchange%2C%20all%20ships,depth%2C%20taking%20in](https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Control-and-Management-of-Ships%27-Ballast-Water-and-Sediments-(BWM).aspx#:~:text=Under%20Regulation%20B-4%20Ballast%20Water%20Exchange%2C%20all%20ships,depth%2C%20taking%20in). Acesso em: 25 mar. 2022.

IMO, International Maritime Organization. **GLOBALLAST PARTNERSHIPS**. GloBallast, 2000. Disponível em: <https://archive.iwlearn.net/globallast.imo.org/the-globallast-pilot-phase-2000-2004/index.html>. Acesso em: 23 abr. 2022.

IMO, International Maritime Organization. Resolution MEPC.50 (31): **International Guidelines for Preventing the Introduction of Unwanted Aquatic Organisms and Pathogens from Ships' Ballast Water and Sediment Discharges**, 04 jul. 1991. Disponível

em: https://www.liscr.com/sites/default/files/liscr_imo_resolutions/MEPC.50%2831%29%20-%20Guidelines%20for%20Preventing%20the%20Introduction%20of%20Unwanted%20Aquatic%20Organisms%20and%20Pathogens%20from%20Ships%27%20Ballast%20Water%20and%20Sediment%20Dischar. Acesso em: 22 abr. 2022.

IMO, International Maritime Organization. Resolution A.744(18): **Guidelines on the Enhanced Programme of Inspections during Surveys of Bulk Carriers and Oil tankers**, 04 nov. 1993. Disponível em: [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/AssemblyDocuments/A.744\(18\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/AssemblyDocuments/A.744(18).pdf). Acesso em: 22 abr. 2022.

IMO, International Maritime Organization. Resolution A.868(20): **Guidelines for the control and management of ships' ballast water to minimize the transfer of harmful aquatic organisms and pathogens**, 27 nov. 1997. Disponível em: [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/AssemblyDocuments/A.868\(20\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/AssemblyDocuments/A.868(20).pdf). Acesso em: 25 mar. 2022.

IMO, International Maritime Organization. Resolution MEPC.206(62): **Procedure for approving other methods of ballast water management in accordance with regulation b-3.7 of the BWM Convention**, 15 jul. 2011. Disponível em: [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MEPCDocuments/MEPC.206\(62\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MEPCDocuments/MEPC.206(62).pdf). Acesso em: 25 mar. 2022.

JARDIM ANIMAL. **Mexilhão-zebra: características de uma espécie invasora**, 02 jun. 2021. Disponível em: <https://jardimanimal.com.br/mexilhao-zebra-caracteristicas-de-uma-especie-invasora/>. Acesso em: 22 abr. 2022.

MAGALHÃES, G. B.; ZANELLA, M. E. Comportamento climático da região metropolitana de Fortaleza. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, Fortaleza, v. 10, p. 129-145, set./dez. 2011. ISSN 23. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/694/374>. Acesso em: 29 mar. 2022.

MELO, D. **O que é Python? [Guia para iniciantes]**. [S.l.]: [s.n.], 2021. Disponível em: <https://tecnoblog.net/responde/o-que-e-python-guia-para-iniciantes/>. Acesso em: 15 jun. 2022. MICROSOFT. **Visual Studio Code**. Seattle: [s.n.], 2022. Disponível em: <https://code.visualstudio.com/docs>. Acesso em: 15 jun. 2022.

MIRANDA, M. C. D. O problema ambiental das embarcações internacionais - transporte de espécies. **Revista do Centro de Estudos de Direito do Ordenamento, do Urbanismo e do Ambiente**, 1, n. 23, 2016. 89-119. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/332802377_O_problema_ambiental_das_embarcaoes_internacionais_-_transporte_de_especies. Acesso em: 22 abr. 2022.

MORAIS, J. O. Aspectos da Geologia Ambiental Costeira no Município de Fortaleza –, Fortaleza, 1980. Acesso em: 28 mar. 2022.

NOGUEIRA, R. M. **Gerenciamento de água de lastro e sedimentos de navios**. Rio de Janeiro: Centro de Instrução Almirante Graça Aranha (CIAGA), 2013. Disponível em: <https://www.repositorio.mar.mil.br/handle/ripcmb/451148>. Acesso em: 25 mar. 2022.

PARACURU (CIDADE). Prefeitura de Paracuru. **Dados do município**, Paracuru, 2021. Disponível em: <https://www.paracuru.ce.gov.br/omunicipio.php>. Acesso em: 29 mar. 2022.

PAVLOVSKAYA, M. **Theorizing with GIS: A tool for critical geographies?**, Nova York, 2005. Disponível em: <http://www.geo.hunter.cuny.edu/~mpavlov/Articles/Pavlovskaya%202005%20Theorizing%20with%20GIS.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2022.

PEREIRA, M. N. **Histórico de introdução do siri invasor Charybdis hellerii (A. Milne-Edwards, 1867) (Decapoda, Portunidae) na costa americana: ferramentas moleculares e morfologia comparativa**, 2016. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/59/59139/tde-14062016-224212/>. Acesso em: 22 abr. 2022.

PEREIRA, V. L. D. J. R. **Gestão de água de lastro e sedimentos**, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <https://www.repositorio.mar.mil.br/bitstream/ripcmb/451147/1/00001512.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2022.

POLLARD, D. A.; HUTCHINGS, P. A. A Review of Exotic Marine Organisms Introduced to the Australian Region. II Invertebrates and Algae. **Asian Fisheries Science**, Sydney, AUS, v. 3, p. 223-250, 1990. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/284503828_A_review_of_exotic_marine_organisms_introduced_to_the_Australian_region_II_Invertebrates_and_algae. Acesso em: 25 mar. 2022.

SAVARIZ, A.; D'AGOSTINI, F. M.; DEGENHARDT, R. Epidemiologia dos surtos de Salmonelosa no Brasil: Revisão de literatura. **Seminário de Iniciação Científica e Seminário Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão**, 2017. Disponível em: <https://unoesc.emnuvens.com.br/siepe/article/view/14803#:~:text=Segundo%20o%20Minist%C3%A9rio%20da%20Sa%C3%BAde%20a%20Salmonella%20%C3%A9,foram%20hospitalizadas%20e%20109%20%280%2C09%25%29%20vieram%20a%20%C3%B3bito>. Acesso em: 22 abr. 2022.

SENA, F.T.N.S.; NETO, B.J.S.; LEITE, A.C.S. **Uso do Geoprocessamento como subsídio à Análise Ambiental: Imagem SRTM na Geração dos Mapas Hipsométricos e de declividade das Bacias Difusas da Barragem Boa Esperança no Estado do Piauí**. IV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIA GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, Recife, PE, 2012. P.001-005. Disponível em: https://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIV/CD/artigos/SIG/121_5.pdf. Acesso em: 22 abr. 2022.

SHORT, A. D.; KLEIN, A. H. D. F. **Brazilian Beach Systems**. [S.l.]: Springer Link, 2016. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=Tm2zDAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 25 mar. 2022.

SILVA, A. S. D. **Água de Lastro e as Espécies Exóticas**, [20--]. Disponível em: https://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/artigos_agua_salgada/agua_de_lastro_e_as_especies_exoticas.html. Acesso em: 22 abr. 2022.

SILVA, R.S. **Conformidades e Conflitos Ambientais no Município de Ouro Preto como apoio à Gestão e Planejamento Municipal**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais, 2012. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/MPBB-935KEW/1/jairo_rodrigues_silva.pdf. Acesso em: 22 abr. 2022.

SOUSA, M. T. A. D. **A bioinvasão de ambientes aquáticos provocada pela água de lastro das embarcações e suas consequências jurídicas.**, Natal, 2014. Disponível em: <https://mticianosousa.blogspot.com/2015/04/a-bioinvasao-de-ambientes-aquaticos.html>. Acesso em: 18 abr. 2022.

TELES, L. J. S.; SAITO, C. H. Ballast water and sustainability: identification of areas for unballasting by geoprocessing — case study in Todos os Santos Bay, Brazil. **PANAMJAS - Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 4, n. 3, p. 283-293, 2009. Disponível em: [https://panamjas.org/pdf_artigos/PANAMJAS_4\(3\)_283-293.pdf](https://panamjas.org/pdf_artigos/PANAMJAS_4(3)_283-293.pdf). Acesso em: 25 mar. 2022.

TOMLINSON, R. F.; BOYLE, A. R. **The State Of Development Of Systems For Handling Natural Resources Inventory Data**. 4. ed. [S.l.]: Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization, v. 18, 1981. 65-95 p. Disponível em: <https://utpjournals.press/doi/10.3138/7262-N455-7101-5347>. Acesso em: 28 mar. 2022.

ZONA DE RISCO. **Mexilhão-dourado invade o Nordeste**, 06 dez. 2016. Disponível em: <https://zonaderisco.blogspot.com/2016/12/mexilhao-dourado-invade-o-nordeste.html>. Acesso em: 22 abr. 2022.