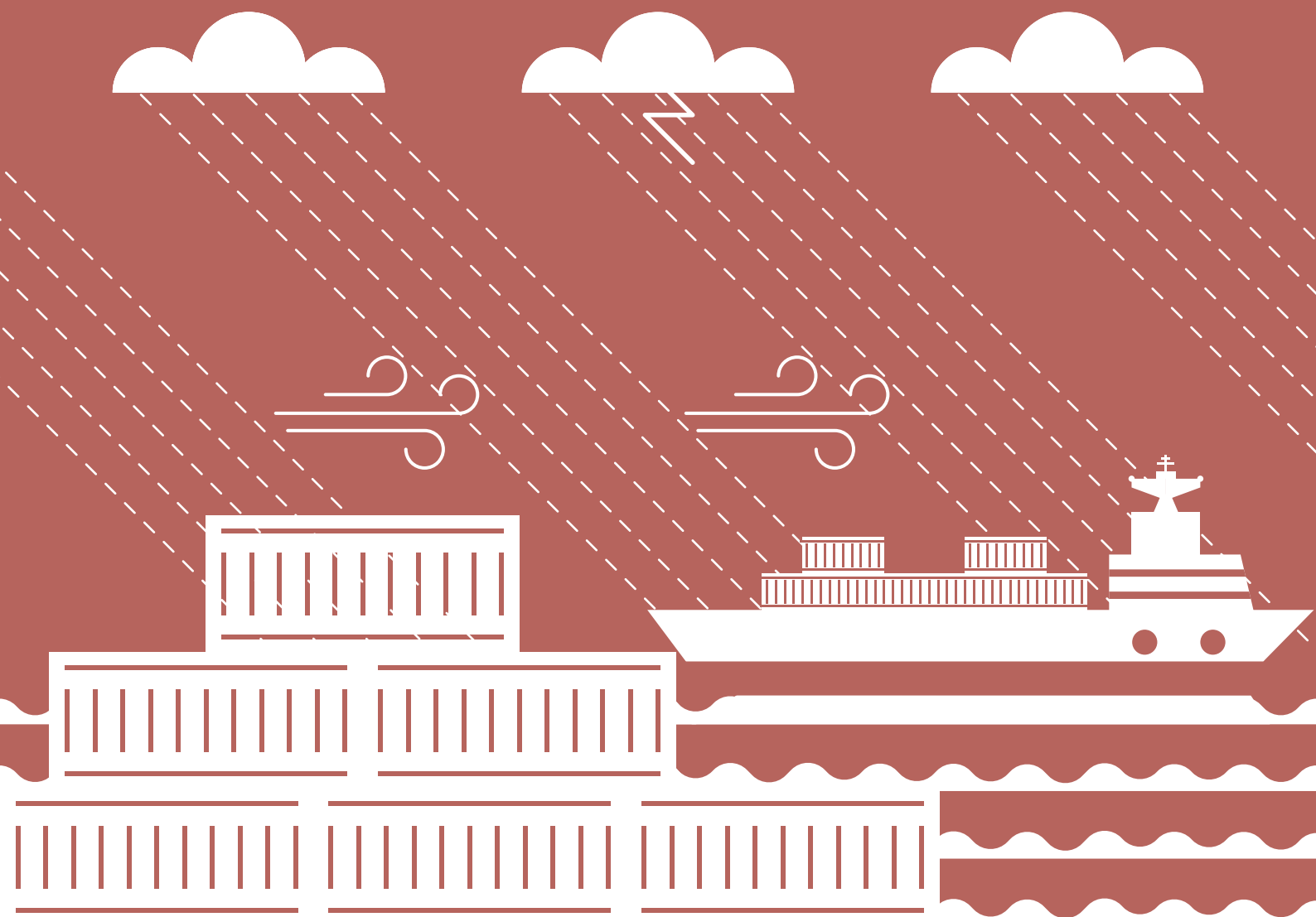




LEVANTAMENTO DE RISCO CLIMÁTICO E MEDIDAS DE ADAPTAÇÃO PARA **INFRAESTRUTURAS PORTUÁRIAS**

Sumário Executivo Porto de Santos



República Federativa do Brasil

Jair Bolsonaro
Presidente da República

Marcelo Sampaio Cunha Filho
Ministro da Infraestrutura

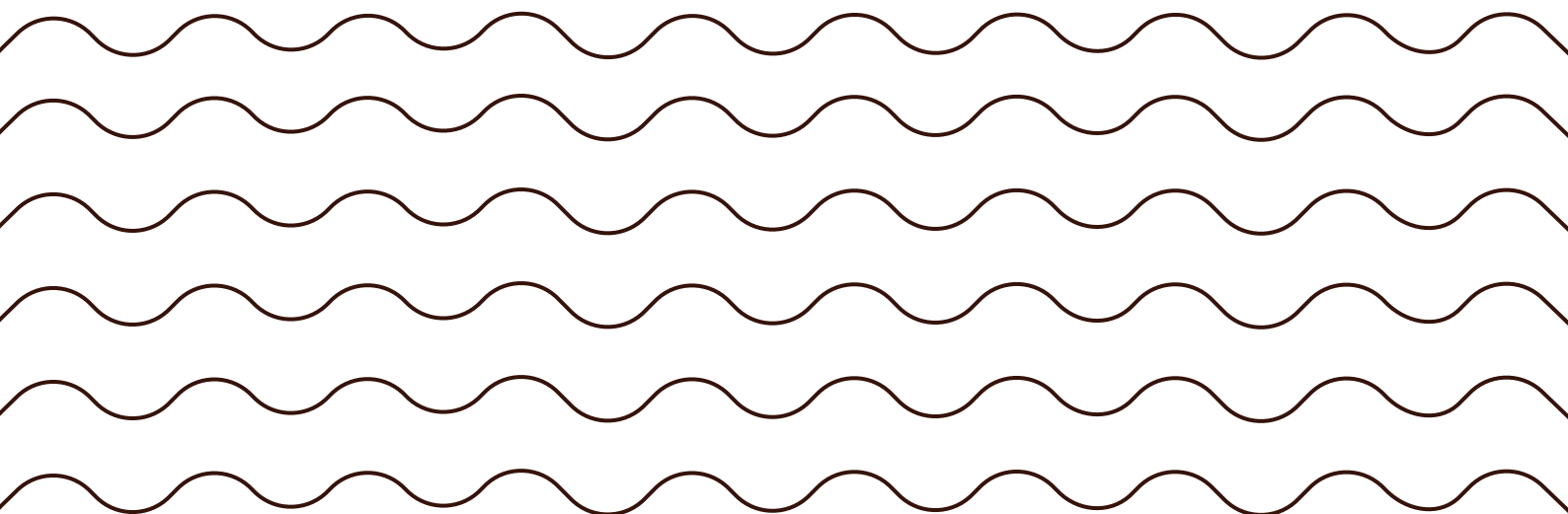
Agência Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAQ

Eduardo Nery
Diretor-Geral

Flávia Moraes Lopes Takafashi
Diretora

Sumário Executivo Porto de Santos

LEVANTAMENTO DE
RISCO CLIMÁTICO E
MEDIDAS DE ADAPTAÇÃO
PARA **INFRAESTRUTURAS
PORTUÁRIAS**



EXPEDIENTE

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Jair Messias Bolsonaro
Presidente da República

Marcelo Sampaio Cunha Filho
Ministro da Infraestrutura

ELABORAÇÃO

I Care by Bearing Point

Leonardo Furquim Werneck
Victor Pires Gonçalves
Rafael José Rorato
Argemiro Teixeira
Camila Rocha
Audrey Gonçalves

EQUIPE TÉCNICA – Antaq

Diretor Substituto

Alexandre Ribeiro Pereira Lopes

Superintendência de Desempenho, Desenvolvimento e Sustentabilidade – SDS

José Renato Ribas Fialho

Gerência de Desenvolvimento e Estudos – GDE

José Gonçalves Moreira Neto
Ana Paula Harumi Higa

Gerência de Meio Ambiente e Sustentabilidade – GMS

Uirá Cavalcante Oliveira
Anderson Paz da Silva
Alessandro Max Barros Bearzi

EQUIPE TÉCNICA – GIZ

Ana Carolina Câmara – Coordenação
Eduarda Silva Rodrigues de Freitas – Assessora Técnica
Pablo Borges de Amorim – Assessor Técnico

Divisão de Impactos, Adaptação e Vulnerabilidades do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

Lincoln Muniz Alves

EQUIPE TÉCNICA – Autoridade Portuária de Santos – SP
Bruno Takano

DESIGN E DIAGRAMAÇÃO

Estúdio Marujo

CONTATOS

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES

AQUAVIÁRIOS – Antaq

SEPN Quadra 514, Conjunto “E”, Edifício Antaq,
SDS, 3º andar, Brasília – DF
CEP 70760-545
T + 55 61 2029-6764

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Sede da GIZ: Bonn e Eschborn
GIZ Agência Brasília
SCN Quadra 01 Bloco C Sala 1501
Ed. Brasília Trade Center 70.711-902 Brasília/DF
T + 55-61-2101-2170
E giz-brasilien@giz.de
www.giz.de/brasil

A encargo de:

**Ministério Federal do Ambiente, Proteção da Natureza,
Segurança Nuclear Proteção ao Consumidor da
Alemanha (BMUV) da Alemanha BMU Bonn:**
Robert-Schuman-Platz 3 53175 Bonn, Alemanha
T +49 (0) 228 99 305-0

Diretora de Projeto:

Ana Carolina Câmara
T:+55 61 9 99 89 71 71
T +55 61 2101 2098
E ana-carolina.camara@giz.de

Brasília, outubro de 2022.

SUMÁRIO

1 :: Apresentação	7
2 :: Introdução	7
3 :: Metodologia	10
4 :: Resultados	12
5 :: Medidas de Adaptação	30
6 :: Conclusões e Recomendações	32
Bibliografia	34

Essa publicação foi realizada por uma equipe formada por consultores independentes sob a coordenação da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ) e Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável, por meio dos projetos Ampliação dos Serviços Climáticos para Investimentos em Infraestrutura (CSI) e Apoio ao Brasil na Implementação da Agenda Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (ProAdapta). Os projetos foram pactuados no âmbito da Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável, por meio da parceria entre o Ministério do Meio Ambiente do Brasil e a Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenar-

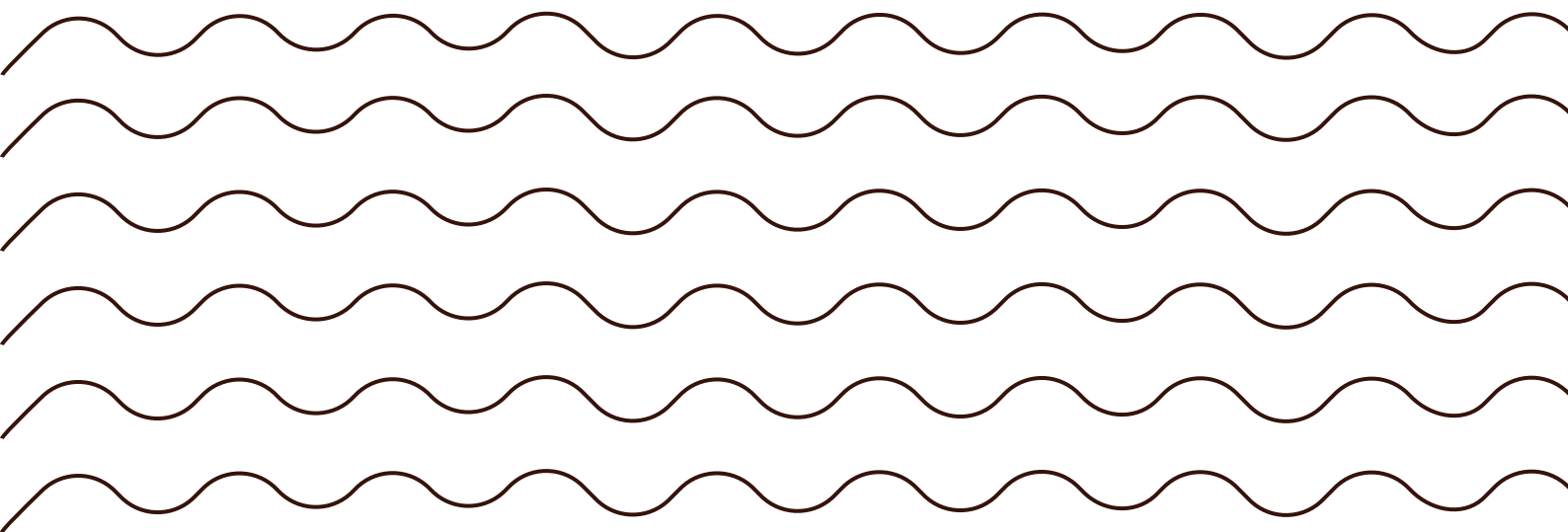
beit GmbH (GIZ), no âmbito da Iniciativa Internacional para o Clima (IKI, sigla em alemão), do Ministério Federal do Meio Ambiente, Proteção da Natureza, Segurança Nuclear e Proteção ao Consumidor da Alemanha (BMUV, sigla em alemão). Participaram desse processo as autoridades portuárias da Bahia (CODEBA), de Santos (SPA) e do Rio Grande (Portos RS). Todas as opiniões aqui expressas são de inteira responsabilidade dos autores, não refletindo necessariamente a posição da GIZ, da ANTAQ ou dos demais parceiros executores. Este documento não foi submetido à revisão editorial.

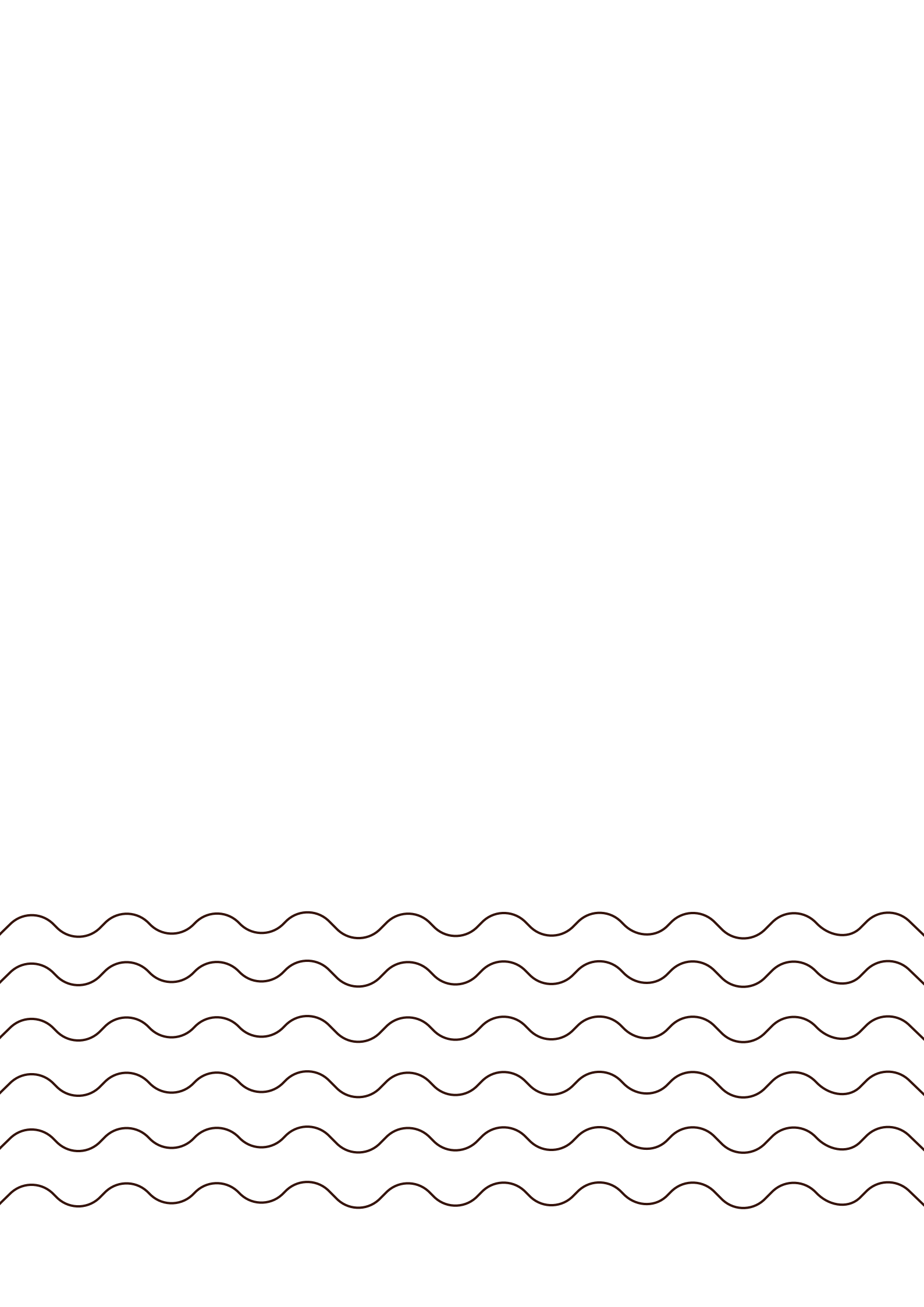
LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de Localização do Porto de Santos	8
Figura 2: Zoneamento Portuário	9
Figura 3: Etapas do PIEVC	10
Figura 4: Processo para estabelecer o risco climático sobre a infraestrutura	11
Figura 5: Matriz de risco e mapa de cor	15

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Escala de Probabilidade para a linha de base do Porto de Santos	12
Tabela 2: Classificação de probabilidade de ocorrência das ameaças climáticas no Porto de Santos	13
Tabela 3: Escala de classificação da severidade para as infraestruturas e operações de interesse após interação com o indicador climático	14
Tabela 4: Levantamento do risco climático estrutural e operacional de Vento Fraco para Granéis Líquidos, Granéis Sólidos, Celulose, Estaleiro e Contêineres no tempo presente e futuro	18
Tabela 5: Levantamento do risco climático estrutural e operacional de Vento Moderado para Granéis Líquidos, Granéis Sólidos, Produtos Gasosos, Contêineres e Carga Geral no tempo presente e futuro	20
Tabela 6: Levantamento do risco climático estrutural e operacional de Vento Forte para Granéis Líquidos, Granéis Sólidos, Produtos Gasosos, Contêineres e Carga Geral no tempo presente e futuro	22
Tabela 7: Levantamento do risco climático estrutural e operacional de Chuva Persistente para Granéis Líquidos, Granéis Sólidos, Produtos Gasosos, Contêineres e Carga Geral no tempo presente e futuro	24
Tabela 8: Levantamento do risco climático estrutural e operacional de Chuva Forte para Granéis Líquidos, Granéis Sólidos, Produtos Gasosos, Contêineres e Carga Geral no tempo presente e futuro	26
Tabela 9: Levantamento do risco climático estrutural e operacional de Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar para Granéis Líquidos, Granéis Sólidos, Produtos Gasosos, Contêineres e Carga Geral no tempo presente e futuro	28
Tabela 10: Medidas adaptativas para as infraestruturas do Porto de Santos	31





1 :: Apresentação

Segundo o IPCC a mudança climática, induzida pelo homem, vem afetando praticamente o mundo todo, e com isso já se observam inúmeras alterações e riscos em diversos setores e atividades econômicas. No desenvolvimento do eixo 1 do presente estudo, acima referenciado, constatou-se que a operação portuária é diretamente afetada pelas tempestades, condições de ventos, ondas e nível do mar, com impactos que abarcam desde a paralisação da navegação dentro da área portuária, por conta da agitação do mar e ventos intensos, até a paralisação da operação de retaguarda e cais por ventos fortes, confirmando o alerta de Becker de que “a intensificação e o aumento da frequência dos eventos extremos, bem como o aumento do nível do mar, podem causar danos e prejuízos consideráveis, tais como o colapso de infraestruturas e paralizações em operações portuárias” (BECKER *et al.* 2018).

A Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), por intermédio das gerências de Desenvolvimento e Estudos e de Meio Ambiente e Sustentabilidade, ambas da Superintendência de Desenvolvimento, Desempenho e Sustentabilidade, em parceria com a Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, realizou, em 2021, uma avaliação geral dos riscos climáticos presentes e futuros em 21 portos costeiros brasileiros. Um dos resultados dessa avaliação foi a elaboração de um ranking dos portos classificados com maior risco para as ameaças de tempestade, vendaval e aumento do nível do mar.

A partir desse *ranking* e considerando outros critérios como recorte regional e a perspectiva de novos investimentos materializada em arrendamentos qualificados no Programa de Parceria de Investimentos – PPI, foram selecionados os portos de Aratu/BA, Rio Grande/RS e Santos/SP para um levantamento de risco climático customizado e detalhado, baseado nas suas infraestruturas e operações, nos impactos da mudança do clima já verificados e nos impactos potenciais em diferentes cenários de emissão de gases de efeito estufa e horizontes temporais futuros, bem como os desafios que cada porto possui para levar adiante estratégias de adaptação.

Essa análise customizada para os três portos mencionados apresentou como diferencial, em relação à avaliação geral feita anteriormente, o detalhamento das ameaças climáticas, a análise por tipo de carga e equipamentos e o levantamento de medidas de adaptação específicas para cada porto.

O presente documento apresenta os principais resultados do levantamento de risco climático para o Porto de Santos (RS).

2 :: Introdução

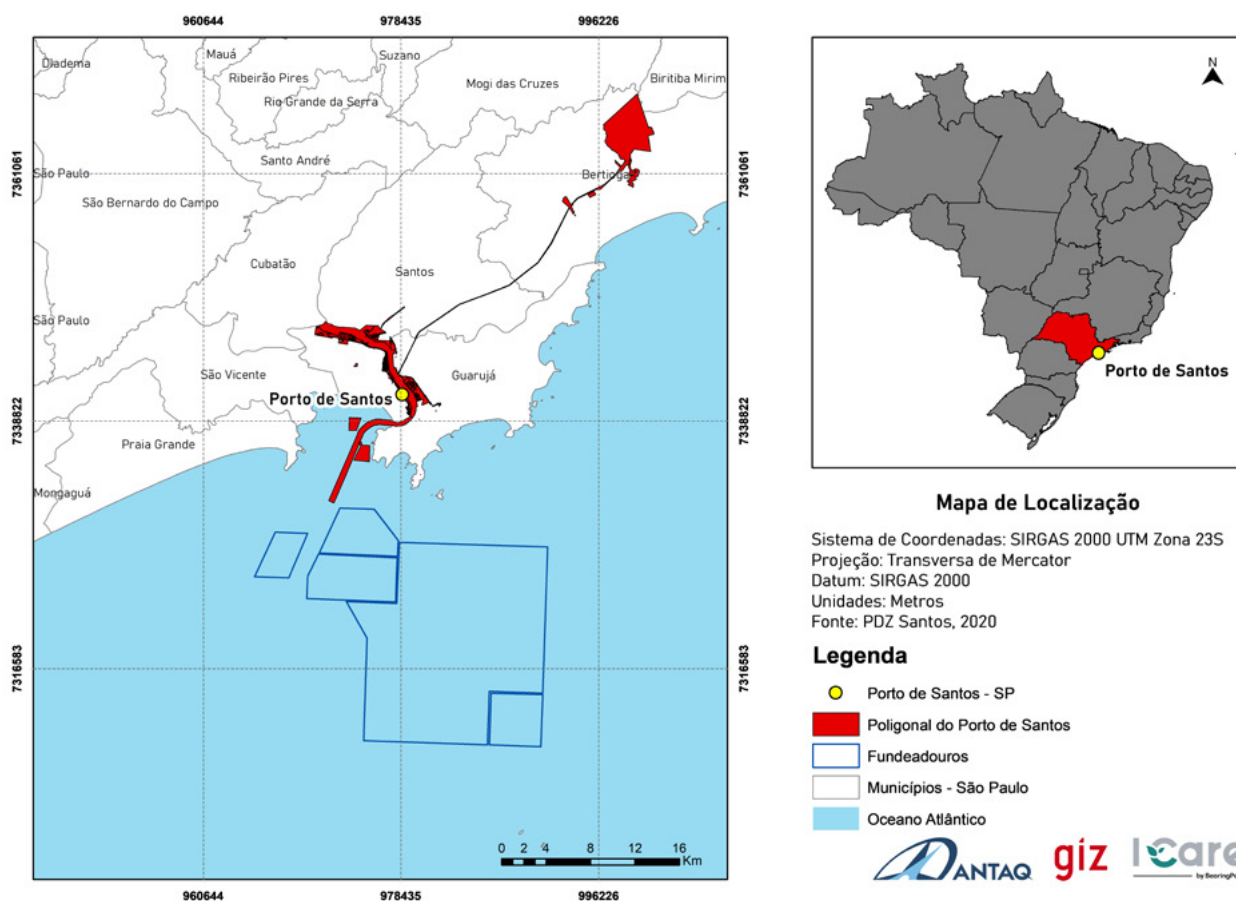
O Porto de Santos é um porto estuarino com canal de acesso que recebe vazões fluviais de tributários originados na Serra do Mar. Possui atividades direta e indiretamente relacionadas a Marinha Mercante localizadas nos municípios paulistas de Santos, Guarujá e Cubatão, onde o porto está inserido (Figura 1). É o segundo maior complexo portuário da América Latina em movimentação de contêineres e responsável por, no mínimo, 25% do comércio exterior brasileiro

(Santos Port Authority, 2021), exercendo operações que ocorrem durante 24 horas por dia, todos os dias do ano, conectando mais de 600 destinos e movimentando cargas de mais de 200 países.

O Porto Organizado de Santos é caracterizado como de multipropósito. Nele são transportados materiais diversos, como grãos, sólidos vegetais e minerais, líquidos químicos e combustíveis. Além disso, o porto possui áreas reservadas para transporte de cargas em geral e para o transporte de pessoas (Santos Port Authority, 2021). Quanto à classificação da funcionalidade das cargas marítimas, o complexo de terminais do Porto de Santos opera com carga geral (soltas, neogranéis e contêineres) e granéis (líquidos e sólidos) (Magalhães, 2011).

Dada a importância do porto, a avaliação do risco climático e o levantamento de medidas de adaptação para sua infraestrutura são essenciais para o processo de planejamento, que pode minimizar os impactos frente às mudanças do clima.

Figura 1: Mapa de Localização do Porto de Santos



Fonte: Adaptado de Porto de Santos, 2020

Figura 2: Zoneamento Portuário**LEGENDA****Trechos do Porto Organizado**

- | | |
|---|--|
| Terminal de Granéis Líquidos da Alamoia | Cais do Macuco |
| Brasil Terminal Portuário | Terminais da Ponta da Praia |
| Cais do Saboó | Terminais Granéis Líquidos da Ilha Barnabé |
| Cais do Valongo | Terminal Santos Brasil |
| Cais de Paquetá | Terminais de Granéis Sólidos da Conceiçãozinha |
| Cais de Outeirinhos | |

Terminals de Uso Privado

1. TMPC
2. Tiplam
3. TUP DP World Santos
4. TUP Cutrale
5. TUP Dow
6. TUP Salpem

3 :: Metodologia

A metodologia utilizada para o levantamento de risco climático baseou-se no Protocolo de Engenharia para Avaliação de Vulnerabilidade da Infraestrutura e Adaptação à Mudança do Clima (sigla em inglês, PIEVC), documento que descreve uma sequência lógica de como realizar uma avaliação do impacto da mudança do clima sobre infraestruturas e ativos (ENGINEERS CANADA, 2016). O protocolo fornece procedimentos para auxiliar proprietários e operadores a levantarem as condições de risco dos seus ativos frente à ameaça climática e está alinhado à ISO 14.091 (ISO, 2021), que trata da gestão de riscos climáticos para infraestruturas. Essa metodologia também foi utilizada para o levantamento de risco climático para o Porto de Itajaí, em 2019, por meio do projeto “Ampliação dos Serviços Climáticos para Investimentos em Infraestruturas (CSI)”, implementado pela GIZ.

A execução do trabalho, seguindo esse protocolo, estruturou-se em 5 etapas: definição do projeto, coleta de dados, o levantamento de risco, levantamento de medidas de adaptação e recomendações. Essas etapas são destacadas na Figura 3.

Figura 3: Etapas do PIEVC



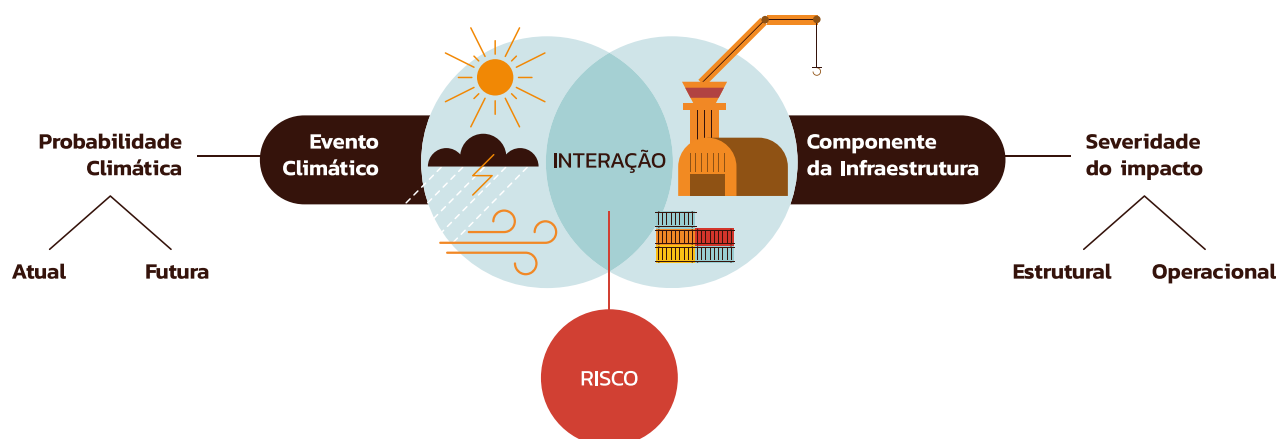
O levantamento de risco, etapa principal do estudo, é alcançada através da interação de informações de probabilidade e severidade (Figura 4). A probabilidade trata da frequência que um evento climático pode vir a acontecer dentro de um período determinado. Já a severidade representa o nível de gravidade que uma ameaça pode causar. Portanto, a classificação do risco diz respeito ao potencial impacto de um evento climático em uma infraestrutura, processo ou operação, promovendo indicações sobre como os principais equipamentos, as infraestruturas de suporte e a operação do porto podem ser afetados. Esta informação é crucial para apoiar a autoridade portuária a identificar e priorizar medidas de adaptação (ENGINEERS CANADA, 2016).

Para a pontuação da probabilidade da ameaça, foram definidos índices climáticos que representam os principais impactos climáticos que o Porto de Santos tem sofrido. Para o cálculo da probabilidade de ocorrência para representar o clima atual (linha de base), utilizou-se dados de produtos de clima (CHIRPS¹ e MEaSUREs-NASA²) e de reanálise (ERA5³). Para o cálculo dos cenários de mudança do clima utilizou-se o método *Change-Factor* (ANANDHI *et al.* 2011) e os dados de projeções de um conjunto de multi-modelos de clima do *Coupled Model Intercomparison Project Phase 6* (CMIP6⁴) para os cenários de emissões de gases de efeito estufa *Shared Socioeconomic Pathways* SSP2 (intermediário) e SSP5 (altas emissões). O número de modelos varia de oito a doze, a depender da variável climática e do cenário SSP. Os horizontes temporais considerados no estudo foram: 2021-2040, 2041-2060 e 2081-2100.

Em relação à pontuação de severidade, as potenciais consequências relacionadas às ameaças climáticas, tanto no aspecto estrutural como operacional, foram levantadas pelos atores-chave do porto em visita técnica e em oficina participativa.

A partir das informações de severidade e probabilidade, foi desenvolvida a matriz de risco, que permitiu identificar as infraestruturas sob maior risco climático. A partir delas, em nova oficina, foram aventadas as medidas de adaptação necessárias para reduzir os principais riscos identificados.

Figura 4: Processo para estabelecer o risco climático sobre a infraestrutura



Fonte: Autoridade Portuária de Itajaí, 2020

1. <https://www.chc.ucsb.edu/data/chirps>
2. <https://sealevel.nasa.gov/data-analysis-tool/>
3. <https://cds.climate.copernicus.eu/>
4. <http://esgf-node.llnl.gov/>

4 :: Resultados

As principais ameaças levantadas para o Porto de Santos foram: vendavais, enchentes e inundação fluvial, ressaca, aumento do nível do mar e neblina.

As enchentes e inundações podem ser consequência de uma série de eventos climáticos como chuvas intensas, ressacas e aumento do nível do mar. Esses eventos climáticos podem trazer ao porto problemas como erosão e depósito de sedimentos, além de interrupções no transporte de carga, na cadeia logística e nos processos de embarque e desembarque de carga. A operação de Granéis Sólidos, por exemplo, pode ser interrompida na presença de chuva, mesmo de baixa intensidade, uma vez que esse tipo de carga se deteriora em contato com umidade.

Já os ventos, mesmo os mais fracos, podem oferecer risco à operação do porto, a depender da carga processada no desembarque. Alguns fertilizantes agrícolas, por exemplo, bem como gipsita e calcário, podem formar poeira em suspensão e atrapalhar a operação dos guindastes. Já condições extremas de vento podem causar interrupções da navegação no canal de acesso.

No presente estudo, priorizou-se a avaliação das ameaças de ventos, chuvas e inundações devido ao aumento do nível do mar. A seleção e a priorização dos indicadores climáticos utilizados foram feitas baseadas em revisão bibliográfica e também em consulta a normas, legislações e dados históricos de paralisações do porto, que apontaram os indicadores climáticos que mais se relacionaram com as ameaças climáticas identificadas. Além disso, a seleção dos indicadores climáticos também levou em consideração a disponibilidade de dados para consulta.

A equipe do projeto, juntamente com especialistas de clima, desenvolveu uma escala de probabilidade para as ameaças climáticas. A escala foi construída a partir de intervalos de frequências em uma escala exponencial, com o nível máximo (muito frequentemente) definido como 5 (Tabela 1), considerando a observação da distribuição dos eventos no porto e o parecer técnico dos profissionais envolvidos.

Tabela 1: Escala de Probabilidade para a linha de base do Porto de Santos

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: Elaboração própria

Posteriormente, com a escala de probabilidade consolidada, foi realizada a classificação de probabilidade de cada ameaça climática escolhida para o Porto de Santos (Tabela 2). Considerando a linha de base que compreende o período de 1981 até 2000, a maior probabilidade de ocorrência observada está associada à ameaça Chuva Persistente, avaliada como ‘muito frequentemente’. Vento Fraco e Chuva Forte apresentaram probabilidade de ocorrência classificada como ‘frequentemente’. As outras ameaças avaliadas – Vento Moderado, Vento Forte e Inundações devido ao Aumento de 0,2 m de Nível do Mar – foram classificadas com o grau de ocorrência ‘quase nunca’.

Tabela 2: Classificação de probabilidade de ocorrência das ameaças climáticas no Porto de Santos

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					
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

1	2	3	4	5
Quase nunca	Raramente	Ocasionalmente	Frequentemente	Muito frequentemente

Fonte: Elaboração própria

Os cenários de mudança do clima sugerem uma constância na probabilidade de ocorrência de Vento Fraco, permanecendo ‘frequentemente’ em todos os cenários SSPs e horizontes temporais analisados, demonstrando um ponto de alerta, uma vez que os ventos podem inviabilizar o embarque e desembarque de alguns tipos de cargas. Um aumento da probabilidade de ocorrência de Vento Moderado de ‘quase nunca’ para ‘raramente’ foi observado em todos os horizontes temporais futuros, para o cenário SSP2. Para o cenário SSP5, Vento Moderado teve um aumento de probabilidade de ocorrência para ‘ocasionalmente’. A ameaça Vento Forte se manteve com a probabilidade de ocorrência estável em ‘quase nunca’ para todos os cenários e períodos verificados.

A ocorrência de Chuva Persistente teve sua probabilidade constante nas projeções futuras, mantendo-se 'muito frequentemente', bem como a ameaça Chuva Forte que teve sua probabilidade de ocorrência estável em 'frequentemente'. A alta probabilidade de ocorrência de eventos relacionados a chuvas requer atenção devido à sensibilidade das operações com os granéis sólidos, que não são tolerantes à umidade.

A ameaça Inundações devido ao Aumento do Nível do Mar em 0,2 m passou de 'quase nunca' para 'raramente' a partir dos anos 2041-2060, para ambos os cenários de emissões (SSP2 e SSP5).

A análise de relações entre as ameaças climáticas e as infraestruturas e equipamentos demonstrou que todos os ativos analisados estão expostos, em alguma medida, às ameaças identificadas anteriormente, podendo ser afetados tanto no aspecto estrutural quanto operacional. Com base na classificação demonstrada na Tabela 3, definiu-se o nível de severidade associado às ameaças climáticas.

Tabela 3: Escala de classificação da severidade para as infraestruturas e operações de interesse após interação com o indicador climático.

NÍVEL	DESCRIÇÃO
1	Leve
2	Moderado
3	Grave
4	Severo
5	Catastrófico

Fonte: Elaboração própria

Para cada nível de severidade, uma série de potenciais impactos foi definida para os diferentes tipos de carga, sendo divididas em:

- 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;
- 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;
- Nível grave:** compreende as paralisações que cancelam embarques e desembarques entre 24h e 48h e/ou avarias que exigem manutenções de 48h a 72h;
- 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;
- 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.”⁵

5. Para mais detalhamento sobre os impactos incluídos na escala de severidade operacional e estrutural, consulte o relatório completo.

A partir da classificação da probabilidade de ocorrência da ameaça e da classificação de severidade estrutural e operacional, estabeleceu-se a matriz de risco climático (Figura 5), através da multiplicação da probabilidade pela severidade. Como esses fatores assumem valores que vão de 1 a 5, o risco pode assumir valores que vão de 1 a 25. Em seguida o risco foi classificado em três classes: 'leve' (1 a 5), 'médio' (6 a 14) e 'alto' (15 a 25).

Figura 5: Matriz de risco e mapa de cor

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	5
		PROBABILIDADE				

● Risco Leve
● Risco Médio
● Risco Alto

Fonte: Elaboração própria

A matriz de risco construída para o Porto de Santos foi feita individualmente para diferentes perfis de carga operada – Granéis Líquidos, Granéis Sólidos, Produtos Gasosos, Contêineres e Carga Geral – e para cada tipo de risco – operacional e estrutural. Em termos gerais, as pontuações de baixo risco representam baixo fator de preocupação, porém é importante que se faça o monitoramento desses riscos. Riscos classificados como ‘médios’ e ‘altos’ indicam também a necessidade de monitoramento com possibilidade de intervenção corretiva.

Buscando uma exposição mais clara dos resultados que foram obtidos para cada horizonte temporal anteriormente mencionado (2021 – 2040; 2041 – 2060; 2081 – 2100) e para dois diferentes cenários de projeções de clima (SSP2 e SSP5), priorizou-se a apresentação, nesse Resumo Executivo, dos resultados de risco climático obtidos para o intervalo compreendido entre 2021 a 2040 e 2041 a 2060, com o fim de mostrar a progressão das informações do tempo atual até 2060, período subsequente ao horizonte de planejamento contido no Plano Mestre dos portos.

Além disso, em relação às projeções futuras, visando uma análise mais cautelosa, os riscos apresentados são relativos ao cenário de emissão de GEE mais pessimista (SSP5). Os resultados do cálculo dos riscos climáticos podem ser consultados nas Tabela 4 a 9.⁶

Em relação à variável climática inerente ao Vento Fraco (Tabela 4), todas as interações da matriz de risco apontaram para um risco 'leve' tanto no presente quanto para o futuro. Embora a probabilidade de ocorrência da ameaça seja classificada como "frequentemente", a severidade é considerada "baixa". As infraestruturas com interações, para todos os perfis de carga, foram Canal Interno, Bacia de Evolução e Empilhadeiras. A maioria das infraestruturas não apresentou interação com a ameaça analisada.

As interações das infraestruturas com as ameaças Vento Moderado (Tabela 5) e Vento Forte (Tabela 6), apresentaram comportamento bastante semelhante. Todas as interações das matrizes de risco apontaram para um risco 'leve', com as severidades sempre classificadas como 'leve'. Todas as infraestruturas apresentaram interações, no risco estrutural, para todos os tipos de carga. Para o risco operacional, somente Sinalização Náutica e Acesso Viário não apresentaram interações, para nenhum perfil de carga. A probabilidade de ocorrência do evento Vento Moderado aumentou de 'quase nunca' para 'ocasionalmente'. Para a ameaça Vento Forte, uma probabilidade de ocorrência constante classificada como 'quase nunca' foi observada. Apesar do baixo risco, a continuidade do monitoramento segue recomendada.

Apenas as ameaças Chuva Persistente, Chuva Forte e Inundações Devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar apresentaram risco 'médio', sendo esse o maior risco verificado para o Porto de Santos.

A maioria das infraestruturas não apresentou interações com a ameaça Chuva Persistente (Tabela 7). Entretanto, o tipo de carga Granéis Sólidos apresentou o maior número de interações com essa ameaça devido à sensibilidade desse tipo de carga ao contato com a umidade, como anteriormente mencionado. A operação dos Granéis Sólidos apresentou risco classificado como 'médio' para as infraestruturas de Armazenamento, Equipamentos de Içamento e Transportador Contínuo, que apresentaram a severidade classificada como 'moderada'. Esse grau de severidade indica a inibição na totalidade da operação de processamento de navios de graneis sólidos, alterando o planejamento mensal do operador.

A ameaça Chuva Forte (Tabela 8) apresentou os maiores riscos para o Porto de Santos, sendo a maior parte classificada como 'médio'. A probabilidade de ocorrência da ameaça se manteve

6. Para obter informações sobre outros períodos e outros cenários, consulte o relatório completo.

‘frequentemente’ no período presente e futuro e a maior severidade observada foi classificada como ‘moderada’ para a estrutura e a operação do Canal Externo, Canal Interno e Bacia de Evolução, com exceção somente para a operação de Produtos Gasosos, que não apresentou interação para nenhuma das infraestruturas mencionadas.

Severidade ‘moderada’ está associada à necessidade de monitoramento das condições climáticas para permitir a operação e manter a integridade física dos equipamentos portuários fixos, móveis ou de transferência de carga; restrição parcial do canal de navegação, por período entre 12 e 24 horas; ou reparos de equipamentos e edificações/estruturas realizadas por equipe própria ou terceirizada em período de 48h a 7 dias. As Edificações e o Acesso Viário também apresentaram risco estrutural ‘médio’, para a maioria dos tipos de carga. Para as infraestruturas de Armazenamento e os Equipamentos de Içamento, maior relevância é observada para o risco operacional, quando comparado ao estrutural.

A ameaça Inundações Devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar teve sua probabilidade de ocorrência modificada somente no horizonte temporal futuro, a partir de 2041, partindo de ‘quase nunca’ para ‘raramente’. A matriz de risco dessa ameaça (Tabela 9) apresentou quase a totalidade dos riscos classificados como ‘leve’. Somente o risco operacional para as infraestruturas de Berços, Equipamentos de Içamento e Transportador Contínuo, para os Granéis Sólidos, foi classificado como ‘médio’. Todas as outras infraestruturas com interações apresentaram risco estrutural e operacional ‘leve’.

O aumento do nível do mar pode trazer impactos com a inundação de áreas de utilização de operadores, podendo levar a paralisações do carregamento e descarregamento de cargas e a prejuízos financeiros.

Importante destacar que risco climático ‘médio’ demanda avaliação da segurança estrutural das infraestruturas e, eventualmente, substituição por materiais de proteção mais resilientes e adaptados às ameaças. Importante ressaltar também que, mesmo a maioria dos riscos sendo classificados como ‘leves’ e o maior risco observado para o porto ser classificado como ‘médio’, o monitoramento dos riscos climáticos deve prosseguir.

Tabela 4: Levantamento do risco climático estrutural e operacional de Vento Fraco para Granéis Líquidos, Granéis Sólidos, Celulose, Estaleiro e Contêineres no tempo presente e futuro

Fonte: I Care, 2022

AMEAÇA CLIMÁTICA: VENTO FRACO																															
INFRAESTRUTURA		RISCO ESTRUTURAL															RISCO OPERACIONAL														
		GRANÉIS LÍQUIDOS			GRANÉIS SÓLIDOS			CELULOSE			ESTALEIRO			CONTÊINERES			GRANÉIS LÍQUIDOS			GRANÉIS SÓLIDOS			CELULOSE			ESTALEIRO			CONTÊINERES		
		Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)			
Probabilidade	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Canal Externo	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Não			Não			Não			Não			Não		
	Severidade	1			1			1			1			1																	
	Risco	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Canal Interno	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim		
	Severidade	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	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Bacia de Evolução	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim		
	Severidade	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	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Sinalização Náutica	Interação?	Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não		
	Severidade																														
	Risco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Berços	Interação?	Não			Não			Não			Não			Não			Não			Sim			Sim			Sim			Sim		
	Severidade																			1			1			1			1		
	Risco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Edificações	Interação?	Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não		
	Severidade																														
	Risco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Infraestrutura de Armazenamento	Interação?	Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não		
	Severidade																														
	Risco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Equipamentos de Lçamento	Interação?	Não			Não			Sim			Não			Não			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim		
	Severidade							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
Empilhadeiras	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim		
	Severidade	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	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Transportador Contínuo	Interação?	Sim			Sim			Não			*			*			Sim			Sim			Sim			*			*		
	Severidade	1			1												1			1			1								
	Risco	4	4	4	4	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	4	4	4	4	4	4	4	-	-	-	-	-	-
Acesso Viário	Interação?	Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não		
	Severidade																														
	Risco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*Transportador Contínuo não existe para os perfis de carga tipo Celulose, Estaleiro e Contêineres

- Sem interação
- Risco Leve
- Risco Médio
- Risco Alto

Tabela 5: Levantamento do risco climático estrutural e operacional de Vento Moderado para Granéis Líquidos, Granéis Sólidos, Produtos Gasosos, Contêineres e Carga Geral no tempo presente e futuro

Fonte: I Care, 2022

AMEAÇA CLIMÁTICA: VENTO MODERADO																															
INFRAESTRUTURA		RISCO ESTRUTURAL															RISCO OPERACIONAL														
		GRANÉIS LÍQUIDOS			GRANÉIS SÓLIDOS			CELULOSE			ESTALEIRO			CONTÊINERES			GRANÉIS LÍQUIDOS			GRANÉIS SÓLIDOS			CELULOSE			ESTALEIRO			CONTÊINERES		
		Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)			
	Probabilidade	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
Canal Externo	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim		
	Severidade	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
Canal Interno	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim		
	Severidade	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
Bacia de Evolução	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim		
	Severidade	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
Sinalização Náutica	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Não			Não			Não			Não			Não		
	Severidade	1			1			1			1			1																	
	Risco	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Berços	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim		
	Severidade	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
Edificações	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Não			Não			Não			Não			Sim		
	Severidade	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
Infraestrutura de Armazenamento	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Não			Não			Não			Não			Sim		
	Severidade	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
Equipamentos de Lçamento	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim		
	Severidade	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
Empilhadeiras	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim		
	Severidade	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
Transportador Contínuo	Interação?	Sim			Sim			Sim			*			*			Sim			Sim			Sim			*			*		
	Severidade	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	-	-	-	-	-	-
Acesso Viário	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Não			Não			Não			Não			Não		
	Severidade	1			1			1			1			1																	
	Risco	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*Transportador Contínuo não existe para os perfis de carga tipo Celulose, Estaleiro e Contêineres

- Sem interação
- Risco Leve
- Risco Médio
- Risco Alto

Tabela 6: Levantamento do risco climático estrutural e operacional de Vento Forte para Granéis Líquidos, Granéis Sólidos, Produtos Gasosos, Contêineres e Carga Geral no tempo presente e futuro

Fonte: I Care, 2022

AMEAÇA CLIMÁTICA: VENTO FORTE																															
INFRAESTRUTURA		RISCO ESTRUTURAL															RISCO OPERACIONAL														
		GRANÉIS LÍQUIDOS			GRANÉIS SÓLIDOS			CELULOSE			ESTALEIRO			CONTÊINERES			GRANÉIS LÍQUIDOS			GRANÉIS SÓLIDOS			CELULOSE			ESTALEIRO			CONTÊINERES		
		Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)			
	Probabilidade	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		
Canal Externo	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim		
	Severidade	1			1			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		
Canal Interno	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim		
	Severidade	1			1			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		
Bacia de Evolução	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim		
	Severidade	1			1			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		
Sinalização Náutica	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Não			Não			Não			Não			Não		
	Severidade	1			1			1			1			1																	
	Risco	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Berços	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim		
	Severidade	1			1			1			1			1			2			1			2			1			1		
	Risco	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1		
Edificações	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Não			Sim			Sim			Sim		
	Severidade	1			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		
Infraestrutura de Armazenamento	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Não			Sim			Sim			Sim		
	Severidade	1			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		
Equipamentos de Lçamento	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim		
	Severidade	1			2			1			2			1			1			1			1			2			2		
	Risco	1	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2		
Empilhadeiras	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim		
	Severidade	1			1			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		
Transportador Contínuo	Interação?	Sim			Sim			Sim			*			*			Sim			Sim			Sim			*			*		
	Severidade	1			1			1									1			1			1								
	Risco	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			Não			Não			Não			Não			Não		
	Severidade	1			1			1			1			1																	
	Risco	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

*Transportador Contínuo não existe para os perfis de carga tipo Celulose, Estaleiro e Contêineres

- Sem interação
- Risco Leve
- Risco Médio
- Risco Alto

Tabela 7: Levantamento do risco climático estrutural e operacional de Chuva Persistente para Granéis Líquidos, Granéis Sólidos, Produtos Gasosos, Contêineres e Carga Geral no tempo presente e futuro

Fonte: I Care, 2022

AMEAÇA CLIMÁTICA: CHUVA PERSISTENTE																															
INFRAESTRUTURA		RISCO ESTRUTURAL															RISCO OPERACIONAL														
		GRANÉIS LÍQUIDOS			GRANÉIS SÓLIDOS			CELULOSE			ESTALEIRO			CONTÊINERES			GRANÉIS LÍQUIDOS			GRANÉIS SÓLIDOS			CELULOSE			ESTALEIRO			CONTÊINERES		
		Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)			
		Probabilidade	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Canal Externo	Interação?	Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não		
	Severidade																														
	Risco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Canal Interno	Interação?	Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não		
	Severidade																														
	Risco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Bacia de Evolução	Interação?	Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não		
	Severidade																														
	Risco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Sinalização Náutica	Interação?	Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não		
	Severidade																														
	Risco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Berços	Interação?	Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não		
	Severidade																														
	Risco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Edificações	Interação?	Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não		
	Severidade																														
	Risco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Infraestrutura de Armazenamento	Interação?	Não			Não			Não			Não			Não			Não			Sim			Não			Não			Sim		
	Severidade																			2									2		
	Risco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	10	10	-	-	-	-	-	-	10	10	10
Equipamentos de Lçamento	Interação?	Não			Não			Não			Não			Não			Não			Sim			Não			Sim			Sim		
	Severidade																			2						2			2		
	Risco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	10	10	-	-	-	10	10	10	10	10	10
Empilhadeiras	Interação?	Não			Não			Não			Não			Não			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim		
	Severidade																1			1			1			2			1		
	Risco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5	5	5	5	5	10	10	10	5	5	5
Transportador Contínuo	Interação?	Não			Não			Não			*			*			Não			Sim			Sim			*			*		
	Severidade																			2			1								
	Risco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	10	10	5	5	5	-	-	-	-	-	-
Acesso Viário	Interação?	Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não		
	Severidade																														
	Risco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

*Transportador Contínuo não existe para os perfis de carga tipo Celulose, Estaleiro e Contêineres

- Sem interação
- Risco Leve
- Risco Médio
- Risco Alto

Tabela 8: Levantamento do risco climático estrutural e operacional de Chuva Forte para Granéis Líquidos, Granéis Sólidos, Produtos Gasosos, Contêineres e Carga Geral no tempo presente e futuro

Fonte: I Care, 2022

AMEAÇA CLIMÁTICA: CHUVA FORTE																															
INFRAESTRUTURA		RISCO ESTRUTURAL															RISCO OPERACIONAL														
		GRANÉIS LÍQUIDOS			GRANÉIS SÓLIDOS			CELULOSE			ESTALEIRO			CONTÊINERES			GRANÉIS LÍQUIDOS			GRANÉIS SÓLIDOS			CELULOSE			ESTALEIRO			CONTÊINERES		
		Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)			
	Probabilidade	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
Canal Externo	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Não			Sim			Sim		
	Severidade	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	12	12	-	-	-	12	12	12	12	12	12
Canal Interno	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Não			Sim			Sim		
	Severidade	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	12	12	-	-	-	12	12	12	12	12	12
Bacia de Evolução	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Não			Sim			Sim		
	Severidade	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	12	12	-	-	-	12	12	12	12	12	12
Sinalização Náutica	Interação?	Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não			Não		
	Severidade																														
	Risco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Berços	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Não			Não			Não			Não			Não		
	Severidade	1			1			1			1			2																	
	Risco	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	8	8	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Edificações	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Não			Não			Não			Não			Não		
	Severidade	3			2			3			1			2																	
	Risco	12	12	12	8	8	8	12	12	12	4	4	4	8	8	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Infraestrutura de Armazenamento	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim		
	Severidade	1			2			1			1			2			2			1			2			2			2		
	Risco	4	4	4	8	8	8	4	4	4	4	4	4	8	8	8	8	8	8	4	4	4	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Equipamentos de Lçamento	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim		
	Severidade	1			1			1			1			1			2			1			2			2			2		
	Risco	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	8	8	8	4	4	4	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Empilhadeiras	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim		
	Severidade	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	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Transportador Contínuo	Interação?	Sim			Sim			Sim			*			*			Sim			Sim			Sim			*			*		
	Severidade	1			2			1									1			2			1								
	Risco	4	4	4	8	8	8	4	4	4	-	-	-	-	-	-	4	4	4	8	8	8	4	4	4	-	-	-	-	-	-
Acesso Viário	Interação?	Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim		
	Severidade	2			2			2			2			1			1			1			1			1			1		
	Risco	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

*Transportador Contínuo não existe para os perfis de carga tipo Celulose, Estaleiro e Contêineres

- Sem interação
- Risco Leve
- Risco Médio
- Risco Alto

Tabela 9: Levantamento do risco climático estrutural e operacional de Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar para Granéis Líquidos, Granéis Sólidos, Produtos Gasosos, Contêineres e Carga Geral no tempo presente e futuro

Fonte: I Care, 2022

AMEAÇA CLIMÁTICA INUNDAÇÕES DEVIDO AO AUMENTO DE 0,2 M DO NÍVEL DO MAR																															
INFRAESTRUTURA		RISCO ESTRUTURAL															RISCO OPERACIONAL														
		GRANÉIS LÍQUIDOS			GRANÉIS SÓLIDOS			CELULOSE			ESTALEIRO			CONTÊINERES			GRANÉIS LÍQUIDOS			GRANÉIS SÓLIDOS			CELULOSE			ESTALEIRO			CONTÊINERES		
		Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)	Histórico (1981-2000)	2021-2040 (SSP5)	2041-2060 (SSP5)			
		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
Canal Externo	Interação?	Não			Não			Não			Não			Sim			Não			Não			Não			Não			Não		
	Severidade													1																	
	Risco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Canal 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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sinalização 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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Berços	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	6	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 Lçamento	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	6	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2
Empilhadeiras	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	6	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

*Transportador Contínuo não existe para os perfis de carga tipo Celulose, Estaleiro e Contêineres

- Sem interação
- Risco Leve
- Risco Médio
- Risco Alto

5 :: Medidas de Adaptação

Os riscos levantados auxiliaram no entendimento dos potenciais impactos e consequências decorrentes dos eventos climáticos. A partir desse levantamento, após uma oficina com atores-chave do Porto de Santos, algumas medidas de adaptação foram elencadas de acordo com alguns critérios definidos pelo porto como custo, eficácia, tempo de implementação, dificuldade, barreiras, responsáveis, e eventuais parceiros necessários para uma possível execução da respectiva medida. As medidas de adaptação detalhadas pelos grupos participantes da oficina foram apresentadas com base na interação ameaça-infraestrutura, que, em geral, têm um risco associado 'médio'.

Neste Resumo Executivo, são apresentadas na Tabela 10 as medidas consideradas mais urgentes pelos atores-chave, as quais foram categorizadas como medidas de gestão, manutenção ou planejamento, sendo que as de não-arrependimento, aquelas que se referem aos benefícios líquidos sobre toda a gama de previsões climáticas futuras e os impactos associados, estão detectadas por um asterisco.

Para controle das medidas, sugere-se ao Porto de Santos a classificação e o registro sistematizado daquelas já adotadas ou planejadas.

Tabela 10: Medidas adaptativas para as infraestruturas do Porto de Santos

INTERAÇÃO: AMEAÇA X INFRAESTRUTURA	MEDIDA DE ADAPTAÇÃO		
	GESTÃO	MANUTENÇÃO	PLANEJAMENTO
Chuva Forte (Acesso Viário)		Manutenção das vias	
		Substituição de passarelas para passagem de nível	
		Procedimento de limpeza de vias	
Chuva Forte (Edificações, Armazenamento, Canal Interno, Canal Externo e Bacia de Evolução, Acesso Viário; Equipamentos de Lçamento e Transportador Contínuo) / Chuva Persistente (Edificações, Armazenamento, Equipamentos de Lçamento, Empilhadeira e Transportador Contínuo)	Acompanhamento meteorológico por meio de sensores e micromodelagem climática (coleta de dados e operação de equipamentos) (*)		Acompanhamento meteorológico por meio de sensores e micromodelagem climática (etapas de planejamento e análise) (*)
Chuva Forte (Berços, Equipamentos de Lçamento e Transportador Contínuo) / Chuva Persistente (Equipamentos de Lçamento, Empilhadeira e Transportador Contínuo)	Realização de parcerias para acessar monitoramento meteorológico mais assertivo e ampliar o monitoramento (radar) (*)		Estudo para avaliar a viabilidade técnica e financeira de implementar uma infraestrutura de cobertura
			Estudo de impacto da mudança do clima na Cadeia logística (*)
Chuva Forte (Canal Interno, Canal Externo e Bacia de Evolução)	Uso de novas tecnologias para melhorar a sinalização (boias com transmissão de radiofrequência pra localização: ajuda em caso de chuvas fortes e neblinas) - navegação por instrumentos	Aumento da frequência e volume da dragagem	
	Comunicação sobre a previsão de chuvas fortes mais integrada para todos os terminais (*)		
Chuva forte (Berços, Edificações, Armazenamento) / Chuva Persistente (Edificações, Armazenamento)	Ajuste no procedimento operacional (*)	Reforço das estruturas	
Chuva forte e Chuva Persistente (Edificações, Armazenamento)		Manutenção predial	
Inundações (Berços, Equipamentos de Lçamento, Empilhadeira e Transportador Contínuo)		Construção de sistemas de proteção costeira (diques e elevação da infraestrutura)	
		Construção e manutenção de áreas verdes e permeáveis	
Inundações (Equipamentos de Lçamento, Empilhadeira e Transportador Contínuo)		Aumento da altura da infraestrutura dos berços	

* Medidas de não arrependimento

6 :: Conclusões e Recomendações

O levantamento de risco climático permitiu ao Porto de Santos conhecer os potenciais riscos climáticos a que está susceptível, bem como identificar medidas de adaptação para torná-lo mais resiliente frente as alterações climáticas. Dentre as principais mensagens-chaves do estudo, estão:

- Uma série de paralisações à operação do Porto de Santos já são observadas devido a eventos climáticos como chuvas, que interrompem o carregamento de Granéis Sólidos e rajadas de ventos extremos que causam interrupção da navegação no canal de acesso. Como a probabilidade dos eventos envolvendo chuva se mantem alta, é possível que essas paralisações sejam cada vez mais frequentes no futuro;
- As ameaças de maior probabilidade de ocorrência, tanto no período atual quanto no futuro, no Porto de Santos, são Chuva Persistente, Chuva Forte e Vento Forte;
- Em geral, pode-se dizer que, em relação à severidade estrutural e operacional, as interações de grande preocupação envolvem as infraestruturas Bacia de Evolução, Canal Interno e Canal Externo, que apresentaram nível de severidade 'grave'. Em todos eles, a severidade é alta em função do potencial fechamento do canal, impedindo entrada e saída de navios, gerando potenciais prejuízos financeiros;
- As ameaças climáticas que resultaram em risco 'médio' ao porto foram Chuva Persistente, Chuva Forte e Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar. Riscos dessa intensidade podem indicar uma situação na qual a infraestrutura poderia estar sujeita a maiores exposições às intempéries, resultando em altas demandas de manutenção, crescimento de custos e capacidade geral reduzida;
- Não existem infraestruturas sob risco estrutural ou operacional 'alto' no Porto de Santos. As interações que apresentam risco 'médio' também não alteram seu grau de risco conforme se avança no tempo, apesar do aumento da probabilidade de ocorrência de algumas ameaças. Entretanto, recomenda-se o monitoramento e a revisão dos riscos de forma contínua, mesmo daqueles considerados 'baixos' ou 'médios';
- De modo geral, o risco estrutural é baixo para a maioria das interações entre as ameaças e estruturas portuárias. Esse resultado está relacionado às características construtivas e de operação das infraestruturas e equipamentos que já foram dimensionados para suportar as cargas operacionais dentro de limites de condições climáticas adversas, além de condições de segurança estabelecidas pelo projetista. No entanto, essa realidade pode estar mudando pouco a pouco e, assim, a adaptação dos equipamentos, máquinas e infraestruturas com tecnologias mais modernas e que resistam melhor às condições de umidade, poderá prevenir paralisações e prejuízos financeiros significativos ao porto;
- Quanto às medidas de adaptação, uma série de ações foram listadas a partir da perspec-

tiva do porto e de seus arrendatários, com o intuito de reduzir os impactos da mudança do clima na operação e nas infraestruturas portuárias. A partir da identificação de medidas de adaptação, é possível gerir os riscos e priorizar ações que podem ser incorporadas na gestão, manutenção e planejamento.

O levantamento das informações necessárias para a condução das análises revelou que o Porto de Santos não dispõe de série histórica de danos estruturais sistematizada e organizada, não havendo, portanto, registros de impactos às infraestruturas e superestruturas. Os dados de paralisações da operação do porto também eram limitados, correspondendo a um curto período de tempo, o que representou uma grande limitação ao estudo. Assim sendo, recomenda-se:

- Incluir a causa (climática ou não-climática) no registro de paralizações e danos. Este registro irá aprimorar a identificação e determinação das ameaças climáticas. Recomenda-se ainda que a sistematização do registro seja centralizada na autoridade portuária, mas preenchido por todos os terminais;
- Aprimorar o monitoramento das variáveis meteorológicas e oceanográficas. Dados de estações meteorológicas locais e outras informações climáticas customizadas para a realidade do porto podem auxiliar na identificação, de maneira mais acurada, dos limiares climáticos que causam danos significativos. Este aprimoramento pode ser feito através de parcerias com centros de monitoramento meteorológico (p.ex., Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – INEMA) e universidades;
- Incluir outras ameaças climáticas em estudos futuros (p.ex., neblina);
- Criar um Grupo de Trabalho para monitorar os riscos elencados e planejar a implementação das medidas de adaptação.

Embora os levantamentos de risco possuam incertezas sobre a dimensão dos impactos, isso não deve impedir que o porto faça a gestão dos seus riscos relacionados a eventos climáticos futuros. Importante ressaltar que as medidas elencadas não se esgotam nesse relatório. A equipe do porto deve sempre avaliar novas tecnologias para minimizar os possíveis impactos de ameaças climáticas. Os custos e riscos da inação ou ação atrasada podem ser mais onerosos do que a adoção de medidas imediatas. Deve-se considerar que a necessidade de monitoramento e revisão dos riscos de forma contínua, mesmo daqueles que nesta avaliação são considerados 'baixos' ou 'médios'.

Os riscos levantados auxiliaram no entendimento dos potenciais impactos e consequências decorrentes dos eventos climáticos, permitindo ao Porto de Santos aumentar sua resiliência. A avaliação de risco e a eleição de potenciais medidas de adaptação podem contribuir para a priorização das ações com base em aspectos técnicos.

Bibliografia

ANANDHI, A., FREI, A., PIERSON, D. C., SCHNEIDERMAN, E. M., ZION, M. S., LOUNSBURY, D., & MATONSE, A. H. (2011). **Examination of change factor methodologies for climate change impact assessment**. *Water Resources Research*, 47(3). <https://doi.org/10.1029/2010WR009104>

ANTAQ (2021). **Impactos e Riscos da Variabilidade Climática no Setor Portuário - Entregável P8 – Consolidação dos relatórios da análise de risco do setor portuário costeiro brasileiro às ameaças climáticas**. Disponível em: https://www.gov.br/antag/pt-br/central-de-conteudos/estudos-e-pesquisas-da-antag-1/Antag_relatoriofinal04.04.22compactado.pdf

AUTORIDADE PORTUÁRIA DE ITAJAÍ (2020). **Levantamento de risco climático para o porto de Itajaí/SC**. Sumário Executivo. MMA, INPE e GIZ.

BECKER A, NG AKY, MCEVOY D, MULLETT J. (2018). **Implications of climate change for shipping: Ports and supply chains**. *WIREs Clim Change*. Vol. 9(2) <https://doi.org/10.1002/wcc.508>

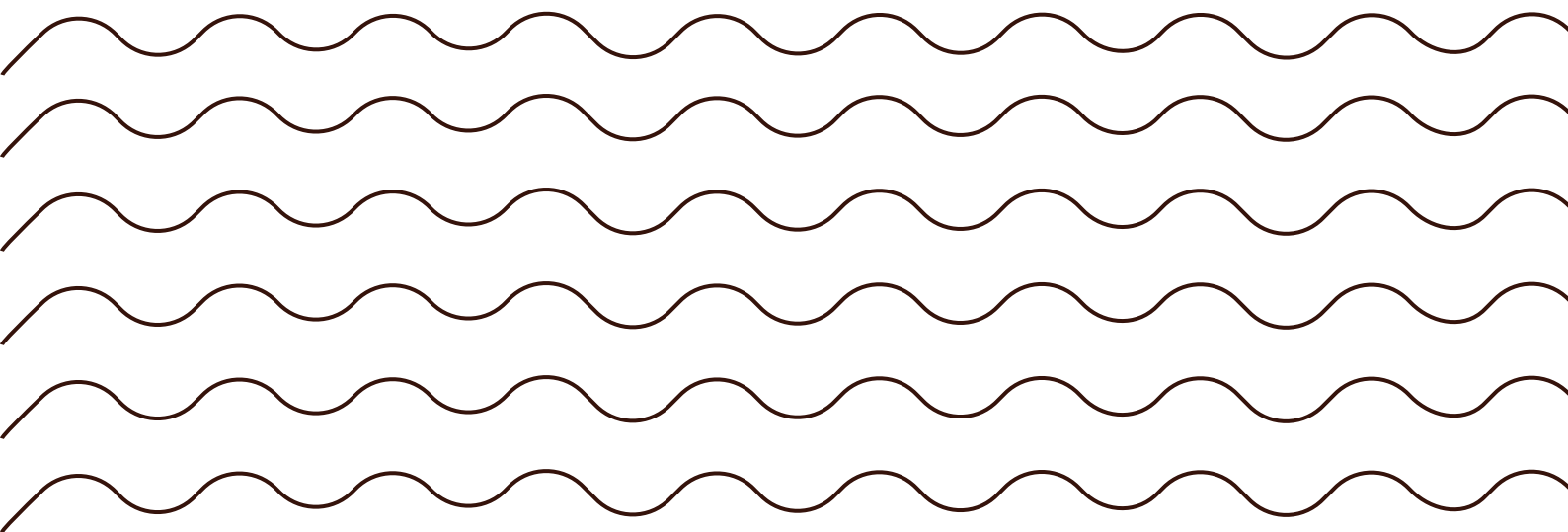
ENGINEERS CANADA. (2016). **PIEVC Engineering Protocol for Infrastructure Vulnerability Assessment and Adaptation to a Changing Climate**. PRINCIPLES and GUIDELINES.

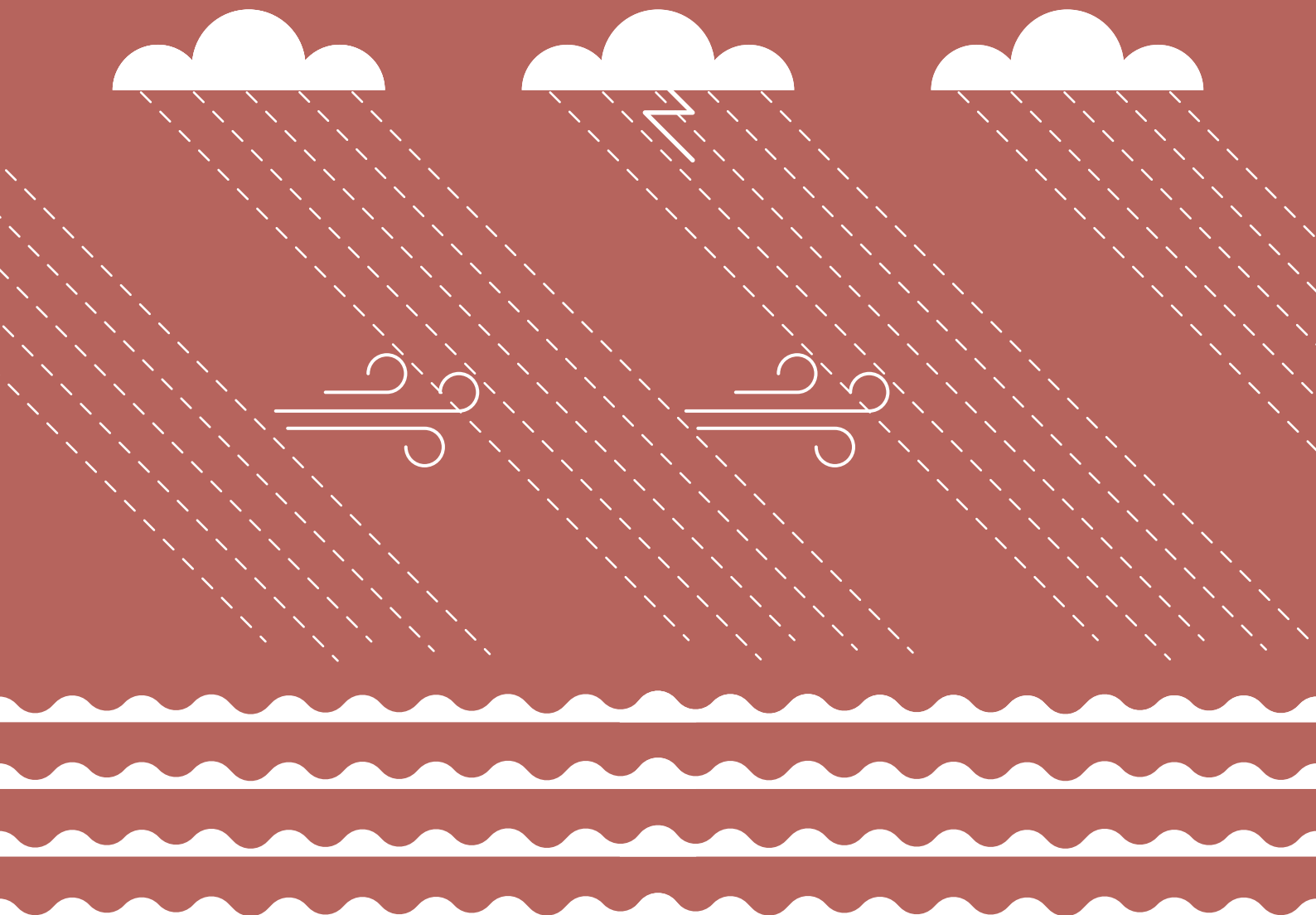
IPCC (2021): **Summary for Policymakers**. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. [MASSON-DELMOTTE, V., P. ZHAI, A. PIRANI, S. CONNORS, L.; PEAN, C.; BERGER, S.; CAUD, N.; CHEN, Y.; GOLDFARB, L.; GOMIS, M. I.; HUANG, M.; LEITZELL, K.; LONNOY, E.; MATTHEWS, J.B.R.; MAYCOCK, T. K., T.; WATERFIELD, YELEKÇI, O.; YU, R.; ZHOU, B.. (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

ISO (2021). **Adaptation to climate change — Guidelines on vulnerability, impacts and risk assessment**, 14091:2021, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

PORTO DE SANTOS (2020). **Sumário Executivo do Plano de Desenvolvimento e Zoneamento do Porto de Santos**. Portos de Santos. Santos. Disponível em: <https://www.portodesantos.com.br/wp-content/uploads/PDZ.pdf>

WMO (2021). **Atlas of Mortality and Economic Losses from Weather, Climate and Water Extremes (1970–2019)**.





Por ordem do



Ministério Federal
do Meio Ambiente, Proteção da Natureza
e Segurança Nuclear

da República Federal da Alemanha

Por meio da



Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



PROADAPTA | CSI
Adaptação à Mudança do Clima



MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE

MINISTÉRIO DA
INFRAESTRUTURA

MINISTÉRIO DA
ECONOMIA

