

ESCOLA DE GUERRA NAVAL

CC GUILHERME PIRES BLACK PEREIRA

**ANÁLISE DOS POSSÍVEIS IMPACTOS DAS MUDANÇAS
CLIMÁTICAS NA SEGURANÇA DA NAVEGAÇÃO, SOB O ENFOQUE
DA AUTORIDADE MARÍTIMA**

Rio de Janeiro

2024

CC GUILHERME PIRES BLACK PEREIRA

**ANÁLISE DOS POSSÍVEIS IMPACTOS DAS MUDANÇAS
CLIMÁTICAS NA SEGURANÇA DA NAVEGAÇÃO, SOB O ENFOQUE
DA AUTORIDADE MARÍTIMA**

Monografia apresentada à Escola de
Guerra Naval, como requisito parcial
para a conclusão do Curso Superior.

Orientador: CC (RM-3) ARAGÃO

Rio de Janeiro
Escola de Guerra Naval
2024

DECLARAÇÃO DA NÃO EXISTÊNCIA DE APROPRIAÇÃO INTELECTUAL IRREGULAR

Declaro que este trabalho acadêmico: a) corresponde ao resultado de investigação por mim desenvolvida, enquanto discente da Escola de Guerra Naval (EGN); b) é um trabalho original, ou seja, que não foi por mim anteriormente utilizado para fins acadêmicos ou quaisquer outros; c) é inédito, isto é, não foi ainda objeto de publicação; e d) é de minha integral e exclusiva autoria.

Declaro também que tenho ciência de que a utilização de ideias ou palavras de autoria de outrem, sem a devida identificação da fonte, e o uso de recursos de inteligência artificial no processo de escrita constituem grave falta ética, moral, legal e disciplinar. Ademais, assumo o compromisso de que este trabalho possa, a qualquer tempo, ser analisado para verificação de sua originalidade e ineditismo, por meio de ferramentas de detecção de similaridades ou por profissionais qualificados.

Os direitos morais e patrimoniais deste trabalho acadêmico, nos termos da Lei 9.610/1998, pertencem ao seu Autor, sendo vedado o uso comercial sem prévia autorização. É permitida a transcrição parcial de textos do trabalho, ou mencioná-los, para comentários e citações, desde que seja feita a referência bibliográfica completa.

Os conceitos e ideias expressas neste trabalho acadêmico são de responsabilidade do Autor e não retratam qualquer orientação institucional da EGN ou da Marinha do Brasil.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que contribuíram para que eu pudesse alcançar a graça de ter saúde, paz e tranquilidade para que eu pudesse realizar minhas tarefas profissionais com entusiasmo e dedicação. A realização desta monografia só pôde ser feita com o incentivo, colaboração e compreensão de vocês. Papai do céu foi bondoso comigo, ao presentear a minha vida com pessoas que torcem por mim, me querem bem e que se sentem felizes e alegres com a minha presença em suas vidas. Eu tenho muito a agradecer a Deus, principalmente pela minha boa saúde e pela serenidade que tive para enfrentar dificuldades até aqui. Aos meus amados pais, Maria de Lourdes e Paulo, por terem me amado e me ensinado o caminho do bem, transmitindo-me com muita honra, fundamentais valores éticos e morais, que hoje tenho orgulho, a fé e a responsabilidade de retransmiti-los ao meu amado filho João, como demonstração de todo o meu amor e o meu desejo para que ele se torne um grande homem. Aos meus irmãos, a minha irmã Paula e ao meu sobrinho Ian Gabriel, meu agradecimento pela amizade, parceria e compreensão. À minha namorada Priscila e ao meu enteado Matheus minha gratidão pela paz e pela tranquilidade do convívio, que trouxeram à nova fase da minha vida pessoal e profissional. Por fim, agradeço pelo incentivo da tripulação e de todos os novos amigos que fiz no INPG, assim como pela excelente acolhida em um ambiente de muito camaradagem, profissionalismo e cordialidade, e que me apoiou e manteve motivado ao longo de mais esta empreitada profissional.

RESUMO

POSSÍVEIS IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA SEGURANÇA DA NAVEGAÇÃO, SOB O ENFOQUE DA AUTORIDADE MARÍTIMA

Mudanças climáticas já são uma realidade no planeta e os extremos hidrometeorológicos estão sendo fortemente afetados por elas, e as projeções para o futuro indicam que eles vão se tornar cada vez mais intensos. Dentro do contexto marítimo, é inevitável que tais mudanças influenciem diretamente a segurança da navegação e a economia azul e, no Brasil, garantir a segurança da navegação é uma das responsabilidades da Autoridade Marítima. Diante da comprovação de que a elevação do nível do mar é irreversível nos próximos séculos e da importância da navegação para o Brasil, esta pesquisa objetiva identificar no Serviço de Tráfego de Embarcações (*Vessel Traffic Service*), de auxílio à navegação marítima, as adaptações necessárias para que ele possa eficazmente contribuir para a mitigação de seus possíveis efeitos na acessibilidade marítima portuária, na segurança da navegação em Águas Jurisdicionais Brasileiras, em especial, da elevação do nível médio do mar, previsto para o litoral brasileiro. As experiências e boas práticas em diversos portos pelo mundo demonstram a aplicabilidade de medidas mitigadoras e contribuem para a difusão do conhecimento e da conscientização a respeito de possíveis impactos decorrentes na operação e infraestrutura portuária, por meio da padronização de procedimentos e treinamentos; investimentos financeiros na instalação de equipamentos de monitoramento meteorológico e oceanográficos; implantação de sistemas de alerta e alarme para prevenção a eventos extremos hidrometeorológicos; a inclusão de estudos que visem a criação de mapas de vulnerabilidade e mapas de risco a inundações na área portuária e a implantação de sistemas digitais. As ações propostas podem subsidiar a elaboração de requisitos para renovação da concessão de autorização de operação do Serviço no Brasil de forma a contemplar medidas de ampliação da resiliência operacional deste importante serviço frente as mudanças climáticas.

Palavras-chave: Impactos das Mudanças Climáticas. Serviço de Tráfego de Embarcações. Segurança da Navegação. Elevação do Nível Médio do Mar. Extremos Hidrometeorológicos.

ABSTRACT

THE POSSIBLE IMPACTS FROM CLIMATE CHANGE ON NAVIGATION SAFETY, UNDER THE FOCUS OF THE MARITIME AUTHORITY

Climate change is already a reality on the planet and hydrometeorological extremes are being strongly affected by it, and projections for the future indicate that they will become increasingly intense. Within the maritime context, it is inevitable that climate change will directly influence navigation safety and the blue economy and, in Brazil, ensuring navigation safety is one of the responsibilities of the Maritime Authority. Given the evidence that the rise in sea level is irreversible in the coming centuries and the importance of navigation for Brazil, this research aims to identify in the Vessel Traffic Service, which aids maritime navigation, the necessary adaptations so that it can effectively contribute to mitigating its possible effects on maritime port accessibility, on the safety of navigation in Brazilian Jurisdictional Waters, in particular, the rise in the average sea level, predicted for the Brazilian coast. Experiences and good practices in several ports around the world demonstrate the applicability of mitigating measures and contribute to the dissemination of knowledge and awareness regarding possible impacts on port operations and infrastructure, through the standardization of procedures and training; financial investments in the installation of meteorological and oceanographic monitoring equipment; implementation of alert and alarm systems to prevent extreme hydrometeorological events; the inclusion of studies aimed at creating vulnerability maps and flood risk maps in the port area and the implementation of digital systems. The proposed actions can support the development of requirements for the renewal of the Service's operating authorization in Brazil in order to include measures to increase the operational resilience of this important service in the face of climate change.

Keywords: Impacts of Climate Change. Vessel Traffic Service. Navigation Safety. Average Sea Level Rise. Hydrometeorological Extremes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma da pesquisa.	13
Figura 2: Média diária da temperatura do ar na superfície para os anos entre 1940 e 2022; 2023; e 2024.	19
Figura 3: Elevação do nível do mar: observações e projeções 2020-2100.	22
Figura 4: Impactos potenciais das mudanças climáticas nos portos e navegação....	26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AJB	-	Águas Jurisdicionais Brasileiras
AIS	-	Automatic Identification System
AM	-	Autoridade Marítima
AtoN	-	Marine Aids to Navigation (Auxílio à navegação marítima)
COP26	-	Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas
IMO	-	Organização Marítima Internacional
IPCC	-	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
MB	-	Marinha do Brasil
OMM	-	Organização Meteorológica Mundial
PEM	-	Planejamento Estratégico da Marinha
SisGAAz	-	Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul
SOLAS	-	Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida no Mar
TSM	-	Temperatura da Superfície do Mar
VTMIS	-	Vessel Traffic Management Information System
VTS	-	Vessel Traffic Service (Serviço de Tráfego de Embarcações)
VTSO	-	Vessel Traffic Service Operator
VTSS	-	Vessel Traffic Service Supervisor

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	10
2 - AUTORIDADE MARÍTIMA E O SERVIÇO DE TRÁFEGO DE EMBARCAÇÕES NO BRASIL	13
2.1 - MARINHA DO BRASIL E SUA RESPONSABILIDADE COMO AUTORIDADE MARÍTIMA.....	14
2.2 - A SEGURANÇA DA NAVEGAÇÃO E O PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DA MARINHA (PEM).....	15
2.3 - CONCEITO DE SEGURANÇA MARÍTIMA	16
2.4 - SERVIÇO DE TRÁFEGO DE EMBARCAÇÕES (<i>VESSEL TRAFFIC SERVICE – VTS</i>).....	16
3 - MUDANÇAS CLIMÁTICAS: EVIDÊNCIAS E PROJEÇÕES	18
3.1 - EVIDÊNCIAS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS	18
3.2 - PROJEÇÕES CLIMÁTICAS: QUAIS VARIÁVEIS SERÃO IMPACTADAS?.....	20
3.3 - PROJEÇÕES DE AUMENTO DO NÍVEL MÉDIO DO MAR.....	21
3.4 - PROJEÇÕES DA ELEVAÇÃO DO NÍVEL MÉDIO DO MAR NO LITORAL BRASILEIRO.....	22
4 - IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA SEGURANÇA DA NAVEGAÇÃO E NOS PORTOS	23
5 - MEDIDAS MITIGADORAS DE CURTO, MÉDIO E LONGO PRAZO	27
5.1 - AÇÕES MITIGADORAS QUE PODEM SER APLICADAS NAS AJB	34
6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
REFERÊNCIAS	38

1 - INTRODUÇÃO

Mudanças climáticas já são uma realidade no planeta e estudos mostram que os extremos meteorológicos estão sendo fortemente afetados pelo aquecimento global, como por exemplo a frequência e a intensidade dos ciclones tropicais, as chuvas intensas, as ondas de calor e secas pelo mundo, conseqüentemente influenciando a intensificação dos desastres naturais, derretimento das calotas polares, aumento do nível médio do mar e umidade na atmosfera. O ciclo da água no planeta também está sofrendo alterações (IPCC, 2023).

O relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – IPCC (2023) indica que o nível médio do mar global vem aumentando desde 1901 e que a taxa de elevação anual também vem crescendo acentuadamente. Estudos mostram que a taxa de elevação, em média, registrada do nível médio do mar foi de 1,3 mm/ano entre 1901 e 1971, crescendo para 1,9 mm/ano entre 1971 e 2006 e, aumentado ainda mais entre 2006 e 2018, atingindo valores médios de crescimento de 3,7 mm/dia.

Segundo Spano *et al.* (2021), o Brasil poderá sofrer grandes impactos se as emissões de carbono seguirem aumentando pelo mundo. As cidades brasileiras já sentem o aumento dos casos de escorregamento de encostas e inundações como resultado da intensificação da frequência das chuvas extremas. Os autores destacam que as mudanças do clima influenciam diretamente a exposição das pessoas e a economia brasileira, pois a combinação entre o aumento do nível médio do mar, a erosão costeira, os eventos climáticos extremos e uma redução na produção laboral pode provocar uma perda de cerca de 7% do PIB brasileiro até 2100, tendo efeitos desastrosos nas regiões costeiras, nas infraestruturas e nos ecossistemas do país, e que, diante da questão, a solução mais prudente é investir em infraestruturas resilientes a fim de minimizar os impactos nas regiões litorâneas.

Dentro do contexto marítimo, é inevitável que as mudanças climáticas influenciem diretamente a segurança da navegação e a economia azul. Segundo a lei Lei Complementar nº 97, de 9 de junho de 1999 (BRASIL, 1999), é de responsabilidade do Comandante da Marinha a Segurança da Navegação, no exercício de suas atribuições legais, na qualidade de Autoridade Marítima, inclusive relacionadas à normatização dos Auxílios à Navegação marítimos, em âmbito nacional.

No âmbito da segurança da navegação, o Serviço de Tráfego de Embarcações (*Vessel Traffic Service* - VTS), tem como objetivo monitorar o tráfego aquaviário

através de um auxílio eletrônico à navegação, visando promover a segurança da vida humana no mar, assim como da navegação e a proteção ao meio ambiente nas regiões de elevado tráfego de embarcações e/ou áreas com potencial de ocorrência de riscos elevados de acidentes (Brasil, 2023). No Brasil, alguns portos já implementaram o VTS para aumentar a segurança aquaviária local (Mota Brasil, Perini Costa, Oliveira Nolasco, 2022).

Diante da comprovação de que a elevação do nível do mar é irreversível nos próximos séculos (IPCC, 2023) e da importância da navegação para o Brasil, no âmbito de transporte de cargas, pessoas, logística e segurança nacional e a projeção de crescimento na costa do país; a proteção de embarcações, cargas e pessoas é de extrema relevância para a Marinha do Brasil.

No âmbito global, pesquisadores já estão estudando e relacionando a segurança da navegação e a influência do aquecimento global e das mudanças climáticas, como por exemplo no trabalho de Chang e Wang (2023) que, visando a segurança da navegação no porto Keelung, localizada ao norte de Taiwan, analisaram a influência da elevação do nível médio do mar na segurança de portos. Os resultados mostraram que a elevação do nível médio do mar podem diretamente influenciar a direção e as correntes no local do estudo, e que por essa variável ser crucial para a navegação de embarcações, as análises podem ser utilizadas tanto para a segurança da navegação como na elaboração de estratégias futuras baseadas nas condições de correntes alteradas pelas mudanças climáticas, servindo para melhorar a gestão marítima e das autoridades visando uma navegação segura nos canais portuários.

Medidas não-estruturais como prevenção e mitigação dos impactos do aquecimento global na segurança da navegação, tornam-se relevantes para a redução de possíveis gastos ambientais e econômicos com acidentes aquaviários e para o planejamento de respostas diante das mudanças climáticas inevitáveis. Assim, a necessidade de pesquisas voltadas para o tema que envolva risco de acidentes com embarcações e mudanças climáticas é imprescindível na mitigação de danos materiais, patrimoniais, risco à vida humana e ao meio ambiente.

Apesar de poucos portos pelo mundo se preocuparem com investimentos preventivos que reforcem a resiliência e a adaptação as mudanças climáticas, visando minimizar as perdas econômicas e humanas diante da intensificação dos extremos meteorológicos e dos riscos ligados à segurança da navegação (PIANC, 2024), Christian Aid (2023) ressalta que as perdas calculadas com esses eventos estão

subestimadas, pois os operadores portuários também precisam incluir perdas que são difíceis de quantificar e que estão relacionadas à interrupção dos portos e fechamentos, perdas de produção e consequências sociais, o que eleva o cálculo do custo final de perda financeira.

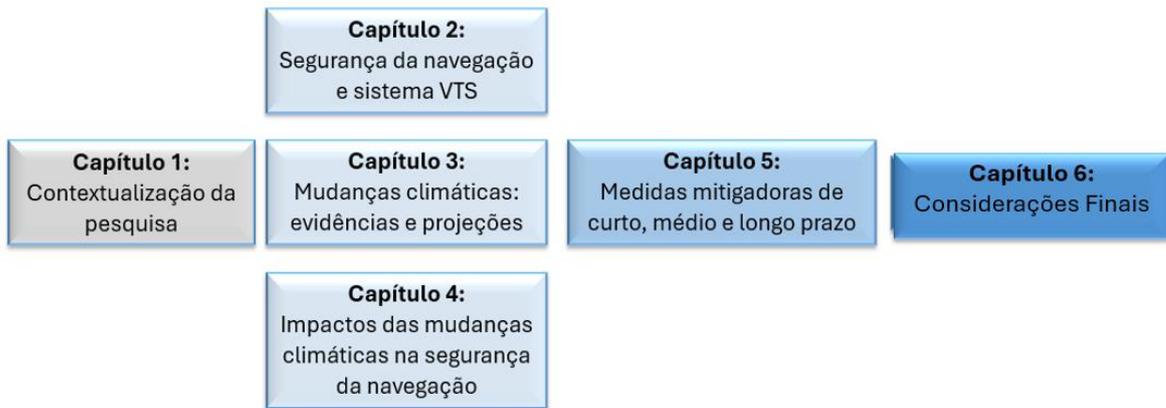
Dada a responsabilidade da Marinha do Brasil como Autoridade Marítima, esta pesquisa objetiva identificar em um VTS, os serviços e infraestruturas padronizados e as adaptações necessárias para que ele possa contribuir para a mitigação de possíveis efeitos das mudanças climáticas na acessibilidade marítima portuária e nos impactos decorrentes na segurança da navegação em Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB), como forma de fomentar a contribuição fundamental para o desenvolvimento da economia azul. Assim, a pesquisa descreve a influência das mudanças climáticas no Poder Marítimo dentro do contexto de mitigação dos impactos para segurança da navegação e eficiência do tráfego marítimo.

A seguir serão descritos no Capítulo 2 o sistema VTS e sua relação com a segurança da navegação, e no Capítulo 3 as mudanças climáticas, suas evidências e projeções, ambos destacando sua importância no âmbito do Brasil.

No Capítulo 4 será discutido como as mudanças climáticas podem impactar os portos e a segurança da navegação, relacionando os riscos e efeitos das consequências do clima na navegação do Brasil. O Capítulo 5 fornece uma visão geral das medidas mitigadoras já aplicadas mundialmente voltadas à segurança da navegação portuária, sugerindo quais são as medidas de curto, médio e longo prazo que podem ser aplicadas como ações preventivas diante do impacto do aquecimento global na navegação no litoral do Brasil, e o Capítulo 6 apresenta as conclusões.

A figura 1 apresenta a metodologia de desenvolvimento desta pesquisa descrita nos capítulos a seguir, e visa facilitar o entendimento do leitor acerca dos passos construídos ao longo do trabalho.

Figura 1: Fluxograma da pesquisa.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A pesquisa será qualitativa e exploratória, e visa destacar os impactos das mudanças climáticas nos portos, descrever a importância de um sistema VTS, ressaltar medidas de mitigação dos principais efeitos da mudança do clima que já vem sendo ou que serão internacionalmente adotadas pelos Centros VTS, identificar medidas de planejamento e mitigação utilizadas nos portos, pelo mundo, e que poderiam ser aplicadas nos portos brasileiros.

As medidas apresentadas podem contribuir para o incremento da segurança da navegação e para a elaboração de requisitos para renovação da concessão de autorização de operação do serviço VTS no Brasil, ampliando-se a resiliência operacional de acesso portuária, frente as mudanças climáticas, em AJB.

2 - AUTORIDADE MARÍTIMA E O SERVIÇO DE TRÁFEGO DE EMBARCAÇÕES NO BRASIL

Diante da responsabilidade da Marinha do Brasil, dentro de suas atribuições como Autoridade Marítima, este capítulo visa descrever a importância do sistema VTS no âmbito da segurança e eficiência da navegação, destacar como ele se insere no Planejamento Estratégico da Marinha (PEM) e quais as características e normativas que o sistema possui.

2.1 - MARINHA DO BRASIL E SUA RESPONSABILIDADE COMO AUTORIDADE MARÍTIMA

De acordo com IALA (2024), o VTS é um auxílio à navegação marítima (em inglês *Marine Aids to Navigation - AtoN*), sendo este último definido como sendo qualquer dispositivo, sistema ou serviço, externo às embarcações, projetado e operado para melhorar a segurança e eficiência da navegação de embarcações em viagens individuais e/ou do tráfego de embarcações.

O Serviço de Tráfego de Embarcações (VTS), de acordo com a Regra 12, Capítulo V, da Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida no Mar (SOLAS), combinado com a Resolução A.1158(32) da Organização Marítima Internacional (IMO), deve ser implementado por um Governo (Autoridade Competente), como forma de melhorar a segurança e eficiência da navegação, contribuir para a segurança da vida no mar, e apoiar a proteção ao meio ambiente (IMO, 2021).

No Brasil, conforme disposto no Parágrafo único do artigo 17 da Lei Complementar nº 97, de 9 de Junho de 1999, devido as especificidades das atribuições subsidiárias particulares, entre elas: a orientação e o controle da Marinha Mercante e suas atividades, no que tange a defesa nacional; o provimento da segurança da navegação aquaviária; a formulação e condução de políticas nacionais relacionadas ao mar; a implementação e fiscalização de leis e regulamentos em AJB em razão de suas competências específicas; e a necessária cooperação à repressão aos delitos de repercussão nacional ou internacional em AJB, o Comandante da Marinha é designado como “Autoridade Marítima (AM)” (Brasil, 1999).

O provimento da Segurança da Navegação Aquaviária – atribuição subsidiária particular específica da Marinha do Brasil (MB) presente no inciso II do artigo 17 da supracitada Lei, combinada com as atribuições da AM especificamente previstas nas alíneas b e l, do inciso I, do artigo 4º da Lei 9.537/1997 Lei de Segurança do Tráfego Aquaviário (Brasil, 1997) consolidam o respaldo legislativo necessário, para que a AM exerça, em âmbito nacional, a função de Autoridade Competente VTS, confirmada por meio das promulgação das normativas da Autoridade Marítima brasileira para Serviço de Tráfego de Embarcações (VTS), presentes na NORMAM-602/DHN (Brasil, 2023).

2.2 - A SEGURANÇA DA NAVEGAÇÃO E O PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DA MARINHA (PEM)

Como Autoridade Marítima e responsável integral do controle de tráfego marítimo, a Marinha do Brasil possui o papel principal no monitoramento das Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB), que é denominada de Amazônia Azul, visto que o transporte marítimo corresponde a 95% do comércio exterior do país, e sua interrupção pode acarretar o colapso da economia brasileira (Rodrigues, 2021).

O Planejamento Estratégico da Marinha (Brasil, 2020), com diretrizes aplicáveis até 2040, inclui uma parte estratégica, que considera o ambiente operacional marítimo e suas ameaças, e uma parte executiva, considerando aspectos como ações estratégicas navais que visam cumprir os objetivos navais previstos na Política Naval, que contém o mapa e as ações estratégicas da Marinha, incluindo os sete programas estratégicos (Rodrigues, 2021).

No âmbito da parte estratégica, as ameaças marítimas são uma preocupação constante para a Marinha do Brasil, e difundir a mentalidade de segurança se torna imprescindível. Assim, atendendo a esse aspecto, é relevante pensar no dimensionamento das forças navais, incluindo também ações de monitoramento marítimo (Brasil, 2020).

Na parte executiva, o PEM (Brasil, 2020) traz questões relacionadas ao Mapa Estratégico da Marinha, e, dentre os Doze Objetivos Navais previstos na Política Naval, está o de prover a segurança marítima. A política possui ainda 16 estratégias navais e 51 ações estratégicas, e inclui sete programas estratégicos, dentre eles o Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul (SisGAAz).

Desenvolvido pela MB e iniciado em 2015, o projeto do SisGAAz busca prover uma interface operacional única que mostre o perfil em tempo real do que está ocorrendo nas AJB, por meio da união de uma rede de sensores, de informações colaborativas e de dados, propiciando uma ferramenta de comando, controle, inteligência, busca e salvamento marítimo para uso civil e militar, sendo essencial para o sistema defensivo proativo das AJB (Brasil, 2020). Nesse escopo, o sistema VTS é uma ferramenta que pode colaborar muito com esse monitoramento.

2.3 - CONCEITO DE SEGURANÇA MARÍTIMA

Segundo Beirão (2014), o conceito de Segurança Marítima no Brasil inclui dois aspectos: o *safety* e o *security*, e cada um deles relaciona-se com suas respectivas atividades desenvolvidas, que, juntas, contribuem para o maior controle e monitoramento das atividades realizadas nas Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB).

O conceito de *safety* busca salvaguardar a vida humana no mar, a navegação segura e a proteção ao meio ambiente, incluindo a prevenção da poluição hídrica e a prevenção de acidentes e incidentes no mar (Pires *et al.*, 2022). Para garantir esse aspecto nas AJB, Gama (2023) cita a necessidade de o país contar com um sistema capaz de vigiar, monitorar e controlar a navegação nessa área.

Já o *security* visa a proteção marítima considerando o emprego das forças navais e outros órgãos governamentais de fiscalização. Esse conceito inclui operações contra pirataria, roubo armado, contrabando, tráfico de drogas, entre outras atividades criminosas no mar.

Segundo Gama (2023), um sistema VTS inicialmente seria incluído somente na vertente *safety*, porém ao ser aperfeiçoado com novas tecnologias de monitoramento, ele também passou a contribuir com o *security*, pois as novas tecnologias possibilitam o fornecimento de informações importantes de monitoramento contra crimes praticados no mar, como, por exemplo, o VTS pode auxiliar no combate ao contrabando, pirataria e narcotráfico.

2.4 - SERVIÇO DE TRÁFEGO DE EMBARCAÇÕES (*VESSEL TRAFFIC SERVICE – VTS*)

O Serviço de Tráfego de Embarcações conhecido como VTS - *Vessel Traffic Service*, surgiu a partir do crescente aumento de atividades econômicas no mar e do transporte marítimo, ressaltando a necessidade da adoção de medidas que visem aumentar a segurança da navegação, a vigilância marítima e a proteção ao meio ambiente (Gama, 2023).

O VTS atua como um assessor para o tráfego marítimo, interagindo ativamente com as embarcações em sua área de atuação, monitorando e divulgando informações de assistência ao navegante, podendo ser utilizado em portos e hidrovias pelo mundo. Os serviços prestados se estendem desde auxílios mais diretos como informações de

interesse à entrada e saída de porto, avisos meteorológicos e de tráfego, até o gerenciamento do tráfego de um porto ou via navegável, sendo uma ferramenta disponível para a Autoridade Marítima, contribuindo para o monitoramento do tráfego aquaviário, a segurança da navegação, a salvaguarda da vida humana no mar e a proteção do meio ambiente (Marques, 2017; Gama, 2023).

Em áreas costeiras, o VTS visa monitorar o trânsito de embarcações. Já nos portos, ele deve ser capaz de integrar todos os serviços previstos pela IMO e definidos pela NORMAM-602 (Brasil, 2023). A implantação de um sistema VTS precisa considerar não somente o volume de tráfego, como também os riscos inerentes às operações portuárias e a segurança da navegação.

Nesta pesquisa, cabe descrever o Sistema de Gerenciamento e Informação do Tráfego de Embarcações conhecido como VTMISS (*Vessel Traffic Management Information System*), que é considerado como uma ampliação do VTS e já se encontra em operação no Brasil (Mota Brasil, Perini Costa, Oliveira Nolasco, 2022). O VTMISS gerencia, além do tráfego marítimo contido em um VTS, outros processos no âmbito portuário, integrando diversas informações distintas oriundas de empresas de navegação, praticagem, logística, segurança pública, entre outros, objetivando, além da segurança à navegação, também a otimização de tempo por meio da digitalização de processos e redução de custos. Ressalta-se que os serviços contemplados pelo VTMISS não são padronizados pela IALA, apenas aqueles relacionados ao VTS, cujo enfoque principal da Segurança da Navegação converge diretamente com as atribuições da Autoridade Marítima nacional (Brasil, 2023).

De acordo com a NORMAM-602/DHN, a Autoridade Marítima define requisitos mínimos para a implantação de um sistema VTS, sendo eles divididos em duas partes: pessoal e material. A parte de pessoal inclui um gerente com conhecimentos e formação na área náutica, agentes administrativos com conhecimento das rotinas operacionais, os operadores (*Vessel Traffic Service Operator – VTSSO*), que são responsáveis pela realização do serviço, e os supervisores (*Vessel Traffic Service Supervisor - VTSS*), que podem ou não estar incluídos na equipe. Ainda na parte de pessoal, é de responsabilidade da Autoridade Marítima direcionar os requisitos mínimos para o treinamento de pessoal do VTS (Brasil, 2023).

Em relação à parte material, os equipamentos essenciais estão descritos com maiores detalhes no Guideline IALA G1111 “*Establishing Functional and performance requirements for VTS systems and equipment*” (IALA, 2022). De modo geral, os

principais equipamentos são um radar de monitoramento, um sistema de comunicação VHF, circuito de TV fechado, o serviço AIS (*Automatic Identification System*), sistemas de cartas eletrônicas e de gravação de dados.

Apesar da implementação do sistema VTS ser somente uma recomendação e não uma obrigatoriedade no Brasil, e dos custos de investimentos se elevarem ao passo que aumentem a tecnologia envolvida no sistema (Marques, 2017), no Brasil o primeiro VTS homologado foi em 2015 no porto do Açu, no Rio de Janeiro, e o segundo, ativado como VTMISS em 2017 foi no porto de Vitória, Espírito Santo (Mota Brasil, Perini Costa, Oliveira Nolasco, 2022).

Gomes (2017) destacou que os sistemas VTMISS, atualmente, se destacam a nível mundial na capacidade de gerenciamento de informações entre navios e portos, e ressalta que a implementação desses sistemas poderá auxiliar no aumento da segurança marítima no âmbito de planejamento de ações de patrulha e inspeções navais para a MB como AM, contribuindo para os aspectos *safety* e *security*, sendo uma oportunidade de melhoria para aspectos tangentes ao controle do tráfego marítimo, com mais significativa contribuição para o Poder Marítimo nacional, tocante à Segurança da Navegação.

3 - MUDANÇAS CLIMÁTICAS: EVIDÊNCIAS E PROJEÇÕES

Neste capítulo serão descritas algumas evidências existentes atualmente que são relacionadas às mudanças climáticas, quais as projeções climáticas diante dos cenários de emissões de gases do efeito estufa e do aquecimento global, quais os impactos previstos diante desses cenários de aquecimento, o que se espera em relação ao aumento do nível médio do mar e o que as pesquisas recentes projetam no litoral brasileiro em relação a essa elevação.

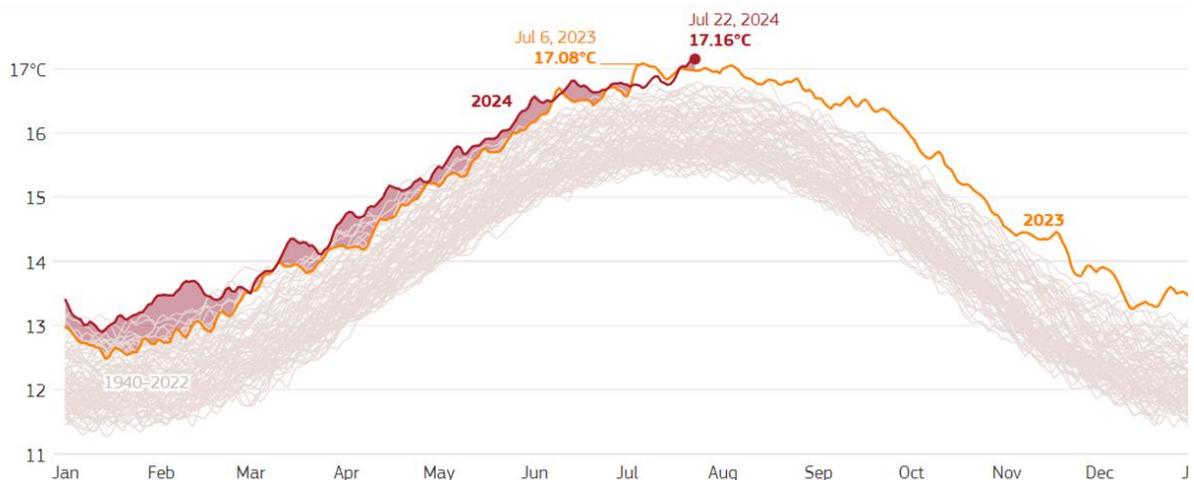
3.1 - EVIDÊNCIAS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Segundo o relatório do IPCC (2023), o aumento das emissões dos gases do efeito estufa e as atividades humanas são os principais responsáveis pelo aquecimento global que é vivenciado atualmente. Estudos indicam que a temperatura do ar

da superfície global atingiu valores maiores do que 1,1°C entre 2011 e 2020 do que quando comparado com o período 1850-1900.

Em 2024, o Programa de Observação da Terra da União Europeia – Copernicus (2024) divulgou que, desde junho de 2023, o planeta já registra as maiores médias de temperatura do ar na superfície do globo, ficando 0,73°C acima da média do período entre 1991 e 2020 e 1,61°C acima da média do período pré-industrial (entre 1850 e 1900). A figura 2 mostra as curvas anuais das médias diárias de temperatura do ar na superfície global desde 1940 até julho de 2024, deixando evidente o aquecimento global atual.

Figura 2: Média diária da temperatura do ar na superfície entre 1940 e 2002; em 2023; e 2024. Para 2024 (vermelho), 2023 (laranja), e todos os anos entre 1940 e 2022 (cinza). O sombreado em vermelho indica a diferença entre a média diária da temperatura do ar na superfície global de 2023 em relação a 2024. Em 2024 os dias foram mais quentes do que 2023.



Fonte: Copernicus, 2024, p. 1: ERA5, via Climate Pulse. Créditos: C3S/ECMWF .

Diante do fato indiscutível de que o aquecimento global já está em curso e de que a influência humana tem aquecido a atmosfera e os oceanos, essas mudanças rápidas de temperatura também se propagam para outros componentes do sistema climático do planeta, como a criosfera e a biosfera. Essa propagação intensifica os extremos meteorológicos e climáticos, impactando a segurança hídrica e alimentar, a saúde e a economia da população mundial, levando a perdas e danos relacionados a economia, ao meio ambiente e a população (IPCC, 2023).

Em relação a temperatura da superfície do mar (TSM), as evidências indicam que o mês de maio de 2024 foi o décimo terceiro mês consecutivo em que a TSM

registrou valores maiores para o referido mês quando comparado com os registros históricos de dados (Copernicus, 2024). O relatório do IPCC (2023) indica que o aquecimento dos oceanos contribuiu 91% para o aquecimento do planeta, seguido por 5% do aquecimento da terra, 3% pela perda de gelo e 1% pelo aquecimento atmosférico.

Cabe ressaltar que o relatório do IPCC (2023) destaca que a extensão e a intensidade dos impactos das alterações climáticas superam as projeções feitas no passado para a década atual, e que vão além das fronteiras nacionais. Diversos danos pelo planeta já provocam perdas irreversíveis nos ecossistemas da terra, do mar, de águas doces, da criosfera e do litoral e, também, em alto mar.

Dentre as evidências relatadas, os extremos relacionados ao maior número de ocorrência de ondas de calor, recordes de chuvas mais intensas, secas mais severas e a intensificação dos ciclones são atribuídos a consequência da influência humana no planeta (IPCC, 2023).

3.2 - PROJEÇÕES CLIMÁTICAS: QUAIS VARIÁVEIS SERÃO IMPACTADAS?

Dada a realidade do aquecimento global, o que se projeta para o futuro do planeta é que o aquecimento continuará sendo diretamente influenciado pela emissão dos gases de efeito estufa e que os impactos no sistema climático global e os riscos projetados são mais altos do que os projetados em relatórios do passado, e, ainda, que, no longo prazo, os impactos previstos serão muitas vezes maiores do que o observado na década atual (IPCC, 2023).

Os cenários projetados para o futuro dependem fortemente da previsão de emissão dos gases do efeito estufa, que, segundo o relatório do IPCC (2023), influenciam diretamente no aumento do aquecimento global e nas alterações dos extremos climáticos, como, por exemplo, a frequência e intensidade das ondas de calor, que amplificam a perda de gelo e a perda de cobertura de neve sazonal. Além disso, citam-se as mudanças na variabilidade e intensificação da precipitação pelo planeta, tornando as estações mais úmidas ou mais secas, o que altera o ciclo da água e a disponibilidade hídrica em várias regiões do planeta, o aumento da temperatura média do ar global, o aumento da frequência e intensidade dos ciclones pelo mundo, dentre outros.

Além dessas mudanças, algumas delas já são dadas como irreversíveis em escalas centenárias e milenares, como é o caso dos impactos no nível médio do mar,

nas calotas polares e outras relacionadas aos oceanos. Em relação à elevação do nível médio do mar, as projeções indicam que continuará por milhares de anos e que sua taxa de crescimento é dependente das emissões no futuro (IPCC, 2023).

As projeções também indicam que os impactos na população, no meio ambiente e na economia mundial serão cada vez maiores do que os observados atualmente, e que os riscos em cascata, que provocam uma sucessão de falhas e danos como consequência do dano principal, vão se tornar cada vez maiores e mais graves (IPCC, 2023).

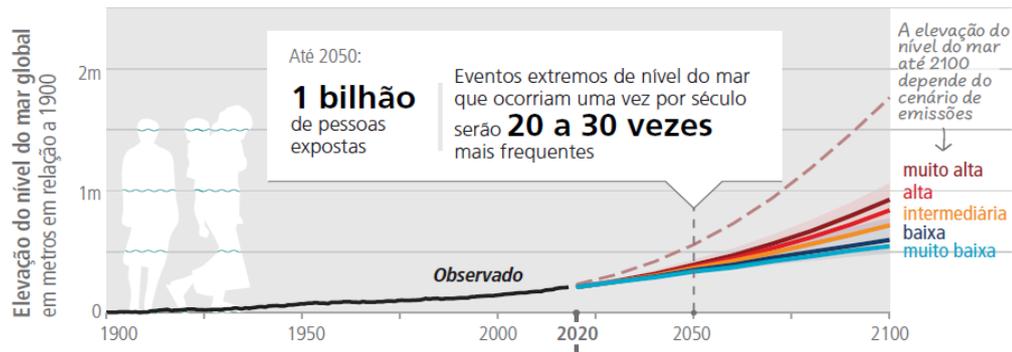
As mudanças climáticas já estão influenciando o clima no planeta e provocando grandes impactos. No Brasil, segundo Spano *et al.* (2021), se o país não diminuir as emissões de carbono poderá sofrer impactos devastadores. Os autores calculam que as ondas de calor terão duração maior do que 7%, com aumento do número de óbitos por calor ultrapassando 800%. O caos na economia do país, com perda de até 7% do PIB até 2100, pode se dar pela combinação do aumento do nível médio do mar, da erosão costeira, dos eventos extremos e da redução na produção de trabalho, configurando efeitos em cascata.

3.3 - PROJEÇÕES DE AUMENTO DO NÍVEL MÉDIO DO MAR

Em relação ao aumento do nível médio do mar, o relatório do IPCC (2023) mostra que a ação antropogênica também teve influência direta no recuo das geleiras desde a década de 90, na diminuição da área do gelo, no aumento derretimento da neve e no derretimento superficial da calota de gelo, que ocorreram em diferentes partes do planeta.

A figura 3 apresenta o aumento do nível médio do mar observado entre 1900 e 2018, e as projeções até 2100, de acordo com os diferentes cenários das mudanças climáticas (emissões de gases do efeito estufa muito baixas, baixas, intermediária, alta e muito alta). Observa-se que, entre 1900 e 2018, o nível médio do mar teve um aumento em torno de 0,20m, e que a taxa de elevação aumentou de 1,3m/ano entre 1901 e 1971, para 1,9 m/ano entre 1971 e 2006, e mais ainda para 3,7m/ano entre 2006 e 2018.

Figura 3: Elevação do nível do mar: observações e projeções 2020-2100.



Fonte: IPCC, 2023, p. 98.

Segundo a nota técnica do grupo permanente para mudanças do clima (PIANC, 2024), a Organização Meteorológica Mundial (OMM) ressaltou que, de acordo com observações de satélite, a taxa de elevação do nível médio do mar entre 2013 e 2022 ultrapassou duas vezes mais do que a década entre 1993 e 2002, relacionando esse aumento ao aquecimento dos oceanos, ao degelo dos glaciares e das camadas de gelo e neve pelo mundo.

3.4 - PROJEÇÕES DA ELEVAÇÃO DO NÍVEL MÉDIO DO MAR NO LITORAL BRASILEIRO

Conforme apresentado na seção anterior, a elevação do nível médio do mar na atualidade e no futuro é altamente dependente do aquecimento global induzido pelas emissões de carbono, do derretimento de gelo e da expansão dos oceanos por conta da concentração de calor, e é indiscutível que o nível médio do mar vai continuar em elevação por milhares de anos em todo o globo.

No Brasil, algumas cidades já sofrem com as inundações costeiras durante a ocorrência de eventos extremos, que são intensificados pela elevação do nível médio do mar. Nas últimas décadas, pode-se citar as cidades do Rio de Janeiro, Fortaleza, Recife e Salvador como as que mais sofreram impactos relacionados as inundações, e projeta-se que esses impactos aumentem ainda mais com a elevação do nível médio do mar nos próximos anos (Spano *et al.*, 2021).

As implicações da elevação do nível médio do mar envolvem também o aumento da erosão costeira, da intensidade e frequência de enchentes e redução das áreas habitáveis, principalmente as regiões próximas do litoral.

Em relação às evidências do aumento do nível médio do mar na costa brasileira, apesar da incerteza dos dados observados e da escassez de dados históricos confiáveis, Marengo *et al.* (2022) indicam que medições desde 1950 apresentam elevação média de 1,8 a 4,2 metros somente nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro.

No litoral brasileiro, Spano *et al.* (2021) destacam que, desde a década de 90, houve um aumento médio do nível médio do mar de aproximadamente 2,2 mm por ano, e as recentes projeções do IPCC mostram que essa elevação pode ganhar um incremento máximo de 0,23 mm no cenário das altas emissões de carbono até 2050. Até 2100, as projeções indicam uma elevação com valores entre 0,26 e 0,98 metros, e as projeções são semelhantes para o litoral brasileiro.

4 - IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA SEGURANÇA DA NAVEGAÇÃO E NOS PORTOS

As mudanças climáticas tornaram-se um risco para a segurança da navegação e todo o seu entorno, como as operações portuárias e a navegação em hidrovias assim como os projetos de infraestrutura dos portos. Os eventos extremos climáticos a curto prazo e a elevação do nível médio do mar a longo prazo poderão ocasionar atrasos no escoamento de mercadorias, danificar infraestruturas, provocar o assoreamento das vias navegáveis e dos portos, dificultando o transporte marítimo, a economia local e a cadeia de abastecimento.

No Brasil, a intensificação das chuvas intensas, a elevação do nível médio do mar e da temperatura podem impactar não somente as cidades litorâneas mais vulneráveis, como também a infraestrutura e a economia do país (WBG, 2011).

As atividades de navegação e os portos sempre foram impactados por fenômenos hidrometeorológicos e oceanográficos e a realidade do aquecimento global só está aumentando essa exposição ao risco e, ainda, está introduzindo novos riscos à segurança da navegação. Izaguirre *et al.* (2021) destacaram que, no estudo dos riscos projetados para mais de 2.000 portos, no cenário de emissões de gases do efeito estufa muito altas, os resultados mostraram que o número de portos em risco alto, muito alto ou extremamente alto aumentará gravemente até 2100 caso nenhuma medida de adaptação seja tomada.

Em relação à elevação do nível médio do mar, as mudanças climáticas graduais projetadas para o futuro impactarão a segurança da navegação, a infraestrutura portuária e hidroviária, reforçando que serão necessárias adequações nos projetos de construção a médio e longo prazo, e, ainda, em outras medidas que interferem em modificações operacionais. Assim, tornam-se extremamente relevante pesquisas que possam determinar como essas projeções climáticas impactarão localmente cada porto ou hidrovia dentro da gama de possíveis cenários do aquecimento global, já que o risco de um local ao impacto ocorre como consequência não somente do risco ambiental, mas também da vulnerabilidade física do local analisado (PIANC, 2024).

Além do enfoque de segurança à navegação e de infraestrutura dos portos e hidrovias, é importante colocar na balança desse risco o papel principal da navegação na cadeia alimentar, na segurança e na estabilidade econômica do país. O aumento do nível médio do mar não impacta somente em questões físicas diretas, como, por exemplo, na alteração de correntes marítimas e na inundação de regiões, mas também na intensificação dos fenômenos meteorológicos extremos. PIANC (2024) ressaltaram como os eventos extremos já impactam os portos e a cadeia de suprimentos no passado, como por exemplo durante os casos dos furacões Katrina em 2005, Sandy em 2012 e Maria em 2017 nos Estados Unidos, nas inundações extremas na Tailândia em 2011, nas secas severas que atingiram o Canal do Panamá em 2019 e a hidrovia Paraguai-Paraná na Argentina em 2020-2021.

PIANC (2020, *apud* PIANC, 2024, p. 10) ilustra alguns exemplos de como as mudanças climáticas podem afetar portos, áreas de atracação e as redes interligadas, que estão apresentados na figura 4.

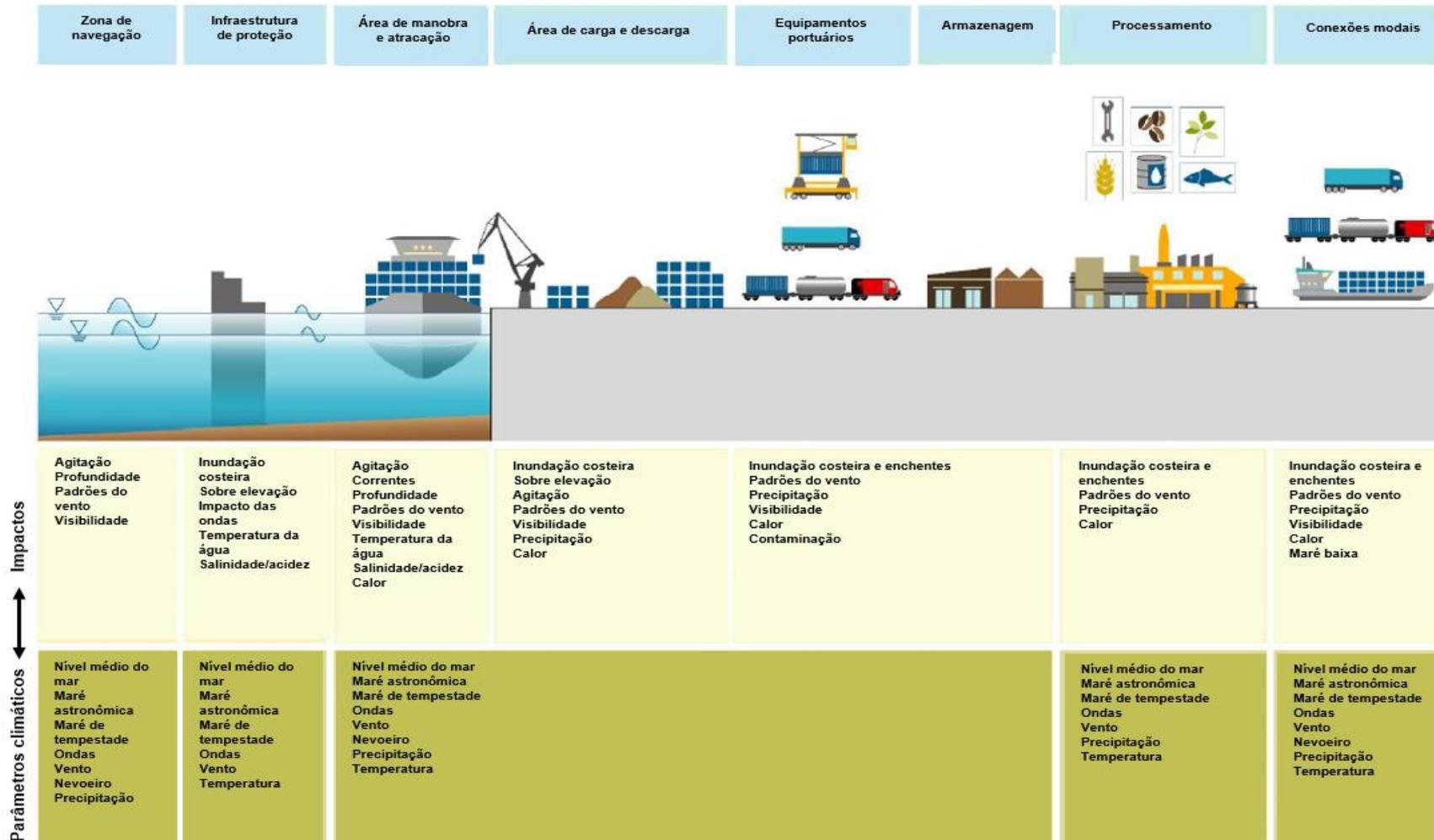
Analisando no âmbito de um sistema VTS e das mudanças climáticas projetadas, em relação a “zona de navegação”, a figura 4 ressalta que alterações no nível médio do mar, na maré astronômica, na maré de tempestade (elevação do nível do mar como resultado de uma tempestade local), no padrão das ondas, dos ventos, da formação de nevoeiros e das chuvas podem resultar em riscos para a segurança da navegação, principalmente no âmbito da navegabilidade, acidentes e incidentes com embarcações próximas ao litoral, pois como consequência dessas alterações são previstas modificações nos padrões de vento, na profundidade do mar, na agitação marítima e na visibilidade no local.

Em relação à “infraestrutura de proteção”, alterações no nível médio do mar, na maré astronômica, na maré de tempestade, nas ondas, nos ventos e na temperatura

podem provocar inundações costeiras, enchentes, mudanças na intensidade das ondas e na temperatura, salinidade e acidez da água. Além disso, na “área de manobra e atracação”, as alterações das mesmas variáveis e incluindo ainda alterações na formação dos nevoeiros e no padrão das chuvas, podem acarretar modificações das correntes e na agitação marítima, na profundidade do mar, nos padrões de vento, visibilidade, temperatura, salinidade e acidez da água e no aumento do calor.

Além disso, a partir da análise da figura 4 é possível destacar outros impactos indiretos poderão afetar a operação marítima, como por exemplo, o regime de dragagem de manutenção, pois a dinâmica dos sedimentos pode ser impactada pelas alterações dos fluxos do mar, mudanças nos padrões de vento que podem acarretar alterações nos limites operacionais de operações de pilotagem, atracação ou carga e descarga, ou mudanças na acidez da água que impactam diretamente a corrosão das estruturas (PIANC, 2024).

Figura 4: Impactos potenciais das mudanças climáticas nos portos e navegação



Fonte: PIANC, 2020, *apud* PIANC, 2024, p. 10, traduzido pelo autor.

5 - MEDIDAS MITIGADORAS DE CURTO, MÉDIO E LONGO PRAZO

Diante dos impactos das mudanças climáticas na segurança da navegação, na dinâmica operacional e na infraestrutura dos portos, descritos no capítulo anterior, medidas mitigadoras são a principal ferramenta de prevenção e proteção que podem reduzir substancialmente os riscos associados as mudanças climáticas no curto, médio e longo prazos.

Porém, mesmo em face da relevância do assunto sobre a aplicação dessas medidas nos portos e no seu entorno, elas ainda são vistas como grandes desafios. Parte desse desafio está na falta de conhecimento sobre o clima em virtude da limitada disponibilidade de dados e informações confiáveis, e, ainda, alguns dados de projeções climáticas são apontados como de difícil acesso, principalmente aqueles que dão suporte ao planejamento de adaptação nos portos, como por exemplo ondas, ventos e tempestades (PIANC, 2024).

Além da falta de dados históricos e de dificuldade no acesso aos dados de projeções climáticas, a falta de conhecimento sobre como as medidas mitigadoras e de resiliência às mudanças climáticas podem ajudar no desempenho operacional, consequentemente no desempenho econômico da indústria do transporte marítimo, são mais um desafio a ser vencido frente a segregação das questões climáticas e a resistência dos proprietários ou operadores portuários em fazer investimentos nesse sentido (PIANC, 2024).

Durante a COP26 - Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (2021), o painel sobre soluções de adaptação às mudanças climáticas para os portos destacou três pontos motivadores para a aplicação das medidas mitigadoras, sendo elas:

1. Conscientização da redução de potenciais perdas futuras com base na experiência vivenciada: a vivência de um evento que provocou perdas, danos, atrasos ou interrupções pode estimular investimentos;
2. Garantia a um requisito regulatório: forma de atingir a conscientização por meio de leis e direcionamentos governamentais;
3. Demonstração de boas práticas para o mercado: com base no cumprimento de adequações ambientais os operadores portuários têm a oportunidade de mostrar que estão cumprindo compromissos de governança social.

PIANC (2024) resumiu as ações de resiliência protetivas que alguns portos pelo mundo tomaram após a ocorrência de eventos hidrometeorológicos extremos. A seguir será apresentado um resumo de casos destacados no artigo, em que os autores descrevem a ocorrência dos eventos extremos significativos registrados desde 2005 em diversos portos pelo mundo, descrevendo as lições aprendidas e os investimentos realizados diante das perdas desencadeadas pelos eventos.

Em 2005, o Porto de Gulfport, nos Estados Unidos (EUA), sofreu com grandes perdas ocasionadas pelo furacão denominado “Katrina”, um dos mais intensos furacões que atingiu os Estados Unidos. O evento teve duração de 6 dias e provocou impactos que perduraram por mais de 6 meses nas operações naquele porto. Estima-se que o custo de reparo dos danos foi de aproximadamente US\$ 51 milhões e durante esse período estimou-se uma queda de 70% das receitas portuárias. Como ações de resiliência protetiva futura, destacaram-se os investimentos no aprofundamento e alargamento do canal de navegação, assim como a elevação da construção das áreas operacionais. Entre as principais lições aprendidas pela administração, destaca-se a importância do emprego das ferramentas digitais, inclusive para comunicação; a importância do acompanhamento do painel de desempenho na compreensão da cadeia logística; assim como a cooperação com outros portos com o objetivo do fornecimento de alternativas para as ações portuárias.

No ano de 2010, no Porto de Baltimore (EUA), a ocorrência de chuvas com grande intensidade e altos volumes acumulados provocadas pela passagem do Furacão “Isabel” foi fator determinante para demonstrar a vulnerabilidade a que estavam expostas as instalações e operações daquele porto. Como ações de resiliência protetiva futura destacaram-se a identificação das planícies de inundação e a realocação das funções terminais daquele porto; a elevação de algumas áreas e a ampla divulgação e orientação a respeito da necessidade de aumento da resiliência frente às mudanças climáticas. Além disso, a instalação de novos sistemas de gestão de águas pluviais (águas da chuva). Como lições aprendidas, identificou-se a importância de priorização de investimentos à luz do grau do nível de risco e do impacto potencial da ocorrência de extremos climáticos; além da necessidade de reutilização de material dragado em projetos de aumento da resiliência natural; e da importância da realização de parcerias para este fim.

Em 2011, a ocorrência de chuvas intensas no Porto de Laem Chabang na Tailândia, durante o período de ocorrências do fenômeno das monções, reduziu o tráfego

de embarcações de transporte marítimo devido ao impacto ocasionado pelas inundações na produção de insumos, inclusive em águas interiores, ocasionado por grande congestionamento de veículos terrestres do Porto de Bangkok em função das inundações ocorridas naquele porto e a escassez de contêineres. Como ações de resiliência protetiva futura destacaram-se a formulação de medidas estratégicas de conectividade e regionalização; o fomento ao aumento da participação do transporte marítimo em curtas distâncias, objetivando a redução da dependência do transporte rodoviário. Como lições aprendidas, destacaram-se a necessidade de investimentos em infraestruturas; na capacidade de drenagem; em sistemas de alerta antecipado; na conectividade com o interior e na implementação de soluções digitais.

Em 2012, a ocorrência da tempestade “Sandy” provocou grandes inundações do Porto de Nova Iorque (EUA) e seus arredores causando graves danos à sua infraestrutura e determinando o seu fechamento por uma semana. A ferrovia utilizada para o escoamento e transporte de carga ficou inundada por água salgada exigindo o desvio do modal primário de transporte interno das cargas de vinte e cinco mil contêineres e o congestionamento prolongado desse modal. Como ações de resiliência protetiva futura destacaram-se o investimento em aproximadamente duzentos projetos de proteção contra enchentes que juntos representam um montante de investimentos da ordem de US\$ 59 milhões. Como lições aprendidas, destacaram-se o custo-benefício da preparação prévia à ocorrência da tempestade, no tocante à realização de exercícios experimentais que permitam uma resposta mais eficaz após a ocorrência de uma tempestade; a importância da disponibilidade de sistemas de comunicações robustos e prévio relacionamento institucional.

Em 2015, as operações no Porto de “Port Vila”, capital de Vanuatu (Oceania), ficaram por até 2 semanas suspensas devido a passagem do Ciclone “Pam”. Os custos de reparo dos danos a infraestruturas do transporte marítimo foram da ordem de US\$ 300 milhões, que foram agravados por padrões deficientes de sua construção original. Como ações de resiliência protetiva futura destacaram-se o investimento de US\$ 34 milhões em projetos de reconstrução e recuperação para reforçar a resiliência a desastres no porto pós-ciclone no período a longo prazo, inclusive do seu acesso rodoviário. Como lições aprendidas destacaram-se a inclusão da cultura de gerenciamento de riscos no planejamento à luz do mapeamento de vulnerabilidades; a importância da valorização das parcerias regionais; a importância da efetiva adoção de medidas de prevenção e que priorizem uma rápida capacidade de resposta.

Em 2016, a passagem do Furacão “Matthew” por Porto Príncipe no Haiti exigiu gastos de US\$ 1,9 milhões para a recuperação da infraestrutura de transportes, também devido à deficiência constatada nos padrões de sua construção e da insuficiência de sua manutenção, e ainda, das limitações de redundâncias dos sistemas. Como ações de resiliência protetiva futura destacaram-se investimentos em conectividade e sua infraestrutura visando regularizar a manutenção e aumentar a eficiência operacional e a capacidade de mitigação de vulnerabilidades. Como lições aprendidas destacaram-se a importância da preparação pré-furacão; a importância do mapeamento de possíveis estrangulamentos do processo (gestão das cargas a serem transportadas); a frequente avaliação de riscos e atualização dos planos de gerenciamentos destes riscos; a importância do reforço de apoio e cooperação institucional.

Em 2017, a passagem do Furacão “Harvey” determinou a interrupção momentânea das operações no Porto de Houston (EUA), tendo sido apenas parcialmente reaberto depois de uma semana. A operação parcial ocorreu por quase um mês, mas as principais obras de recuperação levaram pelo menos três anos para serem totalmente concluídas. Como ações de resiliência protetiva futura destacaram-se a realização de obras de dragagem para desobstrução de canais de acesso aos terminais, ao custo de US\$ 2 milhões e o desenvolvimento de um Manual de Procedimentos para o melhor preparo daquele porto frente à previsão de passagem de furacões.

Além disso, foram feitos investimentos na capacidade de monitoramento remoto de infraestruturas, sua manutenção e atualização. Como lições aprendidas destacaram-se a importância do prévio domínio das rotas alternativas de abastecimento; da realização de contratos “backup” de longo prazo; a necessidade de ampliação da segurança no armazenamento de carga; a importância da digitalização para acompanhamento em tempo real das operações; além do compartilhamento de informações e alertas antecipados.

Em 2021, a ocorrência de chuvas extremas e ventos fortes afetou drasticamente as operações no Porto de Seattle (EUA). Como ações de resiliência protetiva futura realizou-se a realocação e melhoria da infraestrutura, assim como a implementação de processos cíclicos de avaliação de riscos. Entre as principais lições aprendidas, pode-se destacar a importância de ferramentas digitais para comunicação; a identificação de rotas alternativas de acesso portuário ou as contingências à sua interrupção.

No Brasil, em 2024, o Rio Grande do Sul foi atingido pelo maior desastre climático do estado, que resultou em 183 perdas de vidas humanas e deixou mais de 600 mil pessoas desalojadas (Folha de São Paulo, 2024). O Porto do Rio Grande e as águas interiores foram severamente atingidos com as enchentes ocorridas e dentre as ações de recuperação da navegabilidade do estado estão o processo de retirada dos sedimentos nos canais navegáveis, obras para aumentar a altura do calado do canal de acesso ao porto, além da limpeza e reestabelecimento das partes elétricas do porto. Em agosto de 2024, a MB enviou o Navio de Pesquisa Hidroceanográfico (NPqHo) “Vital de Oliveira”, visando auxiliar nas pesquisas e análises do impacto das enchentes além da retomada da navegabilidade no estado (A Hora do Sul, 2024; GZH, 2024).

De modo geral, a análise dos eventos citados permite afirmar que, em grande parte deles, destacaram-se a eficiência dos investimentos na fase de pré-desastre, representando menor custo significativo, quando comparado aos gastos realizados na resposta e recuperação frente a ocorrência dos eventos extremos.

As medidas mitigadoras podem ter impacto a curto, médio ou a longo prazo, dependendo do que se pretende proteger. De acordo com estudos descritos em PIANC (2024), normalmente os impactos a curto e médio prazo são muito mais relacionados a perdas devido a atrasos, interrupções e fechamento de portos como consequência da ocorrência do evento meteorológico extremo, do que danos físicos a infraestrutura.

Relacionando as lições aprendidas com os estudos apresentados por PIANC (2024), algumas medidas mitigadoras podem ser destacadas, como: a criação de planos de contingência, a implementação de sistemas de monitoramento e alerta antecipado a eventos meteorológicos extremos, o mapeamento das vulnerabilidades e a preparação para inundações, melhorias na dragagem dos canais de navegação, e a implantação de plataformas digitais de comunicação.

Segundo UNCTAD (2022), a implementação e a integração de soluções digitais visam reduzir a carga dos procedimentos burocráticos e transfronteiriços, de forma a orientar maior eficiência e suplantam a interferência humana, como forma de permitir a continuidade de negócios e a atividade portuária minimamente ativa, em complemento às demais iniciativas dos participantes envolvidos na cadeia de suprimentos logísticos.

UNCTAD (2022) cita alguns exemplos de soluções digitais mais empregados: sistemas de amarração de navios e controlados por robôs remotamente; gerenciamento operacional automatizado de contêiners; sistemas de alarme antecipado; sistemas e ferramentas modernas de planejamento e monitoramento do tráfego de embarcações em tempo real; sistemas de comunicação integrados com parceiros da comunidade portuária; e sistemas que permitem a avaliação contínua de riscos.

Melhorias contínuas nos processos de tomada de decisão frente aos eventos extremos devem ser baseadas na análise de dados e informações que busquem auxiliar os portos a compreender seus riscos, limitações e suas dependências na cadeia de abastecimento. Uma das ferramentas que podem minimizar os impactos e evitar que os portos tenham impactos em cadeia é a melhoria da colaboração entre as transportadoras, os portos e os fornecedores de transporte terrestre (UNCTAD, 2022).

Além da gravidade do impacto dos eventos extremos em si, UNCTAD (2022) destaca que os problemas nos portos foram agravados pela fraca conectividade entre as embarcações e os portos, a falta de cooperação entre os operadores de transporte interior e tecnologias digitalizadas limitadas. No médio e longo prazo, com o objetivo de evitar perdas em cascata, garantindo agilidade em caso de interrupções, o documento destaca que as medidas de mitigação devem se concentrar em investimentos de infraestrutura e modernização de equipamentos portuários, no melhoramento da comunicação entre os envolvidos na navegabilidade e no escoamento da carga e na diversificação de opções de encaminhamento de cargas.

Diante dos eventos extremos, as lições aprendidas por alguns portos pelo mundo, como por exemplo os de Los Angeles e Hamburgo, foram direcionadas para investimentos em coordenação digital e aprimoramento na conscientização e na previsão de riscos. Outros portos como Roterdã e Tianjin, por exemplo, investiram em medidas preventivas como avaliação de risco, engajamento e conscientização das partes envolvidas, e na aceleração da digitalização dos sistemas. Portos como Freeport e Gulport responderam as interrupções com investimentos em conectividade digital e cooperação mútua entre os agentes envolvidos nas atividades portuárias (UNCTAD, 2022).

UNCTAD (2022) destacou algumas etapas e ações importantes que devem ser consideradas para que pequenos portos possam aumentar sua resiliência e melhorar sua preparação frente a qualquer risco de interrupção, inclusive como por exemplo a

proteção contra o impacto de eventos extremos na área portuária e na navegação. O documento destaca que além de uma gestão de risco corporativa integrada, é importante garantir que a força de trabalho do porto seja treinada e conscientizada sobre os riscos inerentes ao fenômeno. Além disso, também ressalta que a instalação de sistemas de alerta antecipado, implementação de ferramentas de avaliação e classificação do risco na área portuária, planos de avaliação dos impactos financeiros de infraestrutura e negócios são imprescindíveis para uma boa gestão de risco.

Como descrito até o momento, existem diversas medidas mitigadoras que podem ser aplicadas nas áreas portuárias visando melhorar a segurança da navegação. Porém, não menos importante e indo além dos eventos hidrometeorológicos extremos, uma preocupação desse estudo é descrever as medidas mitigadoras sob o foco das projeções da elevação do nível médio do mar.

Araújo Filho *et al.* (2022) simularam o aumento do nível médio do mar em áreas inundáveis de Recife utilizando diferentes cenários de aquecimento global. A pesquisa destacou que no cenário com maiores emissões de gases do efeito estufa, muitas áreas costeiras da cidade, em 2100, estarão completamente inundadas, o que obrigaria os governos a tomarem medidas drásticas de realocação de parte da população e dos serviços envolvidos. O grande aprendizado dessa pesquisa se dá na importância de estudos que apresentem quais as áreas poderão ser afetadas, qual a estimativa da população afetada, a identificação de atividades econômicas que precisarão ser realocadas, e o cálculo das perdas financeiras relacionadas a essas informações.

Com base nos conhecimentos aprendidos, Araújo Filho *et al.* (2022) descreveram algumas recomendações que visem a adaptação e a mitigação das áreas litorâneas frente aos impactos da elevação do nível médio do mar no Brasil, e dividiram em duas vertentes: conhecimento e ações de gerenciamento e planejamento.

Na vertente de conhecimento, os autores destacaram que estudar sobre o fenômeno e suas evidências atuais, torna mais fácil o entendimento de sua previsão e projeção no futuro. Dentro desse âmbito, alguns temas são dados como emergenciais e urgentes, dentre eles a instalação de equipamentos que visam monitorar o nível médio do mar, o estudo da hidrodinâmica no caso de inundações simuladas, a análise da dispersão de ondas e a relação com os recifes e manguezais diante do aumento do nível médio do mar, a criação de mapas de vulnerabilidades com base em estudos hidrodinâmicos incluindo a simulação das inundações que podem ocorrer como con-

sequência conjunta da elevação do nível médio do mar e de eventos extremos hidrometeorológicos, a avaliação da capacidade de drenagem e a atualização das informações altimétricas dos municípios litorâneos (Araújo Filho *et al.*, 2022).

Na vertente de ações de gerenciamento e planejamento, os autores ressaltam que planos de urbanização devem ser revisados pelos governos, e devem ler levados nessa equação o papel da elevação do nível médio do mar. Além disso, outro destaque se dá a verificação dos impactos que o aumento do nível médio do mar pode ocasionar na indústria e na economia da cidade (Araújo Filho *et al.*, 2022).

Até o momento foram analisadas medidas mitigadoras relacionadas a ações não-estruturais, que envolvem principalmente adquirir conhecimento a respeito do desastre envolvido. Em relação a medidas estruturais, o planejamento de obras também é citado em alguns trabalhos pelo mundo.

PIANC (2024) destaca medidas estruturais aplicadas de forma diferente para a construção de novos portos ou para aplicação em portos existentes. Em novas construções, a adaptação às mudanças climáticas envolve adicionar ao planejamento da obra a projeção que inclua resistência da infraestrutura aos eventos extremos, assim como dar atenção na resiliência dos sistemas de transporte e da cadeia de suprimentos que são interligados aos portos.

Para portos existentes, a adaptação pode acarretar a modernização e na substituição da infraestrutura existente, ou na identificação das vulnerabilidades e da sua inclusão no âmbito operacional aprimorando a resiliência do sistema, integrando-se nas estratégias corporativas (PIANC, 2024).

5.1 - AÇÕES MITIGADORAS QUE PODEM SER APLICADAS NAS AJB

No Brasil, diante da pesquisa apresentada, algumas medidas descritas podem ser incluídas no planejamento e na implantação de um sistema VTS visando torná-lo resiliente às mudanças climáticas, mais especificamente à elevação projetada do nível médio do mar no litoral do país.

Como primeira delas e no âmbito de pessoal e treinamentos, destaca-se a importância da disseminação do conhecimento e da conscientização das equipes operacionais de um VTS sobre o tema de aquecimento global e mudanças climáticas. Assim, sugere-se a possibilidade da Autoridade Marítima incluir na legislação regulatória treinamentos para a equipe operacional sobre o tema das mudanças climáticas

e seus impactos na segurança da navegação e nos portos durante a autorização, a implementação e a rotina de um VTS no Brasil, conforme discutido nesse estudo e em consonância com as ações mitigadoras das pesquisas internacionais e nacionais citadas anteriormente.

No âmbito de investimentos financeiros, colaborando para a conscientização sobre o assunto e diante da realidade da escassez de dados meteorológicos e oceanográficos no litoral brasileiro, sugere-se a inclusão da compra e instalação de equipamentos de monitoramento meteorológico e oceanográficos na instalação de um VTS, possibilitando o acompanhamento contínuo das condições do tempo nos portos e nas áreas adjacentes. Essa sugestão pode ser realizada tanto para sistemas VTS já existentes como na implantação de novos sistemas.

A partir do monitoramento, visando não somente os impactos diretos da elevação do nível médio do mar, a implantação de sistemas de alerta e alarme para prevenção a eventos extremos hidrometeorológicos são de suma importância para a segurança da navegação na área portuária. Como parte desse sistema sugere-se, além da instalação de equipamentos de monitoramento das variáveis meteorológicas e oceanográficas como vento, visibilidade, chuva e ondas, citados no parágrafo anterior, a compra de um radar meteorológico e de equipes de monitoramento do tempo e clima, operando 24 horas de forma ininterrupta em centro de controles, pode auxiliar na proteção das embarcações e da zona portuária e ajudar na redução de acidentes e incidentes no mar.

Porém, para analisar a dimensão dos impactos do aumento do nível médio do mar nas áreas portuárias e no sistema VTS, é de suma importância que sejam estudadas as vulnerabilidades locais, que são intrínsecas de cada porto e de cada região do litoral do país. Atendendo a essa necessidade, sugere-se que sejam incluídas na instalação de um VTS e em sistemas já existentes no país, estudos que visem a criação de mapas de vulnerabilidade e mapas de risco a inundações na área portuária. Um estudo hidrodinâmico personalizado pode indicar os locais mais vulneráveis a inundações, a curto e médio prazos, como também, pode apontar os impactos da elevação do nível médio do mar a longo prazo, e, ainda, podem ser combinados com diferentes projeções das emissões de gases do efeito estufa, possibilitando uma gama de informações e análises subsidiando estudos para direcionar as ações mitigadoras mais adequadas para a região.

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mudanças climáticas já são uma realidade vivenciada atualmente pelo planeta, e à medida que elas se alteram em intensidade e frequência ao longo dos anos, as vertentes de segurança da população, da economia e do meio ambiente estão, cada vez mais, expostas aos eventos hidrometeorológicos e oceanográficos extremos e às mudanças das variáveis temperatura, chuva e nível médio do mar, por exemplo.

Nas áreas portuárias o cenário não é diferente. As mudanças climáticas podem afetar não somente os portos brasileiros, mas os portos e a navegação em todo o mundo. As projeções climáticas mostram que eventos hidrometeorológicos extremos ficarão, no futuro, cada vez mais intensos, e, junto com eles, a previsão dos impactos nos portos e na segurança à navegação só aumentarão. Em relação as projeções das variáveis meteorológicas e oceanográficas frente ao aquecimento global, portos e hidrovias que já são vulneráveis a inundações, às flutuações do vento e das ondas, ao calor extremo e à baixa visibilidade, por exemplo, continuarão sendo impactadas caso não sejam adotadas ações preventivas e protetivas o mais rapidamente possível.

Na segurança da navegação, os riscos relacionados às mudanças climáticas estão intrinsicamente ligados as alterações previstas para os eventos extremos, o nível médio do mar, a maré astronômica, o comportamento das ondas e dos ventos, a redução de visibilidade por aumento de formação de nevoeiros no litoral e o comportamento das chuvas, que podem impactar diretamente na navegabilidade e no aumento da ocorrência de acidentes e incidentes com embarcações próximas ao litoral.

Este trabalho descreveu as mudanças climáticas e seus impactos na segurança da navegação, destacando medidas mitigadoras que podem ser aplicadas no sistema VTS visando a preparação e a adaptação dos portos brasileiros frente ao aquecimento global, mais especificamente, frente ao aumento do nível médio do mar.

Após a pesquisa realizada, sugerem-se as seguintes medidas mitigadoras, aplicáveis à VTS, dos impactos das mudanças climáticas: disseminação do conhecimento e da conscientização sobre aspectos meteoceanográficos, de interesse, pelas equipes operacionais através de treinamentos normatizados pela AM; investimentos financeiros na instalação de equipamentos de monitoramento meteorológico e oceanográficos; implantação de sistemas de alerta e alarme para prevenção a eventos extremos hidrometeorológicos; e que sejam incluídas nos procedimentos operacionais do VTS,

informações obtidas a partir de estudos técnicos de mapeamento de vulnerabilidades e mapas de risco à operação, em áreas portuárias sujeitas às inundações.

Além disso, a implementação de sistemas digitais também são imprescindíveis para o aumento da resiliência dos portos, como por exemplo a implantação de sistemas de amarração de navios controlados por robôs remotamente; o gerenciamento operacional automatizado de contêineres; os sistemas e ferramentas modernas de planejamento e monitoramento do tráfego de embarcações em tempo real; os sistemas de comunicação integrados com parceiros da comunidade portuária; e os sistemas que permitem a avaliação contínua de riscos.

Assim, à luz das experiências apresentadas nos portos em âmbito internacional, as ações propostas nesta pesquisa podem subsidiar a elaboração de requisitos para renovação da concessão de autorização de operação do serviço VTS no Brasil de forma que contemple medidas de ampliação da resiliência operacional mitigadoras de riscos futuros advindos das mudanças climáticas em AJB.

REFERÊNCIAS

- A HORA DO SUL. **Levantamento científico deverá contribuir para o estabelecimento de navegação segura após efeitos da enchente**. Pelotas, RS: Grupo A Hora, 2024. Publicado em 23 ago.2024. Disponível em: <https://ahoradosul.com.br/conteudos/2024/08/23/navio-mais-moderno-da-marinha-e-usado-em-estudo-em-rio-grande/>. Acesso em 11 set. 2024.
- ARAÚJO FILHO, Moacyr Cunha de; COTRIM DA CUNHA, Leticia; HOUNSOU-GBO, Gbekpo Aubains; RODRIGUES, Regina; LENTINI, Carlos Alexandre Domingos. Oceano e Clima: Novos Desafios Advindos com as Mudanças Climáticas. In: SANTOS, Thauan; BEIRÃO, André Panno; ARAÚJO FILHO, Moacyr Cunha de; CARVALHO, Andréa Bento (organizadores). **Economia Azul: vetor para o desenvolvimento do Brasil**. p. 397-429. São Paulo: Essencial Idea, 2022. ISBN 978-65-86394-07-8.
- BEIRÃO, André Panno. “Segurança no mar”: que segurança? In: BEIRÃO, André Panno; PEREIRA, Antônio Celso Alves (organizadores). **Reflexões sobre a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar**. p. 127-166. Brasília, DF: FUNAG, 2014. ISBN 978-85-7631-505-6. Disponível em: [http://funag.gov.br/loja/download/1091-Convencao do Direito do Mar.pdf](http://funag.gov.br/loja/download/1091-Convencao%20do%20Direito%20do%20Mar.pdf). Acesso em 12 jun. 2024.
- BRASIL. Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN). **NORMAM-602/DHN: Normas da Autoridade marítima para Serviço de Tráfego de Embarcações (VTS)**. Niterói: Marinha do Brasil, 2023. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/sites/default/files/atos-normativos/dpc/normam-602-texto-compilado.html>>. Acesso em: 24 abr. 2024.
- BRASIL. Estado Maior da Armada (EMA). **Planejamento Estratégico da Marinha (PEM 2040)**. Brasília, DF: Marinha do Brasil, 2020. 88 p. ISBN 978-65-991468-0-0.
- BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 9.537, de 11 dezembro de 1997**. Brasília-DF: Presidência da República, 1997. Assunto: Dispõe sobre a segurança do tráfego aquaviário em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9537.htm. Acesso em: 2 ago. 2024.
- BRASIL. Presidência da República. **Lei Complementar nº 97, de 9 de junho de 1999**. Brasília, DF: Presidência da República, 1999. Assunto: Dispõe sobre as normas gerais para a organização, o preparo e o emprego das Forças Armadas. Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp97.htm Acesso em: 29 jun. 2024.
- CHANG, Tsai-Hsin; WANG Hsing-Yu. **Analysis and Exploration of the Impact of Average Sea Level Change on Navigational Safety in Ports**. Water Journal, volume 15, nº 14, p. 2570. Publicado em 13 jul. 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/w15142570>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/15/14/2570>. Acesso em: 24 abr. 2024.
- CHRISTIAN AID. **Counting the Cost of 2023: A Year of Climate Breakdown**. Londres, Reino Unido: Christian Aid, 2023. Relatório publicado em 27 dez. 2023.

Disponível em: https://reliefweb.int/report/world/counting-cost-2023-year-climate-breakdown-december-2023?gad_source=1&gclid=CjwKCAjw5Ky1BhAgEiwA5jGujm5UH9r-E4IPzoiwFKhME2pDg09etM3IGI1EvaJj Dtx DAH1N2RoC9NEQAvD BwE. Acesso em 24 abr. 2024.

COP26: 26th session of the Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Reino Unido: COP26, 2021. Relatório publicado em 15 out. 2021. Disponível em: <https://www.maritimeuk.org/imh-2021/imh-events/practical-climate-change-adaptation-challenges-and-good-practice-solutions-ports/>. Acesso em 28 mai. 2024.

COPERNICUS, Climate Change Service (C3S). **New record daily global average temperature reached in July 2024.** Bruxelas, Bélgica: C3S, 2024. Relatório publicado em 23 jul. 2024. Disponível em: <https://climate.copernicus.eu/new-record-daily-global-average-temperature-reached-july-2024#:~:text=The%20Earth%20has%20just%20experienced,%2C%20at%2017.16%2C%20B0C>. Acesso em 10 ago. 2024.

FOLHA DE SÃO PAULO. **Sobe para 183 o número de mortes nas enchentes no RS: Defesa Civil diz que 28 pessoas seguem desaparecidas após tragédia de proporções históricas.** Publicado em 10 ago. 2024. Rio de Janeiro: Folha de São Paulo, 2024. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2024/08/sobe-para-183-o-numero-de-mortes-nas-enchentes-no-rs.shtml#:~:text=A%20Defesa%20Civil%20do%20Rio,publicado%20em%2010%20de%20julho>. Acesso em 11 set. 2024.

GAMA, Daniel. **INFRAESTRUTURAÇÃO DO MAR: O Serviço de Tráfego de Embarcações no Brasil entre 2015 e 2023.** Dissertação apresentada à Escola de Guerra Naval, como requisito parcial para a conclusão do Curso de Estado-Maior para Oficiais Superiores. 54 p. 2023.

GAÚCHA ZERO HORA (GZH). **Marinha do Brasil atracará em Rio Grande para analisar a corrente de água afetada pela enchente.** Porto Alegre: GZH, 2024. Publicado em 20 ago. 2024. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/tecnologia/noticia/2024/08/maior-navio-de-pesquisa-da-marinha-do-brasil-atracara-em-rio-grande-para-analisar-a-corrente-de-agua-afetada-pela-enchente-cm02oe6zo008a015iw5sa6pzi.html>. Acesso em: 11 set. 2024.

GOMES, Alexandre Correa. **A IMPORTÂNCIA DA IMPLANTAÇÃO DO VESSEL TRAFFIC MANAGEMENT INFORMATION SYSTEM (VTMIS) NA MODERNIZAÇÃO DOS PORTOS E NA DIMINUIÇÃO DO CUSTO BRASIL: Perspectivas e oportunidades referentes às atividades da Autoridade Marítima brasileira, com a implementação do VTMIS.** Tese apresentada à Escola de Guerra Naval, como requisito parcial para a conclusão do Curso de Política e Estratégia Marítimas. 84 p.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF MARINE AIDS TO NAVIGATION AND LIGHTHOUSE AUTHORITIES (IALA). **Guideline G-1111: ESTABLISHING FUNCTIONAL AND PERFORMANCE REQUIREMENTS FOR VTS SYSTEMS AND EQUIPMENT.** Saint Germain em Laye, França: IALA, 2022. Edição 2.0. Disponível em: <https://www.iala-aism.org/product/g1111/>. Acesso em: 10 jun. 2024.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF MARINE AIDS TO NAVIGATION AND LIGHTHOUSE AUTHORITIES (IALA). **VTS MANUAL**. Zeebrugge, Bélgica: IALA, 2024. Edição 8.4. Disponível em: <https://www.iala-aism.org/product/m0002/>. Acesso em 10 jun. 2024.

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION (IMO). **Resolução nº A.1158 (32), de 15 de dezembro de 2021**. Guidelines for Vessel Traffic Services (VTS). Londres, Reino Unido: IMO, 2021. 5 p. Disponível em: <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/AssemblyDocuments/A.1158%2832%29.pdf> Acesso em 12 abr. 2024.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Summary for Policymakers. In: Contribuição dos Grupos de Trabalho I, II e III ao sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre as Mudanças Climáticas (IPCC) [Core Writing Team, Lee, H. e Romero, J. (editores)]. **Climate Change 2023: Synthesis Report**. Genebra, Suíça: IPCC, 2023. p. 1-34. DOI: <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001>. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf. Acesso em: 24 abr.2024.

IZAGUIRRE, C.; LOSADA, I. J.; CAMPUS, P.; VIGH, J. L.; STENEK, V. **Climate change risk to global port operations**. Nature Climate Change, vol. 11(1), p. 14-20. 2021. Publicado em 09 nov. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-020-00937-z>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41558-020-00937-z>. Acesso em 12 abr. 2024.

MARENGO, Jose A.; NUNES, Lucí H.; SOUZA, Celia Regina de Gouveia; HOSOKAWA, Eduardo Kimoto; PEDRO, Greicilene Regina; HARARI, Joseph; MOREIRA, Paula Franco; FRANCO, Pacita López; BANDINI, Marcos Pellegrini; GARCIA, Patricia Dalsoglio; GIRELI, Tiago Zenker. **Risk management and vulnerability to sea level rise in Brazil, with emphasis to the legacy of the metropole project in Santos**. Tradução. São Paulo: Derbyana, vol. 43, artigo e768, p. 1-18, 2022. Publicado em 29 dez. 2022. DOI: <https://doi.org/10.14295/derb.v43.768>. Disponível em: <https://revistaig.emnuvens.com.br/derbyana/article/view/768/763>. Acesso em: 04 ago. 2024.

MARQUES, Eduardo Ribeiro Neto. **PROPOSTA DE MÉTODO PARA MITIGAÇÃO DE RISCOS DE COLISÕES, ABALROAÇÕES E ENCALHES NA OPERAÇÃO PORTUÁRIA**. Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial (PPGTG) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial. 142 p. Florianópolis: UFSC, 2017.

MOTA BRASIL, Marconi; PERINI COSTA, Matheus; OLIVEIRA NOLASCO, Pedro Henrique. **ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DO VESSEL TRAFFIC SERVICE EM PORTOS BRASILEIROS: Um estudo sobre os portos do Açu e de Vitória**. Revista de Direito e Negócios Internacionais da Maritime Law Academy (MLAW) – International Law and Business Review, vol 2(2), p. 16-36, 2022. DOI: <https://doi.org/10.56258/issn.2763-8197.v2n2.p16-36>. Disponível em:

<https://mlawreview.emnuvens.com.br/mlaw/article/view/64/126>. Acesso em: 24 abr. 2024.

THE WORLD ASSOCIATION FOR WATER BORNE TRANSPORT INFRASTRUCTURE (PIANC). Permanent Task Group for Climate Change (PTG CC) Technical Note N° 2. **Climate Change Costs to Ports and Waterways: Scoping the Business Case Assessment for Investment in Adaptation**. Bruxelas, Bélgica: PIANC, 2024. 81 p. Publicado em 16 jul. 2024. ISBN 978-2-87223-042-6.

PIRES, Gustavo Calero Garriga; MOREIRA, William de Sousa; ALBUQUERQUE, Frederico Medeiros Vasconcelos de; ANDRADE, Israel de Oliveira; HILLEBRAND, Giovanni Roriz Lyra. Segurança, defesa e economia do mar. In: SANTOS, Thauan; BEIRÃO, André Panno; ARAÚJO FILHO, Moacyr Cunha de; CARVALHO, Andréa Bento (organizadores). **Economia Azul: vetor para o desenvolvimento do Brasil**. p. 713-729. São Paulo: Essencial Idea, 2022. ISBN 978-65-86394-07-8.

RODRIGUES, Marcos Silva. **PLANO ESTRATÉGICO DA MARINHA PEM 2040**. Revista da Escola de Guerra Naval. vol. 27, nº 1, p. 13-30. janeiro/abril. 2021. Rio de Janeiro: EGN, 2021. DOI: <https://doi.org/10.21544/1809-3191.v27n1.p.13-30>. Disponível em: <https://portaldeperiodicos.marinha.mil.br/index.php/revistadaegn/article/view/4189/4075>. Acesso em: 12 abr. 2024.

SPANO D.; ARMIENTO M.; ASLAM M. F.; BACCIU V.; BIGANO A.; BOSELLO F.; BREIL M.; BUTENSCHON M.; CADAU M.; COGO E.; COLELLI F. P.; COSTA SAURA J. M.; DASGUPTA S.; DE CIAN E.; DEBOLINI M.; DIDEVARASL A.; ELLENA M.; GALLUCCIO G.; HARRIS R.; JOHNSON K.; LIBERT A.; LO CASCIO M.; LOVATO T.; MARRAS S.; MASINA S., MERCOGLIANO P.; MEREU V.; MYSIK J.; NOCE S.; PAPA C.; PHELAN A. S.; PREGAGNOLI C.; REDER A.; RIBOTT C.; SANO M.; SANTINI A.; SANTINI M.; SARTORI N.; SINI E.; SIRCA C.; THARMANANTHAN R.; TORRESAN S.; TRABUCCO A. **G20 Climate Risk Atlas: Impacts, policy and economics in the G20 - Brazil factsheet**. Lecce, Itália: CMCC Foundation – Euro-Mediterranean Centre on Climate Change, 2021. DOI: https://doi.org/10.25424/cmcc/g20_climaterisk. Disponível em: <https://www.cmcc.it/g20>. Acesso em: 24 abr. 2024.

United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD). **Building Capacity to Manage Risks and Enhance Resilience: A Guidebook for Ports**. Relatório UNCTAD/TCS/DTL/INF/2022/3. Publicado em 28 ago. 2023. Genebra, Suíça: UNCTAD, 2022. Disponível em: <https://unctad.org/publication/building-capacity-manage-risks-and-enhance-resilience-guidebook-ports>. Acesso em 12 abr.2024.

THE WORLD BANK GROUP (WBG). **Green cities: Cities and climate change in Brazil (English)**. Relatório nº 70186. Publicado em 26 jun. 2012. Washington, EUA: WBG, 2011. Disponível em: <http://documents.worldbank.org/curated/en/495841468020955604/Green-cities-Cities-and-climate-change-in-Brazil>. Acesso em: 12 abr. 2024.