

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E PORTOS: Um plano de adaptação para o Porto de Santos

CLIMATE CHANGE AND PORTS: An adaptation planning for the Port of Santos

Edson Mesquita dos Santos¹
Sofia de Sá Lopez²

RESUMO: Os portos são estruturas sensíveis às mudanças climáticas, estando seus ativos, operações e sistemas sujeitos a diversos riscos. O Porto de Santos, por sua vez, experiencia elevação do nível do mar, chuvas e ventos que acarretam prejuízos como a ampliação do processo de dragagem e maior tempo de atracação nos terminais. O objetivo desse trabalho é estabelecer medidas de adaptação para enfrentamento dos impactos das alterações do clima no complexo, a partir da descrição da maneira com que as variações climáticas ocorrem, do apontamento de como elas afetam o porto e da avaliação de riscos locais. Assim, o desenvolvimento de um plano de adaptação baseado no guia feito pela PIANC mostrou diminuição nas perdas financeiras devido a vulnerabilidade do complexo e maior segurança nas operações.

Palavras-chave: mudanças climáticas; porto de Santos; plano de adaptação do porto; PIANC.

ABSTRACT: Ports are sensitive to climate change as their assets, operations, and systems are exposed to various risks. Port of Santos, particularly, experiences sea level rise, rainfall, and winds that result in damages such as increased dredging processes and longer docking time at the terminals. The aim of this study is to establish adaptation measures to address the impacts of climate change on the complex. This will be achieved by describing the ways in which climate variation occur, identifying their effects on the port, and evaluating local risks. Thus, the development of an adaptation plan based on the guidelines provided by PIANC has shown a reduction in financial losses due to the vulnerability of the complex and an enhancement in operational safety.

Keywords: climate change; port of Santos; adaptation planning for ports; PIANC.

¹ Possui mestrado em Programa de Engenharia Oceânica pela Coordenação dos programas de pós graduação em Engenharia da UFRJ (1999) e doutorado em engenharia oceânica pela Coordenação dos programas de pós graduação em Engenharia da UFRJ (2005). Atualmente é professor titular do Magistério Superior da Marinha do Brasil, servindo no Centro de Instrução Almirante Graça Aranha (CIAGA). Tem experiência na área de Engenharia Naval e Oceânica, com ênfase em Engenharia Naval e Oceânica, atuando principalmente no seguinte tema: manobrabilidade e controle do navio, vias navegáveis e acessos náuticos, formação de práticos, oficiais e comandantes da Marinha Mercante.

² Aluna da Escola de Formação de Oficiais da Marinha Mercante.



1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas são causadas por variações naturais de determinados parâmetros do clima (SCHWARZWALD; LENSSEN, 2022), mas também são consequência de fatores externos causados pelo ser humano (IPCC, 1992). Com o agravamento do efeito estufa devido à emissão de gases poluentes na atmosfera, o planeta aquece e, assim, provocam-se reações em cadeia (CONTI, 2005). A preocupação é, portanto, em razão das diversas consequências tanto para as pessoas quanto para os ecossistemas da Terra.

Os portos, devido à localização próxima ao mar, são estruturas suscetíveis a intempéries. Como exercem papel vital na economia da região em que estão inseridos (PIANC, 2020), a ação de eventos atmosféricos sobre seus ativos, operações e sistemas pode afetar as transações comerciais e resultar em prejuízos financeiros à autoridade portuária local (HOUTVEN et al., 2022). Além desses, o Porto de Santos registra paralizações nas operações, degradação e sedimentação em decorrência de vendavais, tempestades e aumento do nível do mar (ANTAQ, 2021, 2022).

Nessa perspectiva, são necessárias ações a fim de tornar o complexo mais resiliente e, assim, mitigar gastos extraordinários. Indaga-se com isso: quais medidas de adaptação devem ser adotadas pelo Porto de Santos frente às mudanças climáticas?

Dessa forma, o objetivo geral do presente trabalho é estabelecer um plano de adaptação para enfrentar os impactos das alterações do clima no Complexo Portuário de Santos. Foram delimitados, a partir disso, os objetivos específicos: descrever como as variações no clima ocorrem, apontar a maneira como elas afetam um porto, e analisar os riscos que elas apresentam ao Porto de Santos.

Vergara (1998) qualifica a pesquisa científica sob dois aspectos: quanto aos fins e quanto aos meios.

A presente pesquisa, quanto aos fins, será explicativa e aplicada. Explicativa pois visa apresentar os fatores que contribuem para a existência de mudanças climáticas e intensificações delas ao longo dos séculos. Além disso, é aplicada, pois, destina-se a propor uma metodologia para a adaptação às variações dos fenômenos atmosféricos no complexo portuário de Santos.



Em relação ao segundo critério, quanto aos meios, esta pesquisa classifica-se como bibliográfica e estudo de caso. É bibliográfica porque tem como fonte trabalhos acadêmicos, relatórios e redes eletrônicas acessíveis ao público geral. Por fim, caracteriza-se também como estudo de caso por tomar o Porto de Santos como referência a fim de analisar a maneira como o maior porto da América Latina (SANTOS PORT AUTHORITY, 2021) é afetado por fenômenos meteorológicos extremos.

O trabalho está dividido em três seções. Na primeira, define-se o que são as mudanças climáticas, bem como as causas geradoras. Além disso, são indicados tratados internacionais relacionados ao assunto e a maneira como os seres humanos têm suas vidas interferidas em razão da recorrência dos eventos. Na seção dois, descrevem-se os desafios impostos nos portos por aumento do nível do mar, tempestade e vendaval, realçando aqueles presentes no Porto de Santos e apontando as projeções para intensificação dos fenômenos em cenários que as variações do clima continuem nas proporções atuais. Na última seção, apresenta-se uma sugestão de plano de adaptação para ser aplicado no Porto de Santos. Também detalha o quão necessário é tornar o complexo mais resiliente e os benefícios dessas modificações.

Por fim, o estudo verifica que a adoção de medidas adaptativas, como acompanhamento das condições meteorológicas e implementação de sistemas de proteção costeira, resulta em menos exposição do porto às ameaças climáticas. Assim, com aplicação dessas modificações infraestruturais, o Porto de Santos tornará capaz de enfrentar as intempéries acentuadas pelas mudanças climáticas com maior segurança.

2 ALTERAÇÕES CLIMATOLÓGICAS

Clima é definido pela Organização Meteorológica Mundial (em inglês, *World Meteorological Organization – WMO*) como os níveis médios de variáveis relevantes, como temperatura, precipitação e vento, no período de 30 anos (WMO, 2016). A partir disso, infere-se que as mudanças climatológicas, de certa forma, ocorrem em razão de alterações dessas variáveis, que são denominadas de variabilidade interna do clima (SCHWARZWALD; LENSSEN, 2022).

O artigo 1 parágrafo 2º da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (*United Nations Framework Convention on Climate Change*) afirma que:



“Mudanças climáticas” significa uma mudança de clima que possa ser direta ou indiretamente atribuída a atividade humana que altere a composição da atmosfera mundial e que se some àquela provocada pela variabilidade natural observada ao longo de períodos comparáveis. (1992, p. 7, tradução nossa)

Nota-se que a convenção faz uma distinção entre as mudanças causadas por fatores externos e internos ao planeta. Ou seja, é atribuída aos processos naturais e aos efeitos antropogênicos a razão pela qual o clima está se alterando.

2.1 Efeitos antropogênicos que afetam o clima

Com o advento da indústria na Revolução Industrial, cada vez mais emanam-se gases poluente para atmosfera. Desde então, a concentração desses aumentou em 31%. A atividade humana, por conseguinte, passou a afetar a variabilidade natural do clima terrestre (MARENGO, 2007).

Dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, ozônio e clorofluorcarbonos, lançados ao ar em razão de queima de combustíveis fósseis, desmatamentos, queimadas e criação de gado (CONTI, 2005), são alguns dos gases que formam uma camada de difícil dispersão e acentuam o efeito estufa como consequência (FIGUEIREDO et al., 2016). Eles retêm as radiações solares refletidas pela superfície da Terra e redistribuem-nas pelo planeta através dos regimes de ventos e correntes (MARENGO, 2007).

Há que se destacar que o fenômeno natural do efeito estufa é “primordial para a manutenção das formas animadas e inanimadas do planeta” (NUNES, 2003, p. 104). A presença deste representa um planeta em condições habitáveis. Do contrário, seriam registradas temperaturas negativas e a biosfera como a atual não existiria (CONTI, 2005). Sendo assim, ao aumentar a concentração dos poluentes, eleva-se também a temperatura, que, por sua vez, afeta o equilíbrio global.

Além das atividades humanas já citadas, o projeto *Understanding Global Change* (em português, *Compreendendo as Mudanças Globais*) do Museu de Paleontologia da Universidade da Califórnia em Berkeley apresenta o crescimento populacional e a urbanização como demais causas para a mudança climática. Segundo o estudo da universidade (MARSHALL; BEAM, 2020), o aumento da civilização mundial provoca utilização de mais recursos hídricos, desmatamento para construção de áreas urbanas e



produção de alimentos e alteração na interação entre os organismos e o ecossistema em que estão inseridos.

2.2 Acordos climáticos globais

O aquecimento global e as alterações climatológicas preocupam a Organização das Nações Unidas há décadas, sobretudo a emissão de gases de efeito estufa e suas consequências ao planeta. Por essa razão, anualmente líderes de diversos países reúnem-se na Conferência das Partes (em inglês, *Conference of the Parties – COP*) para discutir acerca das mudanças climáticas. A partir delas, foram assinados acordos globais como Protocolo de Quioto, Quadro de Adaptação de Cancun e Acordo de Paris (BRASIL, 2017b).

O tratado firmado na COP3, no Japão, estabeleceu metas para diminuição das liberações de nocivos na atmosfera. Os países firmaram o compromisso de “reduzir 5% das suas emissões em relação a 1990” de 2008 a 2012 e “em pelo menos 18% abaixo dos níveis de 1990” entre 2013 e 2020 (BRASIL, 2017b).

No México, onde ocorreu a COP16, os países-partes deliberaram que “ações em adaptação devem ter o mesmo grau de prioridade que as de mitigação” (BRASIL, 2017b). Ou seja, a partir de 2010, além das medidas para evitar as mudanças climáticas, adequações aos novos cenários climatológicos da Terra passou a ser, também, uma prioridade.

Durante a COP21 na França, 195 nações (DENCHAK, 2021) aprovaram um novo acordo em que o objetivo é manter o aumento da temperatura média global abaixo de 2°C em relação aos níveis do período pré-industrial, buscando limitar o aquecimento em 1,5°C até o fim do século (BRASIL, 2017a). Os líderes acordaram em formular a Contribuição Nacionalmente Determinada, um plano de ação a ser cumprido em cada país visando conter as emissões (DENCHAK, 2021). No caso do Brasil, houve um comprometimento de “reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% em 2025, com uma contribuição indicativa subsequente de redução de 43% em 2030” em relação a 2005 (BRASIL, 2017b).

2.3 Impacto na vida do ser humano

Ao abordar o aquecimento global, é necessário ter ciência de que se trata de uma média global. Segundo o relatório especial do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (em inglês, *Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*) lançado em 2018



cujos temas eram o aumento da temperatura do planeta em 1,5°C em relação aos níveis pré-industriais, “diferentes partes do planeta experienciam os impactos de maneiras diferentes” (2018, p. 282, tradução nossa). Ou seja, a elevação térmica é mais acentuada em determinadas regiões do que em outras, não sendo, portanto, uniforme.

O estudo alerta que, dependendo da magnitude e efetividade das medidas tomadas para limitar o aquecimento, há uma infinidade de possibilidades para o futuro do planeta (IPCC, 2018). Além disso, a importância do controle dos níveis térmicos é devido ao que Conti diz:

A mudança climática envolve um dinamismo mais complexo do que a simples elevação da média térmica, mesmo porque o clima não se define só pela temperatura. Contudo, a reação em cadeia que se estabelece a partir do aquecimento deve ser avaliada em profundidade. (2005, p. 71)

No que tange à vida humana, tem-se impactos em diversos aspectos. Mortalidade em razão das ondas de calor e doenças transmitidas por vetores, por exemplo, apresentam cada vez mais riscos, variando segundo a capacidade da população local de ajustar-se às mudanças climáticas e acesso a ar condicionado (IPCC, 2018).

O relatório do IPCC (2018) também apresenta a ligação entre as mudanças climáticas e a pobreza. A população de países pobres está mais sujeita à variação dos parâmetros do clima, pois dependem de recursos naturais para sobreviver, os quais são suscetíveis a eventos extremos, como inundações, secas e ondas de calor derivados de “variação dos parâmetros de temperatura e precipitação” (HOPE, 2009, p. 457, tradução nossa). Essas alterações, então, desempenham uma questão de subsistência para essas pessoas, uma vez que seu trabalho, sua moradia, sua infraestrutura e suas relações sociais (IPCC, 2018) são diretamente afetados. Dessa forma, as mudanças climáticas influem de forma a aumentar a desigualdade social, agravando a pobreza conforme afirma Hope (2009).

3 RISCOS CLIMÁTICOS PARA PORTOS

Como visto, as mudanças climáticas ocorrem tanto devido a processos naturais quanto a efeitos antropogênicos, sendo suas consequências as mais diversas. A análise dos impactos no setor portuário se faz necessária em razão da importância deste para a economia do país. Segundo a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ, 2021, p. 20),



“aproximadamente 90% de todo o comércio mundial depende do transporte marítimo para se sustentar”.

A localização próxima à costa propicia que os portos sejam afetados por inundações, tempestades e vendavais (ANTAQ, 2021; PIANC, 2008). Esses fenômenos acarretam paralisação das atividades, impactos em outros ramos da cadeia multimodal e danos à estrutura física do porto. Com as alterações no clima, os eventos extremos tendem a se tornar mais frequentes e intensos, prejudicando ainda mais as operações (CHRISTODOULOU; CHRISTIDIS; DEMIREL, 2018).

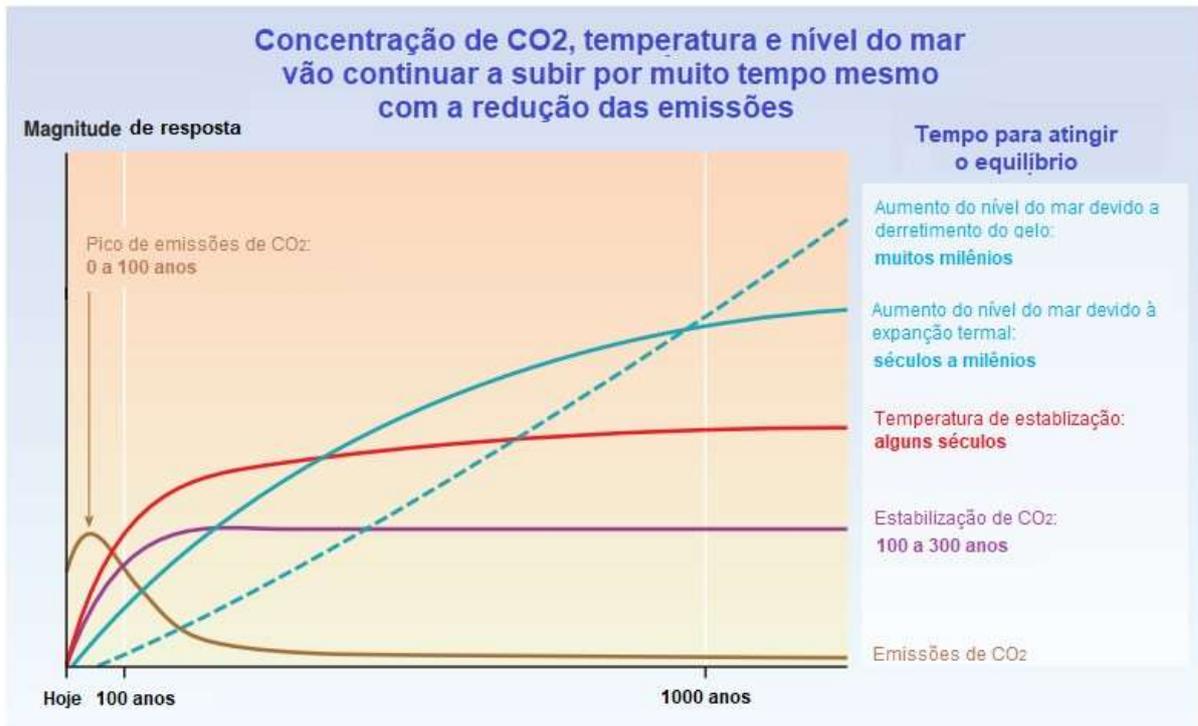
3.1 Aumento do nível do mar

A partir do aumento da concentração de gases do efeito estufa, ocorre a elevação da temperatura do planeta. O calor retido é, então, distribuído por meio dos regimes de ventos e correntes (MARENGO, 2007) provocando o degelo das geleiras nos polos e o aquecimento da água que faz aumentar o seu volume. (BESSAT, 2003; FIGUEIREDO et al., 2016; SARWAR, 2006). Estes dois fenômenos somados elevam o nível dos mares.

A PIANC (2008), *Permanent International Association of Navigational Congresses* (em português, Associação Mundial para a Infraestrutura de Transportes Aquaviários), que se dedica a estudos acerca do desenvolvimento sustentável da infraestrutura do transporte aquaviário mundial, afirma, em seu relatório, que, mesmo se as emissões de CO₂ diminuïrem, a temperatura do ar na superfície continuará a subir por pelo menos 100 anos. A consequência disso é a expansão dos oceanos por ainda mais tempo (FIGUEIREDO et al., 2016; PIANC, 2008) porque, segundo Figueiredo et al. (2016, p. 181), “as águas respondem com lentidão ao calor absorvido”, ou seja, demoram muito tempo para aquecer e, assim, derreter, no caso das calotas polares, ou dilatar, no caso das águas oceânicas.

A Figura 1 representa graficamente essa relação entre a concentração de dióxido de carbono na atmosfera, a temperatura do ar e o nível do mar.



Figura 1 – Relação entre concentração de CO₂, temperatura e nível do mar

Fonte: Traduzido de IPCC, 2001

Entre 1990 e 2100, prevê-se um aumento de 2°C na temperatura média global (BESSAT, 2003). Devido a esse aquecimento, de acordo com Bessat (2003), o nível do mar subirá entre 0,5 e 0,8m nesse período. PIANC (2008) demonstra que a parcela de elevação correspondente ao derretimento do gelo está entre 0,2 e 0,6m, mas aponta que esses números estariam subestimados e poderiam chegar a pelo menos 1m até o final do século.

A estrutura física do porto é afetada a partir de uma elevação do mar entre 0,18 e 0,59m (FIGUEIREDO et al., 2016). Em seu 178º relatório, a PIANC apresenta algumas consequências desse fenômeno:

Alterações relacionadas ao clima [...] podem resultar em mudanças nos tipos de embarcações que usam o porto ou a hidrovia, mudanças nas especificações de atracação ou instalações de armazenamento, demanda por aumento da capacidade sazonal, redução na rotatividade ou mudança de atividades de exportação para importação... (2020, p. 12, tradução nossa)



Há uma tendência em pensar na elevação do mar como um aspecto positivo, pois possibilitaria maiores calados no porto e, conseqüentemente, maior movimentação de cargas. No entanto, constata-se uma realidade bem diferente.

Alfredini (2014 apud FIGUEIREDO et al., 2016) define borda-livre do cais como a distância entre a cota do cais e a cota da maré de projeto. Sendo a estrutura fixa, esta lazeira diminui, “afetando os procedimentos de manutenção devido à mudança nas zonas de deterioração do concreto armado” (ALFREDINI; ARASAKI, 2018, p. 5, tradução nossa). Com mais áreas inundadas, mais sedimentos são transportados. O assoreamento dessas regiões promove, então, a ampliação do processo de dragagem (ALFREDINI; ARASAKI, 2018; ANTAQ, 2021). Por conseguinte, dependendo da maneira como o local for afetado, pode ser necessária a realocação da instalação portuária (ANTAQ, 2021).

Vale ressaltar que esta é raramente adotada pelos portos, pois demanda altos investimentos (HOUTVEN, 2022). Todavia, as estruturas devem ser adaptadas aos impactos do aquecimento global visto que regiões litorâneas, como Santos, terão “sua infraestrutura, áreas residenciais e seu porto” (ALFREDINI; ARASAKI, 2018, p. 1, tradução nossa) danificados.

3.2 Tempestades

As chuvas ocorrem com o aquecimento da água, que evapora e eleva-se. Em altitude, ela condensa formando gotículas e, conseqüentemente, nuvens (MET OFFICER, 2014). Resultante do fenômeno da coalescência, definido pelo Glossário do Instituto Nacional de Meteorologia como “fusão de duas gotas de água em uma única gota maior”, estas partículas aumentam de peso causando a precipitação (MET OFFICER, 2014). Esse fenômeno, quando acontece de maneira mais potente e por maior tempo, é caracterizado como tempestade (ANTAQ, 2021).

Sendo o calor a razão da liberação de vapores de água para o ambiente, pode-se entender a influência das mudanças climáticas nas chuvas. O ar, estando mais quente, promove maior evaporação. Com mais partículas de H₂O na atmosfera aglutinando-se, há mais tempestades, assim como ventos, furacões e ciclones (MARENGO et al., 2009). Maiores volumes de água retornando ao solo com mais intensidade tendem a ocasionar marés de



tempestades cada vez mais altas (HOUTVEN et al., 2022) resultando em prejuízos às estruturas e às populações estabelecidas nas regiões costeiras (RUDORFF et al., 2014). Ou seja, a tendência é o aumento do risco de tempestades para as infraestruturas portuárias que, conjugadas com a subida do nível do mar, “aumentam a duração e o tamanho do fechamento de portos reduzindo a eficiência e a capacidade dos portos processarem navios e cargas” (HOUTVEN et al., 2022, p. 13, tradução nossa).

O Porto de Santos indicou em questionário à ANTAQ (2021) que as tempestades são um dos eventos preocupantes para as estruturas, as operações e a cadeia logística, conforme Figura 2, Figura 3 e Figura 4.

Figura 2 - Impacto estrutural no Porto de Santos devido a eventos meteorológicos



Fonte: ANTAQ, 2021



Figura 3 - Impacto operacional no Porto de Santos devido a eventos meteorológicos

Fonte: ANTAQ, 2021

Figura 4 - Impacto na cadeia logística no Porto de Santos devido a eventos meteorológicos

Fonte: ANTAQ, 2021



Os dados apresentados nos gráficos acima ratificam Houtven et al. (2022) acerca da interrupção das atividades no porto e os efeitos das alterações nas chuvas. As estruturas do canal de acesso e do pátio sofreram grau grave de impacto, o que necessitou de reparo por pessoal externo. As operações no canal de acesso, no pátio, no berço e na entrada e saída de navios foram impactadas de modo severo fazendo-as paralisar totalmente por um curto período. Os acessos dos modais aquaviário e ferroviário tiveram de ser interrompidos por 24 horas devido a severo impacto, enquanto o acesso rodoviário sofreu suspensão por conta de impacto moderado pela tempestade (ANTAQ, 2021).

As projeções são de que, com as mudanças climáticas, as operações serão cada vez mais afetadas por esse fenômeno (HOUTVEN et al., 2022). Segundo Houtven et al. (2022), como a malha modal envolve atualmente uma enormidade de estruturas, mesmo paralizações por um curto período devido ao mau tempo e a possíveis intercorrências por conta delas representam significativos atrasos na movimentação de cargas. O Porto de Santos, por sua vez, movimenta cerca de 30% das cargas de todo o país (ANTAQ 2021). Sendo assim, interrupções acarretam prejuízos econômicos não apenas no setor portuário, mas também em todo o setor de transporte marítimo e na cadeia logística envolvida (ANTAQ, 2021; HOUTVEN et al., 2022).

3.3 Vendavais

A circulação do ar ocorre em razão da instabilidade atmosférica, onde há movimentação ascendente do ar quente e descendente do ar frio (LOBO, 2019). As diferenças de temperatura e densidade que dão origem aos ventos são influenciadas pela incidência solar sobre a superfície e pela diferença de albedo, a parcela de energia refletida por um determinado material terrestre (SÍGOLO, 2000).

Mudanças no clima local fazem com que uma determinada área superaqueça com mais frequência e, como resultado, as massas se movimentem mais rapidamente. A dinâmica mais veloz entre elas resulta nos vendavais (RIO DE JANEIRO, 2020). Segundo a Defesa Civil do Estado do Rio de Janeiro (2020), os ventos causadores desse fenômeno atingem entre 88 e 102km/h, podendo ainda vir acompanhados por “precipitações hídricas intensas e concentradas” e “grandes quantidades de raios e trovões”. Vale ressaltar que sistemas



atmosféricos com velocidades a partir de 103km/h passam a ser chamados de ciclones ou furacões e, por conta disto, causam ainda mais prejuízos.

Apesar do alto nível de incerteza descrita pela PIANC (2008) acerca das consequências das mudanças climáticas nos ventos, são previstas alterações como aumento da altura das ondas, maior tempo de atracação nos terminais, necessidade de maiores fundeadouros (PIANC, 2008), maior risco de danos às estruturas, aumento das interrupções nas operações e aumento das ameaças à vida dos trabalhadores (HOUTVEN et al., 2022). A elevação da temperatura no globo, portanto, não afeta apenas a circulação do ar na atmosfera, mas também acarreta eventos extremos, que interferem diretamente no setor portuário.

Figura 2, Figura 3 e Figura 4 demonstram as consequências dos vendavais no Porto de Santos. Como acontecem geralmente junto a tempestades (RIO DE JANEIRO, 2020), seus danos são semelhantes. O canal de acesso e o pátio tiveram suas estruturas gravemente impactadas, exigindo de reparo por pessoal externo. As operações no canal de acesso, no pátio, no berço e na entrada e saída de navios sofreram impactos de grau severo sendo preciso paralisá-las totalmente por um curto período. O acesso aquaviário e ferroviário teve de ser interrompido por até 24 horas após impacto severo (ANTAQ, 2021).

Analisar os efeitos das mudanças climáticas nos portos é importante diante da possibilidade de “atraso nas operações, perda na produtividade, e prejuízos para a cadeia logística” (ANTAQ, 2021, p.232). Ademais, tendo em vista a relevância do comércio marítimo no cenário mundial, as consequências dessas alterações também afetam as transações comerciais entre as nações (PIANC, 2008). A ANTAQ (2021), por isso, incentiva os gestores a incluírem no planejamento registro das condições climáticas e medidas para diminuir a vulnerabilidade aumentando, assim, a capacidade de adaptação do porto à nova realidade de maneira segura e eficiente.

4 METODOLOGIA PARA A ADAPTAÇÃO

Adaptação é definida pela PIANC (2020) como um processo para adequação ao clima ou aos efeitos das mudanças climáticas. A proximidade do porto com a costa torna-o mais suscetível a eventos meteorológicos em comparação com outras estruturas. Em uma perspectiva de alterações no clima, esses locais tendem a ser ainda mais afetados causando



perdas financeiras e danos à cadeia de abastecimento (ANTAQ, 2021). O estudo de Houtven et al. (2022) estima perdas bilionárias decorrentes, as quais são demonstradas na Tabela 1.

Tabela 1 - Custos devido a mudanças climáticas em bilhões de dólares

Ano	2050	2100
Aumento do nível do mar (m)	0.27	0.84
Aumento na altura de ressacas (m)	0.38	0.76
Aumento no pico de velocidade do vento (m/s)	3.0	6.0
Portos, embarcadores e transportadores	US\$0.8 - US\$1.6	US\$1.9 - US\$3.7
Consumidores de serviços de transporte marítimo	US\$0.3 - US\$1.1	US\$1.1 - US\$3.9
Total de custos adicionados	US\$1.1 - US\$2.7	US\$3.1 - US\$7.6

Fonte: Traduzido de HOUTVEN et al., 2022

A análise da tabela permite entender a necessidade de adequar a infraestrutura a fenômenos atmosféricos extremos de forma a tornar o porto mais resiliente. Ou seja, um porto deve ser capaz de antecipar e planejar uma interrupção, lidar os impactos decorrentes e retomar suas atividades logo após (PIANC, 2020), reduzindo, assim, custos adicionais.

Tendo em vista o fundamental papel exercido pelos portos na economia local, regional e global (PIANC, 2020), a PIANC formulou o “*Climate Change Adaptation Planning For Ports And Inland Waterways*” (em português, Plano de Adaptação às Mudanças Climáticas para Portos e Vias Navegáveis Interiores), um guia para o planejamento de adaptação às mudanças climáticas em portos e vias navegáveis interiores. O presente estudo utilizará esse manual como referência juntamente a dados do Levantamento de Risco Climático e Medidas de Adaptação para Infraestruturas Portuárias feito pela ANTAQ em 2022 para a elaboração de um plano de adaptação para o Porto de Santos. O complexo foi escolhido porque, ademais de sua importância para o comércio no Brasil e na América do Sul (ANTAQ, 2021), estima-se



que esteja pelo menos 20 anos atrasado em relação à implementação de medidas para adaptação às alterações do clima (ALFREDINI, 2014 apud FIGUEIREDO et al., 2016).

PIANC (2020) divide o plano em 4 etapas, são elas:

- 1ª etapa - Contexto e objetivos: permite a compreensão dos ativos, operações e sistemas críticos que podem ser afetados pelas mudanças climáticas, destacando a interdependência com outros setores potencialmente suscetíveis, além de incentivar o engajamento com *stakeholders* (partes interessadas e influenciadas pelos resultados da empresa, no caso, do porto) e estabelecer objetivos da adaptação;
- 2ª etapa - Informações climáticas: possibilita a identificação dos parâmetros e processos climatológicos fundamentais para alterações do clima nos diferentes cenários projetados. Nessa etapa, é possível compreender a importância do acompanhamento de dados meteorológicos para a tomada de decisões;
- 3ª etapa - Vulnerabilidade e riscos: permite reunir informações das etapas 1 e 2 e, então, avaliar a vulnerabilidade de ativos, operações e sistemas, analisando as possíveis mudanças e seus riscos à infraestrutura;
- 4ª etapa - Opções de adaptação: estabelece métodos de adaptação e resiliência para enfrentar os riscos identificados na etapa 3, implementando uma metodologia voltada à resposta às mudanças climáticas no local estudado.

Para determinação de cada uma delas, são estabelecidas as seguintes perguntas como forma de direcionar o estudo:

- Quais ativos, operações ou sistemas podem ser afetados pelas mudanças climáticas?
- Quais as metas e objetivos do exercício de planejamento da adaptação?
- Quem deve estar envolvido no processo?
- O que deve ser considerado ao definir os objetivos de adaptação às mudanças climáticas, acordar um horizonte de planejamento e selecionar os cenários?
- Quais parâmetros relacionados ao clima devem mudar e em quanto?
- Como ativos, operações e sistemas críticos serão afetados?
- Como lidar com a incerteza?
- Que outras informações são necessárias para fundamentar a avaliação?
- Como identificar e avaliar os riscos?
- Como identificar e avaliar opções prévias e de longo prazo para fortalecer a resiliência e a adaptação?
- Como decidir quando uma ação precisa ser tomada? (PIANC, 2020, p. 14, tradução nossa)



Tendo em vista a particularidade de cada porto e a cultura local, não há obrigatoriedade em responder todos os questionamentos para elaboração de um plano de adaptação. Bem como as etapas do guia, que “podem ser seguidas na íntegra ou uma etapa específica pode ser utilizada como uma referência independente” (PIANC, 2020, p. 14).

4.1 Contexto e objetivos

O Porto de Santos é o maior complexo portuário da América Latina em área, sendo o segundo maior em movimentação de contêineres (SANTOS PORT AUTHORITY, 2021). Além disso, possui terminais para transporte de carga geral e graneis, como “grãos, sólidos vegetais e minerais, líquidos químicos e combustíveis” (ANTAQ, 2022, p. 8), com fluxo médio de mais de 109 milhões de toneladas por ano (ANTAQ, 2021) provenientes de mais de 200 nações (ANTAQ, 2022). O Porto desempenha vital papel na economia do Brasil, tendo passado por ele cerca de 28% das transações comerciais realizadas no país em 2021 devido à ampla rede de transporte rodoviário, ferroviário e dutoviário (SANTOS PORT AUTHORITY, 2021).

A partir do Plano de Desenvolvimento e Zoneamento (PDZ), a Autoridade Portuária de Santos pretende ampliar a capacidade do complexo para 240,6 milhões de tonelada até 2040. O foco principal é o aumento na movimentação de granel sólido vegetal, contêineres, granel líquido, fertilizantes e celulose (SANTOS PORT AUTHORITY, 2021). Contudo, para viabilizar o projeto, são necessárias adequações, uma vez que alguns tipos de carga podem sofrer avaria durante a operação, como os graneis sólidos em razão da umidade e determinadas condições atmosféricas ocasionem a necessidade de interrupções (ANTAQ, 2022).

4.2 Informações climáticas

A análise climática de Santos é necessária para prevenir fenômenos climáticos que afetam a dinâmica operacional do porto. Localizada em uma região de clima quente e úmido (SANTOS PORT AUTHORITY, 2021), a cidade possui precipitação média anual “de 3207mm, com permanente excedente hídrico no solo” (GUTJAHR, 2010, p. 6). As temperaturas variam entre 16°C e 30°C (SANTOS PORT AUTHORITY, 2021), podendo, no



verão, alcançar acima de 35°C e, no inverno, abaixo de 10°C (GUTJAHR, 2010). Além disso, os ventos predominantes têm direção leste e nordeste que atingem velocidade de 20 nós.

Na perspectiva do Porto de Santos, chuvas, ressacas e aumento do nível do mar ocasionam degradação da costa e sedimentação, que interfere “no transporte de carga, na cadeia logística e nos processos de embarque e desembarque da carga” (ANTAQ, 2022, p. 12). Em caso de ventos, há paralizações no canal de acesso em condições extremas. A neblina, por sua vez, reduz a visibilidade, afetando o acesso aquaviária e rodoviário no porto e gerando, conseqüentemente, atrasos (ANTAQ, 2021). Para a ANTAQ (2022), os fenômenos citados representam os maiores riscos para o complexo.

4.3 Vulnerabilidade e riscos

Após a obtenção de informações do clima, é preciso identificar as variações dos eventos meteorológicos. Isto é, analisar a maneira como ventos, chuvas e nível do mar (ANTAQ, 2022) sofrerão as mais diversas alterações ao longo de um período determinado diante das mudanças climáticas.

A análise de risco é utilizada para “compreender a probabilidade da ocorrência de um determinado perigo climático e, caso ocorra, a magnitude e a gravidade das conseqüências” (PIANC, 2020, p. 9, tradução nossa). Essa verificação é feita por meio da Matriz de Risco Climático (Tabela 4), uma tabela desenvolvida pela ANTAQ (2022) que determina valor para o risco e o categoriza em leve (1 a 5), médio (6 a 14) ou alto (15 a 25). Ela é resultante da multiplicação entre a probabilidade de uma ameaça (Tabela 2) e o nível de severidade.

Tabela 1 – Escala de probabilidade

ESCALA DE PROBABILIDADE			
Nível	Descrição	Frequência (Nº de Eventos/Ano)	
1	Quase nunca	<1	
2	Raramente	1	4
3	Ocasionalmente	4	19
4	Frequentemente	19	83
5	Muito frequentemente	83,50638	365

Fonte: ANTAQ, 2022



A Tabela 3 tem como referência o período de 1981 a 2000. Para determinação dos prognósticos climáticos nos horizontes temporais de 2021 a 2040, 2041 a 2060, e 2081 a 2100, foram utilizados os cenários SSP2 e SSP5 do *Shared Socioeconomic Pathways* (em português, Caminhos Socioeconômicos Compartilhados) que permitem uma análise mais acurada dos impactos e variabilidades, promovendo adaptação e mitigação mais eficientes (RIAHI et al., 2017). O primeiro, projeta um contexto sem expressivos desvios dos padrões históricos, mantendo a degradação do meio ambiente, mas com pequena diminuição no uso de recursos e energia (RIAHI et al., 2017). A ANTAQ (2022) o qualifica como intermediário. O segundo, estima um progresso tecnológico com exploração de combustíveis fósseis e acentuado consumo de recursos e energia, exigindo medidas significativas de mitigação e poucas ações de adaptação (RIAHI et al., 2017). É definido pela ANTAQ (2022) como altas emissões.

Tabela 3 - Projeções de frequência em cenários SSP2 e SSP

AMEAÇA	LINHA DE BASE (1981-2000)	ANOMALIA (SSP VS HIST 1981-2000)					
		2021-2040		2041-2060		2081-2100	
		SSP2	SSP5	SSP2	SSP5	SSP2	SSP5
	NÍVEL	NÍVEL					
Vento Fraco (3 m/s)	4	4	4	4	4	4	4
Vento Moderado (7 m/s)	1	2	3	2	3	2	3
Vento Forte (10 m/s)	1	1	1	1	1	1	1
Chuva persistente (1 mm)	5	5	5	5	5	5	5
Chuva forte (15 mm)	4	4	4	4	4	4	4
Inundações devido ao Aumento de 0,2 m de Nível do Mar	1	1	1	2	2	2	2

Fonte: ANTAQ, 2022

Nos períodos delimitados, pôde-se perceber linearidade na provável frequência de Vento Fraco e Vento Forte. O Vento Moderado, por sua vez, mostrou possível aumento de ocorrências em todos os períodos e cenários estudados. Vale ressaltar que ventos de baixa velocidade se apresentando de modo frequente representam um ponto de alerta, dado possíveis inferências na operação de carga e descarga de determinados navios (ANTAQ, 2022). Para as projeções de Chuva Persistente e Chuva Forte, os cenários futuros não possuem variação de periodicidade. A ocorrência “muito frequente” e “frequente” delas,



porém, representa uma necessidade de atenção, pois determinados graneis sofrerem avarias devido à umidade (ANTAQ, 2022). As Inundações Devido ao Aumento de 0,2m têm frequência aumentada em todos os cenários SSP a partir de 2041.

A severidade, por sua vez, é classificada em 5 níveis, definidos pela ANTAQ como:

- a) **Nível leve:** se relaciona com paralisações inferiores a 6 horas, que não impactam de forma significativa a programação dos embarques e desembarques, mas podem exigir vistorias ou rápidas manutenções em alguns equipamentos;
- b) **Nível moderado:** estabelecido para impactos que demandam vistoria e manutenção de equipamentos com duração entre 24h e 48h e/ou paralisações que inibem as operações entre 6h e 24h;
- c) **Nível grave:** compreende as paralisações que cancelam embarques e desembarques entre 24h e 48h e/ou avarias que exigem manutenções de 48h a 72h;
- d) **Nível severo:** se refere aos impactos relativos ao cancelamento do embarque e desembarque entre 48h e 168h e/ou avarias em equipamentos, com manutenção que duram entre 72h e 168h;
- e) **Nível catastrófico:** é aquele que pode ser observado pela perda de área operacional e/ou cancelamento de embarques e desembarques por período acima de 168h. (2022, p. 14)

Tabela 4 - Matriz de Risco Climático

SEVERIDADE	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
			1	2	3	4
		PROBABILIDADE				

● Risco Leve ● Risco Médio ● Risco Alto

Fonte: ANTAQ, 2022



O levantamento do risco climático estrutural e operacional realizado pela ANTAQ (2022) de cada uma das ameaças presente na Tabela 3 para graneis líquidos, graneis sólidos, celulose, estaleiro e contêineres nos horizontes temporais de 1981 a 2000, 2021 a 2040, e 2041 a 2060 (encontram-se nos Anexos do presente trabalho) permitiu as seguintes projeções de risco para o Porto de Santos (ANTAQ, 2022):

- Vento Fraco: apresenta leve risco em todos os cenários e baixa severidade, havendo interação com Canal Interno, Bacia de Evolução e Empilhadeiras independentemente do tipo de carga. Destaca-se também interação estrutural com o Canal Externo e interação operacional com o Berço em todos os tipos de carga, e a interação na estrutura e na operação com Equipamentos de Içamento e Transportador Contínuo em determinados tipos de carga;
- Vento Moderado: apresenta leve risco em todos os cenários e baixa severidade, havendo interação com todas as estruturas com quase todos os tipos de carga;
- Vento Forte: apresenta leve risco em todos os cenários (nos períodos estimados, o risco climático passa de 3 para 1 em relação a Vento Moderado) e baixa severidade, havendo interação com todas as estruturas com quase todos os tipos de cargas;
- Chuva Persistente: para operações de Granel Sólido, apresenta médio risco e moderada severidade em Infraestrutura de Armazenamento, Equipamentos de Içamento e Transporte Contínuo, e leve risco e baixa severidade em Empilhadeiras. Para operações de Celulose, apresenta leve risco e baixa severidade. Para operação de Estaleiro, apresenta médio risco e moderada severidade em Equipamentos de Içamento e Empilhadeiras. Para operação de Contêineres, apresenta médio risco e moderada severidade em Infraestrutura de Armazenamento e Equipamentos de Içamento, e leve risco e baixa severidade em Empilhadeiras;
- Chuva Forte: apresentou médio risco e grave severidade, havendo interação com Canal Externo, Canal Interno e Bacia de Evolução em quase todos os tipos de carga. Nas demais infraestruturas, há variação de médio risco e moderada severidade para leve risco e baixa severidade dependendo do tipo de carga, não havendo, porém, interações com Sinalização Náutica;



- Inundações Devido ao Aumento de 0,2m: apresentou leve risco e severidade variável segundo o tipo de carga para quase todas as infraestruturas. Para operações com Granel Líquido, apresenta médio risco e grave severidade em Berços, Equipamentos de Içamento e Transportador Contínuo no cenário de 2041 a 2060.

Percebe-se, então, a Chuva Forte como a maior ameaça ao complexo, visto que apresenta os maiores riscos em razão de sua frequência e severidade. Os Equipamentos de Içamento mostraram-se como os mais suscetíveis, pois todas as cargas por ele movidas têm suas operações afetadas por pelo menos cinco das seis ameaças atmosféricas analisadas. Estruturalmente, o Canal Interno e a Bacia de Evolução são os mais propensos a riscos, demonstrando perigo a todas as cargas na ocorrência de Ventos, Chuva Forte e Inundações. Além disso, o Granel Sólido foi identificado como a carga mais sujeita a riscos, sendo sua estrutura e operação as mais expostas (ANTAQ, 2022).

Embora grande parte dos riscos encontrados no Porto de Santos sejam classificados como leves, a ANTAQ recomenda que “o monitoramento dos riscos climáticos deve prosseguir” (ANTAQ, 2022, p. 17). Isso porque a estrutura portuária é sensível e seus prejuízos acarretam perdas econômicas conforme mostra a Tabela 1.

A vulnerabilidade de um porto, então, indica o quão suscetível ele é aos impactos negativos dos eventos meteorológicos (PIANC, 2020). Ela pode ser identificada a partir de limiares críticos, que, ao serem analisados junto a cenários projetados, constata-se os ativos, operações e sistemas mais propensos a serem afetados pelas consequências das mudanças do clima (ANTAQ, 2021). Na Tabela 5, são discriminados os limiares críticos do Porto de Santos. Com base nesses dados, é possível promover formas de contornar eventuais paralizações e prejuízos.

Nota-se, com isso, a sensibilidade do Porto de Santos aos impactos decorrentes dos fenômenos climáticos citados. Embora, em sua maioria, não apresentem significativas intensificações causadas pelas mudanças climáticas, é fundamental analisar o comportamento de cada um deles no período de um ano (curto prazo) e nos intervalos determinados até 2100 (longo prazo), tendo os limites estruturais como referência. Essa avaliação é essencial porque, ao identificar os padrões de frequência e intensidade, pode-se estabelecer medidas mais



efetivas de adaptação e, assim, garantir a operacionalidade frente aos desafios decorrentes das consequências de eventos extremos.

Tabela 5 - Limiares Críticos do Porto de Santos

PORTO DE SANTOS		Limiares Críticos					
		Aumento do nível do mar (m)	Nível da água em tempestades (m)	Velocidade do vento (km/h)	Temp.Máx (°C)	Temp. Mín (°C)	Precipitação (mm/dia)
ESTRUTURAS	Molhe/Quebra Mar	N/A	N/A	30	40	N/A	132
	Berço	N/A	N/A	30	40	N/A	132
	Pátio de Armazenamento	N/A	N/A	30	N/A	N/A	132
	Equipamentos de movimentação de cargas	N/A	N/A	30	40	N/A	132
	Canal de Acesso	N/A	N/A	30	N/A	N/A	132
OPERAÇÃO	Entrada/Salda de navios	N/A	N/A	30	N/A	N/A	132
	Berço	N/A	N/A	30	40	N/A	132
	Pátio	N/A	N/A	30	40	N/A	132
	Armazéns	N/A	N/A	30	40	N/A	132
CADEIA LOGÍSTICA	Rodoviário	N/A	N/A	30	40	N/A	132
	Ferrovário	N/A	N/A	30	40	N/A	132
	Aquaviário	N/A	N/A	30	40	N/A	132
	Dutoviário	N/A	N/A	30	40	N/A	132

Fonte: ANTAQ, 2021

4.4 Opções de adaptação

Após identificação dos ativos, operações e sistemas afetados, os eventos meteorológicos que ameaçam a segurança e as operações do Porto de Santos e os riscos ocasionados, a última etapa para a elaboração do plano é estabelecer as adaptações a serem feitas pelo complexo. A ANTAQ (2022) tabelou diversas medidas adaptativas para as infraestruturas do porto em seu Sumário Executivo. Contudo, devido à infinidade de possíveis ações, optou-se por destacar no presente trabalho aquelas voltadas aos fenômenos que demonstraram maiores riscos (Chuva Forte) e às estruturas que apresentaram grande exposição (Equipamento de Içamento, Canal Interno e Bacia de Evolução).

A partir das propostas feitas pela ANTAQ (2022), cabe citar as seguintes ações recomendadas:



- Chuva Forte interagindo com Equipamentos de Içamento: sugere-se a implantação de uma estação meteorológica, a criação de área pulmão para armazenamento e a condução de avaliação para determinar a viabilidade de instalação de uma cobertura na área de embarque;
- Chuva Forte interagindo com Canal de Interno e Bacia de Evolução: sugere-se a alteração da velocidade de navegação, a integração da comunicação sobre a previsão de chuvas fortes em todos os terminais e a implementação de sistemas de monitoramento de calados dinâmicos para acampamento do calado disponível;
- Chuva Forte interagindo com Equipamentos de Içamento, Canal de Interno e Bacia de Evolução: sugere-se o acompanhamento das condições meteorológicas por meio de monitoramento com sensores e utilização de modelagem climática;
- Inundações Devido ao Aumento de 0,2m interagindo com Equipamentos de Içamento: sugere-se a implementação de sistemas de proteção costeira, como diques e elevação da infraestrutura, bem como a estabelecimento e a manutenção de áreas verdes e permeáveis.

A implementação dessas medidas possibilita maior resiliência do Porto de Santos, diminuindo, assim, sua vulnerabilidade. Em contra partida, surgem as barreiras que provocam dificuldades de implementação das adaptações propostas (ANTAQ, 2021). Elas são categorizadas em 6 tipos:

- **Barreira financeira:** requer análise de custo-benefício e capacidade financeira para investimento;
- **Barreiras legais/institucionais:** envolve a necessidade de passar por processo de licenciamento ambiental, dificuldade da realização de convênio com outras instituições, necessidade de interação e discussão com outras instituições, como por exemplo, com a Marinha, Órgão Gestor de Mão-de-Obra (OGMO) e o Ministério do Trabalho, e/ou falta de poder legal para alteração em normas técnicas.
- **Barreira técnica:** envolvem a falta ou a insuficiência de habilidade técnica para o desenvolvimento de uma determinada ação, podendo ser necessário a contratação de terceiros;
- **Barreira contratual:** necessidade de reequilíbrio de contrato com arrendatários e operadores portuários;
- **Barreira política/social:** envolve a redução de trabalhadores portuários, o que pode acarretar uma pressão e possíveis conflitos, necessidade de reassentamento e pressão externa da comunidade, necessidade de discussão com os operadores portuários e com os arrendatários que podem ir contra essa medida;



- **Barreira física/tecnológica:** associadas ao desenvolvimento tecnológico e à disponibilidade tecnológica. (ANTAQ, 2021, p. 217)

Nesse sentido, o envolvimento dos *stakeholders* no processo de adaptação e na determinação de prioridades é relevante a fim de que sejam tomadas decisões assertivas, salvaguardando o interesse de todos (PIANC, 2020). Embora as modificações necessárias sejam muitas vezes inviabilizadas em razão das barreiras, deve-se ressaltar que um porto resiliente enfrenta menos exposição às ameaças climáticas. Isto é, tem redução das demandas de manutenção, capacidade geral aumentada e menor número de paralizações. Assim, percebe-se a relevância em investir em meios com que o porto tenha sua capacidade adaptativa fortalecida e, assim, seja reduzida sua vulnerabilidade (ANTAQ, 2022).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mudanças climáticas são resultado de processos naturais e efeitos antropogênicos atuantes no planeta. Por conta disso, diversos acordos internacionais foram assinados como forma de conter a acentuação deles pelo homem e as consequências aos seres vivos. Constatou-se, durante o estudo, que os portos são particularmente sensíveis a essa dinâmica. Ela acarreta prejuízos à infraestrutura e à logística devido a paralização das operações, potenciais avarias às cargas e bloqueio no acesso de determinados modais. A intensificação dos eventos extremos também representa ameaça à vida dos trabalhadores, tornando o tema ainda mais relevante.

Como forma de mitigar esses impactos, o presente trabalho teve como objetivo geral a elaboração de um plano de adaptação para o Porto de Santos. Para isso, foi necessário identificar o contexto em que o complexo está inserido e os fenômenos meteorológicos mais presentes na região. Analisou-se, então, os riscos que eles provocam. Isto é, foi verificada a frequência de ocorrência em períodos específicos juntamente à severidade de cada um deles. Constatados os eventos de maior ameaça e as estruturas mais expostas, pôde-se recomendar, por fim, ações a serem tomadas a fim de diminuir a vulnerabilidade. Dentre elas estão: acompanhamento das condições meteorológicas, implementação de sistemas de proteção costeira e criação de área pulmão para armazenamento.



Contudo, antes de estabelecer a maneira de prevenir ainda mais futuros prejuízos à Autoridade Portuária, foi preciso compreender a gênese do tema, ou seja, a razão de ocorrência das mudanças climáticas. Identificou-se, com isso, que, para o clima de uma determinada região modificar-se, é necessária a alteração de variáveis relevantes devido à atividade humana e à variabilidade natural do planeta. Foi constatado, então, que o efeito estufa viabiliza condições habitáveis no planeta e, em contra partida, os gases poluentes na atmosfera retêm as radiações solares afetando o equilíbrio global em razão do aumento da temperatura.

Ademais da análise das mudanças em escala planetária, foi necessário verificar a maneira como elas afetam os portos. Para isso, a pesquisa teve como foco de estudo nesta fase os fenômenos de maior ameaça às infraestruturas portuárias. O aumento do nível do mar, causado pelo degelo nos polos e aquecimento da água, é estimado entre 0,5 e 0,8m até 2100. Apesar da tendência de pensar nisso como um benefício ao transporte marítimo, apontou-se, dentre os desafios a serem enfrentados, a diminuição da borda livre do cais e o assoreamento. No caso das projeções para as tempestades, elas mostraram tendência a intensificar os riscos quando somadas à elevação do mar, causando paralizações por mais tempo e em maior frequência. Com isso, foram apontados tanto prejuízos na dinâmica portuária quanto na logística do transporte das cargas. Já os vendavais, que sofrem influência da elevação de temperatura, apresentaram alto nível de incerteza, provocando as mais diversas consequências para o setor aquaviário, das quais vale destacar: aumento na altura de ondas e necessidade de maiores fundeadouros.

Apesar da grande quantidade de consequências projetadas, a maioria dos riscos identificados no Porto de Santos foram os classificados como “leve”. Devido a chuvas e ventos, verificou-se que já houve necessidade de reparo por pessoal externo no canal de acesso e no pátio além de interrupção do acesso aquaviário, ferroviário e rodoviário. Chuva Forte, em especial, apresentou maior frequência e severidade, sendo, portanto, a maior ameaça ao complexo. Os ventos demonstraram-se perigosos à estrutura do Canal Interno e da Bacia de Evolução do Porto. Como acontecem de modo frequente, a operação com



determinados navios foi identificada como pontos sensíveis uma vez que podem ser inferidas esses fenômenos.

Tratando-se de uma pesquisa bibliográfica, utilizou-se como pilar relatórios anuais do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), estudos da Associação Mundial para a Infraestrutura de Transportes Aquaviários (PIANC) e sumários executivos da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ). Sendo esses importantes órgãos no cenário estudado, foram obtidas, a partir deles, as informações de alteração do clima global e de impactos de fenômenos meteorológicos no Porto de Santos, vitais para realização da pesquisa.

Todavia, é importante relatar a limitação de dados utilizados ao longo do trabalho. Apesar das organizações citadas serem referência, a análise da influência das mudanças climáticas nos portos ainda apresenta defasagem, tendo sido difícil a utilização de outras fontes relacionadas ao Brasil. Entende-se que o tema aborda projeção e os cenários tratam-se de estimativas. Contudo, a evolução do clima local, por exemplo, somente foi encontrada superficialmente nos relatórios elaborados pela ANTAQ em 2021 e 2022, não tendo sido possível obter informações como registro do número de acidente envolvendo chuvas e ventos fortes, do tempo de fechamento do canal de acesso devido aos eventos climáticos extremos e da maneira como a cadeia logística foi afetada por fenômenos climáticos no porto.

Como mostrado ao longo do estudo, as mudanças climáticas representam perigo aos ativos, operações e sistemas de um porto ocasionando as mais diversas consequências. O Brasil é um país continental e, por isso, possui dezenas dessas estruturas. Dessa forma, sugere-se que sejam realizadas pesquisas mais detalhadas nos demais portos, realçando não somente as projeções de alteração, mas também os prejuízos já sofridos.

6 REFERÊNCIAS

ALFREDINI, Paolo; ARASAKI, Emilia. Estimation and impacts of sea level rise in Santos Port and adjacent areas (Brazil). **TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation**, v. 12, n. 4, p. 739–744, 2018.

ANTAQ. **Impactos e riscos da mudança do clima nos portos públicos costeiros brasileiros**. Brasília: Brasil, out. 2021.

_____. **Levantamento de risco climático e medidas de adaptação para infraestruturas portuárias**. Brasília: Brasil, nov. 2022. (Sumário Executivo Porto De Santos)



BESSAT, Frédéric. A mudança climática entre ciência, desafios e decisões: olhar geográfico. **Terra Livre**, n. 20, p. 11-26, 2003.

BRASIL. **Acordo De Paris**. , 2017a.

_____. **Acordos Internacionais E Políticas Públicas**. Disponível em: <<http://adaptaclima.mma.gov.br/acordos-internacionais-e-politicas-publicas>>. Acesso em: 21 fev. 2023.

CHRISTODOULOU, Aris; CHRISTIDIS, Panayotis; DEMIREL, Hande. Sea-level rise in ports: a wider focus on impacts. **Maritime Economics & Logistics**, v. 21, n. 4, p. 482-496, 17 out. 2018.

CONTI, José Bueno. Considerações sobre as mudanças climáticas globais. **Revista Do Departamento De Geografia**, v. 16, p. 70–75, 2005.

DENCHAK, Melissa. Paris Climate Agreement: Everything you need to know. **Natural Resources Defense Council**. 19 fev 2021. Disponível em: <<https://www.nrdc.org/stories/paris-climate-agreement-everything-you-need-know>>. Acesso em: 23 fev. 2023.

FIGUEIREDO, Leopoldo et al. O Porto de Santos e o aumento do nível do mar. Um desafio a ser enfrentado. **Leopoldianum**, v. 42, n. 116-8, 2016.

GUTJAHR, Mirian Ramos et al. Estudos históricos de eventos climáticos extremos na Baixada Santista-SP Brasil. **VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física Universidade de Coimbra**, 2010.

HOPE, Kempe Ronald. Climate change and poverty in Africa. **International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, v. 16, n. 6, p. 451–461, dez. 2009.

HOUTVEN, George et al. Act Now or Pay Later: The Costs of Climate Inaction for Ports and Shipping. **Environment Defense Fund**. Research Triangle Park: RTI International, mar. 2022.

INMET. **Glossário**. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/glossario/glossario>>. Acesso em: 26 maio. 2023.

IPCC. **Climate Change 2001: Synthesis Report**. A Contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom, and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2001.

_____. **Global Warming of 1.5°C An IPCC Special Report on the impacts of global**



warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Cambridge, UK and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2018.

LOBO, Paulo Roberto Valgas. **Meteorologia e Oceanografia: Usuário Navegante.** 4. ed. Rio de Janeiro: DHN, 2019.

MARENGO, José A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade.** 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007.

_____ et al. **Mudanças climáticas e eventos extremos no brasil.** Rio de Janeiro: FBDS, 2009.

MARSHALL, Charles; BEAM, Jessica. **Understanding Global Change.** 2020. Disponível em: <<https://ugc.berkeley.edu/>>. Acesso em: 23 fev. 2023.

MET OFFICER. **How does rain form and what is the water cycle?.** 16 abr. 2014. 1 vídeo (2 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=zBnKgwnn7i4&ab_channel=MetOffice-UKWeather>. Acesso em: 26 maio. 2023.

NUNES, Lucí Higo. Repercussões globais, regionais e locais do aquecimento global. **Terra Livre**, v. I, n. 20, p. 101–110, 2003.

PIANC. **Climate change adaptation planning for ports and inland waterways.** Bruchelas: Belgica. EnviCom WG178. 9 jan. 2020.

_____. **Waterborne Transport, Ports and Waterways: a Review of Climate Change Drivers, Impacts, Responses and Mitigation.** Bruchelas: Belgica. EnviCom Task Group 3. 8 nov. 2008.

RIAH, Keywan et al. The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. **Global Environmental Change**, v. 42, p. 153–168, jan. 2017.

RIO DE JANEIRO. Vendavais. **Defesa Civil do Estado do Rio de Janeiro.** 2020. Disponível em: <<http://defesacivil.rj.gov.br/index.php/para-o-cidadao/como-agir-em-desastres/19-vendavais>>. Acesso em: 27 jun. 2023.

RUDORFF, Frederico de Moraes et al. Maré De Tempestade. **Atlas De Desastres Naturais Do Estado De Santa Catarina: Período De 1980 a 2010**, v. 1, n. 2, jan. 2014.

SANTOS PORT AUTHORITY. **Fatos e Dados 2021.** São Paulo: Santos Port Authority,



2021. Disponível em: <<https://www.portodesantos.com.br/wp-content/uploads/Facts-en-figures-2021.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2023.

SARWAR, Md Golam Mahabub. Impacts of climate change on maritime industries. **World Maritime University Dissertations**, n. 276, 1 set. 2006.

SCHWARZWALD, Kevin.; LENSSEN, Nathan. The importance of internal climate variability in climate impact projections. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 119, n. 42, 10 out. 2022.

SIGOLO, Joel Barbujianni. Processos eólicos: a ação dos ventos. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de textos, p. 247-260, 2000.

WMO. **FAQs - Climate**. Disponível em: <<https://public.wmo.int/en/about-us/frequently-asked-questions/climate>>. Acesso em: 20 fev. 2023.



Anexo A - Risco climático estrutural e operacional de chuva forte

INFRAESTRUTURA	Probabilidade	AMEAÇA CLIMÁTICA CHUVA FORTE																			
		RISCO ESTRUTURAL										RISCO OPERACIONAL									
		GRANDES LIQUORES			GRANDES SÓLIDOS			CELULARE		ESTALIZO		CONTÊNERES			GRANDES LIQUORES		GRANDES SÓLIDOS		CELULARE	ESTALIZO	CONTÊNERES
		Interac?	Severidade	Risco	Interac?	Severidade	Risco	Interac?	Severidade	Interac?	Severidade	Risco	Interac?	Severidade	Risco	Interac?	Severidade	Risco	Interac?	Severidade	Risco
Cascal Externo	Interac?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	
	Severidade	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	Risco	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
Cascal Interno	Interac?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	
	Severidade	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	Risco	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
Bacia de Evolução	Interac?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	
	Severidade	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	Risco	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
Situação Náutica	Interac?	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	
	Severidade	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Risco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Berço	Interac?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	
	Severidade	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Risco	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Edificações	Interac?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	
	Severidade	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	Risco	12	12	12	8	8	8	12	12	12	4	4	4	8	8	8	8	8	8	8	
Infraestrutura de Armazenamento	Interac?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	
	Severidade	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Risco	4	4	8	8	8	4	4	4	4	4	4	4	8	8	8	8	8	8	8	
Equipamentos de içamento	Interac?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	
	Severidade	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Risco	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Empilhadeiras	Interac?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	
	Severidade	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Risco	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Transportador Contêiner	Interac?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	
	Severidade	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Risco	4	4	8	8	8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Acesso Marít	Interac?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	
	Severidade	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	Risco	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	

Fonte: ANTAQ, 2022



Anexo B - Risco climático estrutural e operacional de chuva persistente

INVESTIMENTURA	Probabilidade	AMEAÇA CLIMÁTICA CHUVA PERSISTENTE																											
		RISCO ESTRUTURAL									RISCO OPERACIONAL																		
		GRANDES LÍQUIDOS			GRANDES SÓLIDOS			CELULOSE			ESTALEIRO			CONTÊNERES			GRANDES LÍQUIDOS			GRANDES SÓLIDOS			CELULOSE			ESTALEIRO			CONTÊNERES
Habitac (05/0-2020)	2023-2040 (05/0)	04/0-2050 (05/0)	Habitac (05/0-2000)	2023-2040 (05/0)	04/0-2050 (05/0)	Habitac (05/0-2000)	2023-2040 (05/0)	04/0-2050 (05/0)	Habitac (05/0-2000)	2023-2040 (05/0)	04/0-2050 (05/0)	Habitac (05/0-2000)	2023-2040 (05/0)	04/0-2050 (05/0)	Habitac (05/0-2000)	2023-2040 (05/0)	04/0-2050 (05/0)	Habitac (05/0-2000)	2023-2040 (05/0)	04/0-2050 (05/0)	Habitac (05/0-2000)	2023-2040 (05/0)	04/0-2050 (05/0)	Habitac (05/0-2000)	2023-2040 (05/0)	04/0-2050 (05/0)			
Canal Esterno	Interação?	Não			Não				Não						Não				Não									Não	
	Severidade																												
	Risco																												
Canal Interno	Interação?	Não			Não				Não						Não				Não									Não	
	Severidade																												
	Risco																												
Bacia de Evolução	Interação?	Não			Não				Não						Não				Não									Não	
	Severidade																												
	Risco																												
Estruturação Náutica	Interação?	Não			Não				Não						Não				Não									Não	
	Severidade																												
	Risco																												
Barragem	Interação?	Não			Não				Não						Não				Não									Não	
	Severidade																												
	Risco																												
Estruturas	Interação?	Não			Não				Não						Não				Não									Não	
	Severidade																												
	Risco																												
Infraestrutura de Amacozamento	Interação?	Não			Não				Não						Não				Sim									Sim	
	Severidade																		2									2	
	Risco																		10	10	10							10	
Equipamentos de Ligamentos	Interação?	Não			Não				Não						Não				Sim									Sim	
	Severidade																		2									2	
	Risco																		10	10	10							10	
Empilhadeiras	Interação?	Não			Não				Não						Sim				Sim									Sim	
	Severidade														1				1									1	
	Risco																		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Transportador Contínuo	Interação?	Não			Não				Não						Não				Sim									Sim	
	Severidade																		2									1	
	Risco																		10	10	10	5	5	5				5	
Acesso Marítmo	Interação?	Não			Não				Não						Não				Não									Não	
	Severidade																												
	Risco																												

Fonte: ANTAQ, 2022



Anexo C – Risco climático estrutural e operacional de inundações devido ao aumento de 0,2m do nível do mar

INDUSTRIAL/INSTITUCIONAL		AMEAÇA CLIMÁTICA INUNDAÇÕES DEVIDO AO AUMENTO DE 0,2 M DO NÍVEL DO MAR																													
		RISCO ESTRUTURAL												RISCO OPERACIONAL																	
		GRANDES LÍQUIDOS			GRANDES SÓLIDOS			CELULOSE			ESTALEIRO			CONTÊNEDES			GRANDES LÍQUIDOS			GRANDES SÓLIDOS			CELULOSE			ESTALEIRO			CONTÊNEDES		
Probabilidade	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	
Carga Esterno	Interação?	Não			Não			Não			Não			Sim			Não			Não			Não			Não			Não		
	Severidade													1																	
	Risco													1	1	2															
Carga Interno	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Não			Não			Não			Não			Não		
	Severidade	1			1			1			1			1																	
	Risco	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2															
Bacia de Evolução	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Não			Não			Não			Não			Não		
	Severidade	1			1			1			1			1																	
	Risco	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2															
Suastrução Náutica	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Não			Não			Não			Não			Não		
	Severidade	1			1			1			1			1																	
	Risco	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2															
Bergas	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim		
	Severidade	2			1			2			1			1			3			1			1			1			1		
	Risco	2	2	4	1	1	2	2	2	4	1	1	2	1	1	2	3	3	4	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2
Edificações	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim		
	Severidade	1			1			1			1			1			2			1			1			1			1		
	Risco	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	2	2	4	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2
Infraestrutura de Armazenamento	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim		
	Severidade	2			1			2			1			1			2			1			1			1			1		
	Risco	2	2	4	1	1	2	2	2	4	1	1	2	1	1	2	2	2	4	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2
Equipamentos de Cimento	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim		
	Severidade	2			1			2			1			1			3			1			1			1			1		
	Risco	2	2	4	1	1	2	2	2	4	1	1	2	1	1	2	3	3	4	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2
Empilhadeira	Interação?	Não			Sim			Sim			Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não		
	Severidade				1			1																							
	Risco				1	1	2	1	1	2																					
Transportador Contínuo	Interação?	Sim			Não			Não			*			*			Sim			Sim			Sim			*			*		
	Severidade	2															3			1			1								
	Risco	2	2	4													3	3	4	1	1	2	1	1	2						
Acesso Viário	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim		
	Severidade	2			2			2			1			1			2			1			1			1			1		
	Risco	2	2	4	2	2	4	2	2	4	1	1	2	1	1	2	2	2	4	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2

Fonte: ANTAQ, 2022



Anexo D - Risco climático estrutural e operacional de Vento Forte

Infraestrutura	Probabilidade	AMEAÇA CLIMÁTICA: VENTO FORTE																																															
		RISCO ESTRUTURAL															RISCO OPERACIONAL																																
		GRANDES LÍQUIDOS					GRANDES SÓLIDOS					CELULOSE					ESTALERO					CONTÊNERES					GRANDES LÍQUIDOS					GRANDES SÓLIDOS					CELULOSE					ESTALERO					CONTÊNERES		
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5					
Carga Externa	Interação?	Sim				Sim					Sim					Sim					Sim					Sim					Sim					Sim													
	Severidade	1				1					1					1					1					1					1					1													
	Risco	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1									
Carga Interna	Interação?	Sim				Sim					Sim					Sim					Sim					Sim					Sim					Sim													
	Severidade	1				1					1					1					1					1					1					1													
	Risco	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1									
Bacia de Evolução	Interação?	Sim				Sim					Sim					Sim					Sim					Sim					Sim					Sim													
	Severidade	1				1					1					1					1					1					1					1													
	Risco	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1									
Situacões Náuticas	Interação?	Sim				Sim					Sim					Sim					Sim					Sim					Sim					Sim													
	Severidade	1				1					1					1					1					1					1					1													
	Risco	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1									
Barragem	Interação?	Sim				Sim					Sim					Sim					Sim					Sim					Sim					Sim													
	Severidade	1				1					1					1					1					1					1					1													
	Risco	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
Edificações	Interação?	Sim				Sim					Sim					Sim					Sim					Sim					Sim					Sim													
	Severidade	1				1					1					1					1					1					1					1													
	Risco	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
Infraestruturas de Armazenamento	Interação?	Sim				Sim					Sim					Sim					Sim					Sim					Sim					Sim													
	Severidade	1				1					1					1					1					1					1					1													
	Risco	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
Equipamentos de Cimento	Interação?	Sim				Sim					Sim					Sim					Sim					Sim					Sim					Sim													
	Severidade	1				2					2					2					2					2					2					2													
	Risco	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2								
Empilhadeiras	Interação?	Sim				Sim					Sim					Sim					Sim					Sim					Sim					Sim													
	Severidade	1				1					1					1					1					1					1					1													
	Risco	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
Transportador Contínuo	Interação?	Sim				Sim					Sim					Sim					Sim					Sim					Sim					Sim													
	Severidade	1				1					1					1					1					1					1					1													
	Risco	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
Acesso Viário	Interação?	Sim				Sim					Sim					Sim					Sim					Sim					Sim					Sim													
	Severidade	1				1					1					1					1					1					1					1													
	Risco	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								

Fonte: ANTAQ, 2022



Anexo E - Risco climático estrutural e operacional de Vento Fraco

INFRAESTRUTURA		AMEAÇA CLIMÁTICA: VENTO FRACO																			
		RISCO ESTRUTURAL										RISCO OPERACIONAL									
		GRANDES LÍQUIDOS		GRANDES SÓLIDOS		CELULOSE		ESTALEIRO		CONTÊINERES		GRANDES LÍQUIDOS		GRANDES SÓLIDOS		CELULOSE		ESTALEIRO		CONTÊINERES	
Probabilidade	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Carga Extrema	Interação?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	Severidade	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Risco	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Carga Interna	Interação?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	Severidade	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Risco	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Bacía de Evolução	Interação?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	Severidade	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Risco	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Situatção Náutica	Interação?	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
	Severidade																				
	Risco																				
Borçes	Interação?	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	Severidade												1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Risco												4	4	4	4	4	4	4	4	4
Edificações	Interação?	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
	Severidade																				
	Risco																				
Infraestrutura de Amarramento	Interação?	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
	Severidade																				
	Risco																				
Equipamentos de Içamento	Interação?	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	Severidade			1							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Risco			4							4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Empilhadeiras	Interação?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	Severidade	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Risco	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Transportador Contínuo	Interação?	Sim	Sim	Não	*	*	*	*	*	*	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	*	*	*	*	*
	Severidade	1	1								1	1	1	1	1	1					
	Risco	4	4								4	4	4	4	4	4					
Acesso Viário	Interação?	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
	Severidade																				
	Risco																				

Fonte: ANTAQ, 2022



Anexo F - Risco climático estrutural e operacional de Vento Moderado

INDUSTRIALIZAÇÃO		AMEAÇA CLIMÁTICA: VENTO MODERADO																																																									
		RISCO ESTRUTURAL																		RISCO OPERACIONAL																																							
		GRANDES LÍQUIDOS						GRANDES SÓLIDOS						CELULOSE						ESTALADO						CONTÊNERES						GRANDES LÍQUIDOS						GRANDES SÓLIDOS						CELULOSE						ESTALADO						CONTÊNERES			
Interação?	Severidade	Risco	Interação?	Severidade	Risco	Interação?	Severidade	Risco	Interação?	Severidade	Risco	Interação?	Severidade	Risco	Interação?	Severidade	Risco	Interação?	Severidade	Risco	Interação?	Severidade	Risco	Interação?	Severidade	Risco	Interação?	Severidade	Risco	Interação?	Severidade	Risco	Interação?	Severidade	Risco	Interação?	Severidade	Risco	Interação?	Severidade	Risco																		
Carga Externa	Interação?	Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim																			
	Severidade	1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1																	
	Risco	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3																
Carga Interna	Interação?	Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim																	
	Severidade	1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1																	
	Risco	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3																
Barras de Empuxo	Interação?	Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim																	
	Severidade	1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1																	
	Risco	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3																
Estruturação Híbrida	Interação?	Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim																	
	Severidade	1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1																	
	Risco	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3																
Borçoes	Interação?	Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim																	
	Severidade	1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1																	
	Risco	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3																
Edificações	Interação?	Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim																	
	Severidade	1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1																	
	Risco	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3																
Infraestrutura de Armazenamento	Interação?	Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim																	
	Severidade	1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1																	
	Risco	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3																
Equipamentos de Cimento	Interação?	Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim																	
	Severidade	1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1																	
	Risco	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3																
Empilhadeiras	Interação?	Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim																	
	Severidade	1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1																	
	Risco	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3																
Transportador Contínuo	Interação?	Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim																	
	Severidade	1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1																	
	Risco	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3																
Acesso Viário	Interação?	Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim		Sim																	
	Severidade	1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1																	
	Risco	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3																

Fonte: ANTAQ, 2022

