

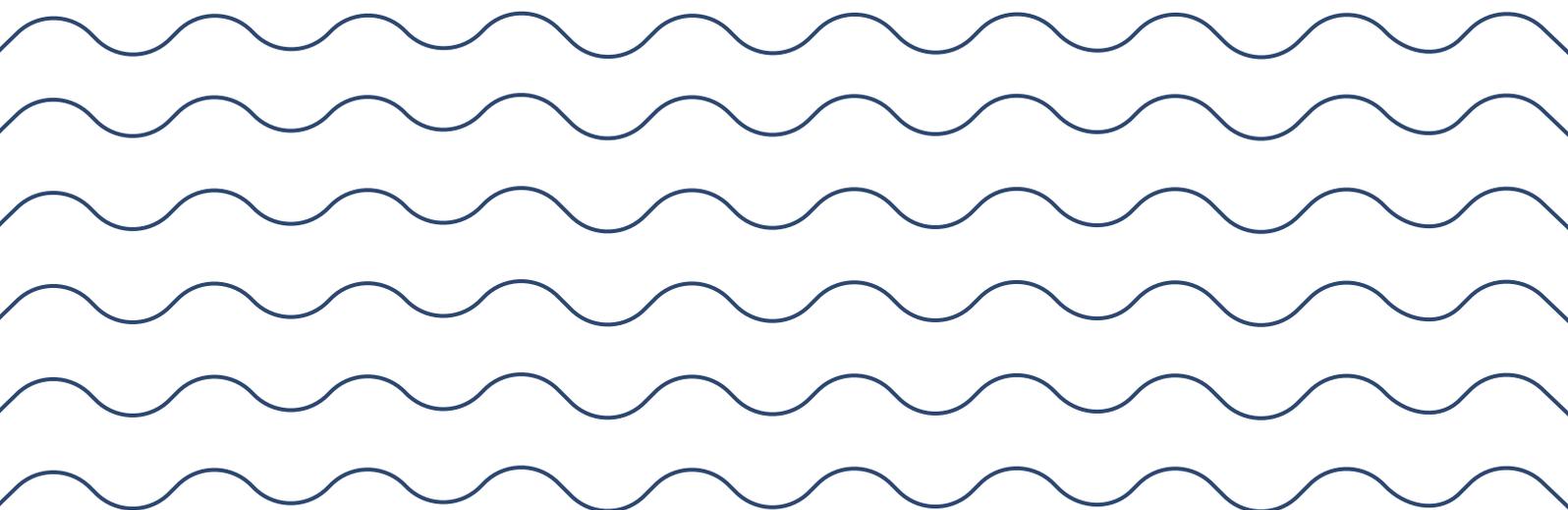


LEVANTAMENTO DE  
RISCO CLIMÁTICO PARA  
O **PORTO DE ITAJAÍ/SC**

Relatório Final

LEVANTAMENTO DE  
RISCO CLIMÁTICO PARA  
O **PORTO DE ITAJAÍ/SC**

Relatório Final



# EXPEDIENTE

## ELABORAÇÃO

Cleiton Luiz Foster Jardeweski /  
Ekta Consultoria Ltda

## EQUIPE TÉCNICA – MMA

Hugo do Valle Mendes (coordenação)  
Adriana Brito da Silva  
Jaqueline Leal Madruga

## EQUIPE TÉCNICA – ANTAQ

**Superintendência de Desempenho,  
Desenvolvimento e Sustentabilidade – SDS**  
José Renato Ribas Fialho  
**Gerência de Desenvolvimento e Estudos – GDE**  
José Gonçalves Moreira Neto  
**Gerência de Meio Ambiente e Sustentabilidade – GMS**  
Auxiliadora do Rego Borges

## EQUIPE TÉCNICA – GIZ

Ana Carolina Câmara (coordenação)  
Eduarda Silva Rodrigues de Freitas  
Pablo Borges de Amorim

## EQUIPE TÉCNICA – DEFESA CIVIL/SC

Flavio Rene Brea Victoria  
Frederico Moraes Rudorff

## CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS DO INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (CPTEC–INPE)

Chou Sin Chan  
Priscila da Silva Tavares  
Gustavo Sueiro Medeiros

## EQUIPE TÉCNICA – AUTORIDADE PORTUÁRIA DE ITAJAÍ

Heder Cassiano Moritz  
Ricardo José Poganski de Amorim  
Médelin Pitrez dos Santos  
Amarildo Madeira  
Luciano Sens  
Guilherme Knoll  
Joelcir Zatta  
Marcia Vernasqui  
Fábio da Veiga  
Marcelo Werner Salles

## 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

### Ministério do Meio Ambiente

Esplanada dos Ministérios, Bloco B, Brasília/DF,  
CEP 70068-901  
T + 55 61 2028-1206

### 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 e Segurança Nuclear (BMU) 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, novembro de 2020

# SUMÁRIO

<b>1 :: Apresentação</b>	<b>11</b>
<b>2 :: Introdução</b>	<b>11</b>
A Cooperação com o Porto de Itajaí	14
<b>3 :: O protocolo PIEVC</b>	<b>16</b>
<b>3.1 :: Passo 1 Definição do Projeto</b>	<b>17</b>
<b>3.2 :: Passo 2 Coleta de Dados e Suficiência</b>	<b>17</b>
<b>3.3 :: Passo 3 Avaliação de Risco</b>	<b>18</b>
<b>3.4 :: Passo 4 Análise de Engenharia (opcional)</b>	<b>18</b>
<b>3.5 :: Passo 5 Conclusões e Recomendações</b>	<b>19</b>
<b>4 :: Objetivos</b>	<b>19</b>
4.1 :: Escopo do projeto	19
4.2 :: Etapas do projeto	19
4.3 :: Considerações e Limites Metodológicos	21
<b>5 :: Definições de Projeto</b>	<b>22</b>
<b>6 :: Considerações Climáticas</b>	<b>28</b>
6.1 :: Histórico	28
6.2 :: Ameaças Climáticas	29
6.3 :: Escalas de Probabilidade	30
6.4 :: Escala de Robustez	35

<b>7 :: Avaliação de Risco e Vulnerabilidade</b>	<b>42</b>
<b>7.1 :: Processo do Protocolo PIEVC</b>	<b>42</b>
<b>7.2 :: Severidade Estrutural</b>	<b>42</b>
<b>7.3 :: Severidade Operacional</b>	<b>43</b>
<b>7.4 :: Limiares dos Riscos</b>	<b>45</b>
<b>7.5 :: Resultados da probabilidade de ameaça climática</b>	<b>46</b>
<b>7.6 :: Avaliação de Risco</b>	<b>48</b>
Processo de Avaliação de Risco	48
<b>8 :: Medidas de Adaptação</b>	<b>62</b>
<b>9 :: Conclusões e Recomendações</b>	<b>70</b>
<b>10 :: Referências Bibliográficas</b>	<b>71</b>
<b>11 :: Anexos</b>	<b>74</b>

Essa publicação foi realizada por uma equipe formada por consultores independentes sob a coordenação da 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 Zusammenarbeit GmbH (GIZ), no âmbito da Iniciativa

Internacional para o Clima (IKI, sigla em alemão), do Ministério Federal do Meio Ambiente, Proteção da Natureza e Segurança Nuclear (BMU, sigla em alemão).

Participaram desse processo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), a Autoridade Portuária de Itajaí e a Defesa Civil de Santa Catarina.

Todas as opiniões aqui expressas são de inteira responsabilidade dos autores, não refletindo necessariamente a posição da GIZ, do MMA ou dos demais parceiros executores. Este documento não foi submetido à revisão editorial.

# LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Componentes do projeto CSI.	<b>12</b>
<b>Figura 2:</b> Mapa de atores do projeto CSI Brasil.	<b>13</b>
<b>Fig. 3:</b> Localização do Porto de Itajaí e dos quatro berços de atracação (B1, B2, B3 e B4) <b>Fonte:</b> SUPERINTENDÊNCIA DO PORTO DE ITAJAÍ, 2019.	<b>15</b>
<b>Figura 4:</b> Etapas do PIEVC. <b>Fonte:</b> Adaptado de Engineers Canada (2016).	<b>16</b>
<b>Figura 5:</b> Componentes e atores da governança portuária.	
<b>Figura 6:</b> Atividades desenvolvidas durante as oficinas e reuniões do projeto.	<b>21</b>
<b>Figura 7:</b> Priorização das ameaças climáticas. <b>Fonte:</b> Porto de Itajaí.	<b>22</b>
<b>Figura 8:</b> Probabilidade de ocorrência dos eventos climáticos para o cenário atual. Os índices ff_p95_prec e r100mm representam chuva forte; ff_p99_vv10m o vento forte; vazão e nível e wt_cheias as enchentes; e wt_correnteza as fortes correntezas. As cores das barras representam a probabilidade de ocorrência, variando entre o verde escuro (baixa probabilidade) até o vermelho (alta probabilidade).	<b>28</b>
<b>Figura 9:</b> Probabilidade futura dos eventos climáticos. Os índices ff_p95_prec e r100mm representam chuva forte; ff_p99_vv10m o vento forte; vazão e nível e wt_cheias as enchentes; e wt_correnteza as fortes correntezas. As cores das barras representam a probabilidade de ocorrência, variando entre o verde escuro (baixa probabilidade) até o vermelho (alta probabilidade).	<b>32</b>
<b>Figura 10:</b> Probabilidade atual e futura dos eventos climáticos. Os índices ff_p95_prec e r100mm representam chuva forte; ff_p99_vv10m o vento forte; vazão e nível e wt_cheias as enchentes; e wt_correnteza as fortes correntezas. As cores das barras representam a probabilidade de ocorrência, variando entre o verde escuro (baixa probabilidade) até o vermelho (alta probabilidade).	<b>34</b>
<b>Figura 11:</b> Matriz de risco com os três limiares definidos: verde = risco baixo, amarelo = risco moderado, e vermelho = risco alto	<b>34</b>
<b>Figura 12:</b> Processo para estabelecer o risco climático sobre a infraestrutura	<b>45</b>
<b>Figura 13:</b> Matriz de Risco Atual relacionado a eventos de Chuvas Fortes e às infraestruturas portuárias (Canal Externo=CE, Canal Interno=CI, Bacia de Evolução=BA, Sinalização Náutica=SN, Molhes=MO, Berços=BE, Pátio de Armazenamento=PA, Armazéns=AR e Equipamentos de Içamento=EI).	<b>47</b>
<b>Figura 14:</b> Matriz de Risco Atual relacionado a eventos de Ventos Fortes e às infraestruturas portuárias (Canal Externo=CE, Canal Interno=CI, Bacia de Evolução=BA, Sinalização Náutica=SN, Molhes=MO, Berços=BE, Pátio de Armazenamento=PA, Armazéns=AR e Equipamentos de Içamento=EI).	<b>50</b>

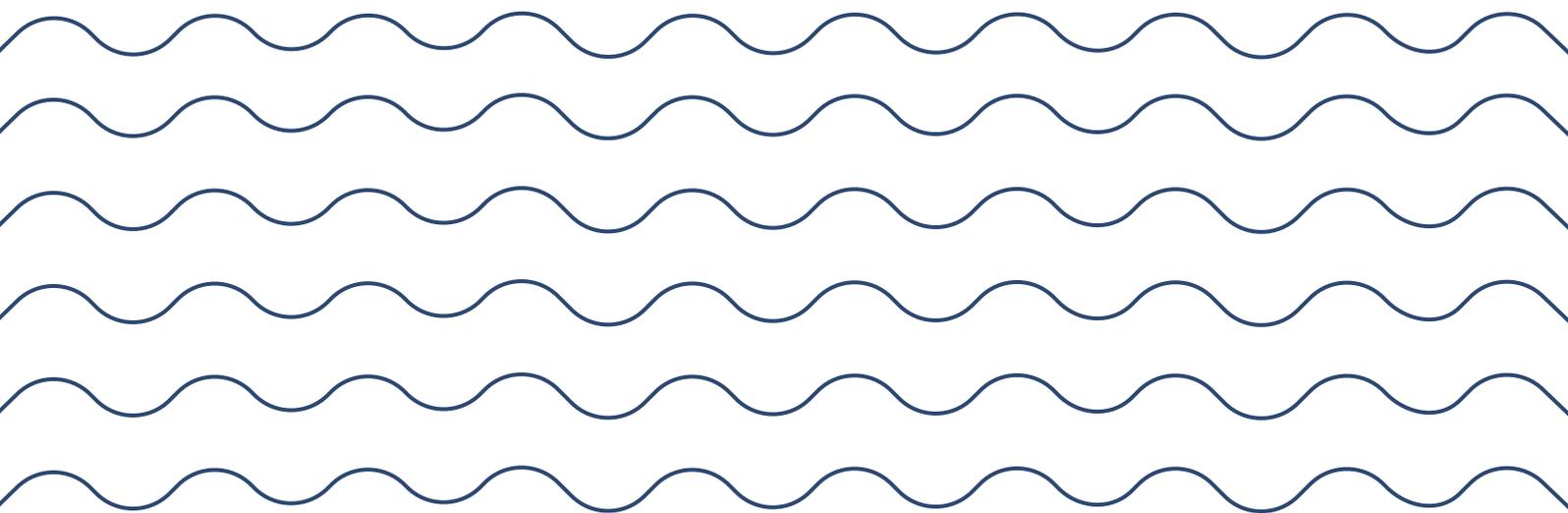
- Figura 15:** Matriz de Risco Atual relacionado a eventos de Enchentes e às infraestruturas portuárias (Canal Externo=CE, Canal Interno=CI, Bacia de Evolução=BA, Sinalização Náutica=SN, Molhes=MO, Berços=BE, Pátio de Armazenamento=PA, Armazéns=AR e Equipamentos de Içamento=EI). **53**
- Figura 16:** Matriz de Risco Atual relacionado a eventos de Fortes Correntezas e às infraestruturas portuárias (Canal Externo=CE, Canal Interno=CI, Bacia de Evolução=BA, Sinalização Náutica=SN, Molhes=MO, Berços=BE, Pátio de Armazenamento=PA, Armazéns=AR e Equipamentos de Içamento=EI).. **54**
- Figura 17:** Matriz de Risco Futuro relacionado a eventos de Chuvas Fortes e às infraestruturas portuárias (Canal Externo=CE, Canal Interno=CI, Bacia de Evolução=BA, Sinalização Náutica=SN, Molhes=MO, Berços=BE, Pátio de Armazenamento=PA, Armazéns=AR e Equipamentos de Içamento=EI). **55**
- Figura 18:** Matriz de Risco Futuro relacionado a eventos de Ventos Fortes e às infraestruturas portuárias (Canal Externo=CE, Canal Interno=CI, Bacia de Evolução=BA, Sinalização Náutica=SN, Molhes=MO, Berços=BE, Pátio de Armazenamento=PA, Armazéns=AR e Equipamentos de Içamento=EI). **58**
- Figura 19:** Matriz de Risco Futuro relacionado a eventos de Enchentes e às infraestruturas portuárias (Canal Externo=CE, Canal Interno=CI, Bacia de Evolução=BA, Sinalização Náutica=SN, Molhes=MO, Berços=BE, Pátio de Armazenamento=PA, Armazéns=AR e Equipamentos de Içamento=EI). **58**
- Figura 20:** Matriz de Risco Futuro relacionado a eventos de Fortes Correntezas e às infraestruturas portuárias (Canal Externo=CE, Canal Interno=CI, Bacia de Evolução=BA, Sinalização Náutica=SN, Molhes=MO, Berços=BE, Pátio de Armazenamento=PA, Armazéns=AR e Equipamentos de Içamento=EI). **59**

# LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Etapas dos componentes do projeto CSI.	<b>12</b>
<b>Tabela 2:</b> Linha do tempo de atividades conduzidas no âmbito da aplicação da metodologia PIEVC.	<b>20</b>
<b>Tabela 3:</b> Equipe.	<b>20</b>
<b>Tabela 4:</b> Identificação e priorização dos Eventos Climáticos e Hidrológicos que impactam o Porto de Itajaí.	<b>23</b>
<b>Tabela 5:</b> Características das infraestruturas do acesso aquaviário do Porto de Itajaí (dimensão e capacidade).	<b>25</b>
<b>Tabela 6:</b> Características das infraestruturas portuárias do Porto de Itajaí (dimensão e capacidade).	<b>25</b>
<b>Tabela 7:</b> Características das infraestruturas do acesso aquaviário do Porto de Itajaí (custos, ciclo de vida, seguro, adaptações e histórico de gastos).	<b>26</b>
<b>Tabela 8:</b> Características das infraestruturas portuárias de Itajaí (custos, ciclo de vida, seguro, adaptações e histórico de gastos)	<b>27</b>
<b>Tabela 9:</b> Avaliação qualitativa das ameaças climáticas ao Porto de Itajaí (potencial de perdas, consequências e probabilidade das ameaças).	<b>29</b>
<b>Tabela 10:</b> Descrição das variáveis e indicadores das ameaças climáticas.	<b>30</b>
<b>Tabela 11:</b> Descrição da escala de probabilidade considerando o período de 30 anos.	<b>30</b>
<b>Tabela 12:</b> Probabilidade de ocorrência das ameaças climáticas na atualidade.	<b>31</b>
<b>Tabela 13:</b> Probabilidade de ocorrência das ameaças climáticas para o futuro	<b>33</b>
<b>Tabela 14:</b> Critérios para pontuação de robustez do clima atual.	<b>35</b>
<b>Tabela 15:</b> Escala de pontuação de robustez após o cálculo da média entre os critérios	<b>36</b>
<b>Tabela 16:</b> Critérios para pontuação de robustez dos cenários de mudança climática (futuro).	<b>37</b>
<b>Tabela 17:</b> Síntese dos resultados da robustez para o presente.	<b>38</b>

<b>Tabela 18:</b> Síntese dos resultados da robustez para o futuro.	<b>40</b>
<b>Tabela 19:</b> Escala e descrição da Severidade Estrutural.	<b>42</b>
<b>Tabela 20:</b> Escala de importância dos custos construtivos para o Porto de Itajaí	<b>43</b>
<b>Tabela 21:</b> Resultado da classificação da infraestrutura portuária conforme a escala de custos construtivos	<b>43</b>
<b>Tabela 22:</b> Escala e descrição da severidade operacional.	<b>44</b>
<b>Tabela 23:</b> Escala de importância dos custos de manutenção para o Porto de Itajaí.	<b>44</b>
<b>Tabela 24:</b> Classificação da infraestrutura portuária conforme escala de custos de manutenção.	<b>44</b>
<b>Tabela 25:</b> Síntese atual e futura das probabilidades de ocorrência de eventos climáticos e hidrológicos.	<b>46</b>
<b>Tabela 25:</b> Síntese atual e futura das probabilidades de ocorrência de eventos climáticos e hidrológicos.	<b>47</b>
<b>Tabela 26:</b> Interação dos componentes estruturais com as ameaças climáticas e hidrológicas (S=SIM, N=NÃO).	<b>49</b>
<b>Tabela 27:</b> Resultados da avaliação de risco atual das infraestruturas para eventos de chuva intensa.	<b>49</b>
<b>Tabela 28:</b> Risco atual para eventos de vento forte	<b>51</b>
<b>Tabela 29:</b> Risco presente para eventos de enchente	<b>52</b>
<b>Tabela 30:</b> Risco presente para eventos de forte correnteza.	<b>53</b>
<b>Tabela 31:</b> Análise do risco climático de chuva intensa sobre a infraestrutura para o presente e futuro.	<b>55</b>
<b>Tabela 32:</b> Análise do risco climático de ventos fortes sobre a infraestrutura para o presente e futuro.	<b>56</b>
<b>Tabela 33:</b> Análise do risco climático atual e futuro de enchentes sobre a infraestrutura.	<b>57</b>

<b>Tabela 34:</b> Análise do risco climático atual e futuro de fortes correntezas sobre a infraestrutura.	<b>58</b>
<b>Tabela 35:</b> Riscos estruturais e operacionais do Porto de Itajaí em relação às ameaças climáticas.	<b>60</b>
<b>Tabela 36:</b> Riscos climáticos operacionais (somatório) e custos de manutenção.	<b>60</b>
<b>Tabela 37:</b> Riscos climáticos estruturais (somatório) e custos construtivos.	<b>61</b>
<b>Tabela 38:</b> Impactos e consequências dos riscos climáticos – Infraestrutura portuária.	<b>64</b>
<b>Tabela 39:</b> Impactos e consequências dos riscos climáticos – Acesso aquaviário.	<b>65</b>
<b>Tabela 40:</b> Avaliação das medidas adaptativas para o risco de ventos fortes e enchentes sobre os equipamentos de içamento.	<b>66</b>
<b>Tabela 41:</b> Avaliação das medidas adaptativas para o risco de enchentes sobre pátio de armazenamento.	<b>67</b>
<b>Tabela 42:</b> Avaliação das medidas adaptativas para o risco de forte correnteza sobre os berços de atracação.	<b>68</b>
<b>Tabela 43:</b> Avaliação das medidas adaptativas para o risco de enchentes sobre os armazéns.	<b>69</b>
<b>Tabela 44:</b> Avaliação das medidas adaptativas para o risco de enchentes sobre as infraestruturas aquaviárias.	<b>69</b>
<b>Tabela 45:</b> Descrição da infraestrutura portuária (dimensões capacidades, custos, ciclo de vida, seguro, histórico de impactos, adaptações e gastos decorrentes de impactos climáticos) – Acesso aquaviário.	<b>74</b>
<b>Tabela 46:</b> Descrição da infraestrutura portuária (dimensões capacidades, custos, ciclo de vida, seguro, histórico de impactos, adaptações e gastos decorrentes de impactos climáticos) – Infraestrutura portuária.	<b>74</b>
<b>Tabela 47:</b> Descrição qualitativa dos riscos/ameaças climáticas e hidrológicas.	<b>76</b>



## 1 :: Apresentação

Este documento tem por objetivo apresentar as atividades desenvolvidas no âmbito do Protocolo PIEVC aplicado à realidade do Porto de Itajaí/SC. As atividades desenvolvidas foram lideradas pela Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH e executadas em parceria com a equipe da Superintendência do Porto de Itajaí por meio de uma série de encontros e reuniões técnicas para analisar os riscos climáticos atual e futuro da infraestrutura portuária.

A avaliação de risco climático realizada no Porto de Itajaí foi baseada no Protocolo do Comitê de Vulnerabilidade de Engenharia de Infraestrutura Pública ou PIEVC (Public Infrastructure Engineering Vulnerability Committee, em inglês) elaborado pela instituição parceira do CSI – Engineers Canada.

## 2 :: Introdução

As mudanças climáticas são um fenômeno cada vez mais evidente em nosso cotidiano. Santa Catarina é um dos estados brasileiros que mais sofre com eventos climáticos e hidrológicos extremos e, nesse sentido, algumas medidas vêm sendo tomadas por uma série de atores governamentais, empresariais e da sociedade civil. O Brasil investe bilhões anualmente em obras de infraestrutura nas mais diversas escalas, porém o planejamento destas obras, na grande maioria das vezes, desconsidera as questões relacionadas às mudanças climáticas, aumentando consideravelmente as chances de ocorrência de prejuízos para a economia e a sociedade (Queiroz *et al*, 2016).

Na última década, estima-se que os danos diretos desses desastres totalizem em torno de US \$ 1,3 trilhão (ou cerca de 0,2% do PIB mundial), em média, por ano. Os danos das inundações de 2011 na Tailândia atingiram cerca de 10% do seu PIB, nem mesmo considerando todos os custos indiretos por meio de uma perda de atividade econômica no país e no exterior. Segundo algumas estimativas, os custos totais dos incêndios florestais de 2018 na Califórnia foram de até US \$ 350 bilhões, ou 1,7% do PIB dos EUA. Todos os anos, desastres climáticos causam sofrimento humano, além de grandes danos econômicos e ecológicos (IMF, 2020).

O Ministério do Meio Ambiente (MMA), vem desenvolvendo uma série de ações relacionadas à mitigação e adaptação à mudança do clima com destaque para o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima – PNA (Brasil, 2016), que tem como objetivo “promover a redução da vulnerabilidade nacional à mudança do clima e realizar uma gestão do risco associada a esse fenômeno”. Na estrutura do PNA são considerados 11 setores, entre eles “Cidades e Infraestruturas”.

Numa perspectiva global, o Brasil é signatário da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança Climática (UNFCCC) com especialistas participantes no Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC). O país também faz parte dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS, 2015), que demandam medidas urgentes dos países para combater a mudança do clima e seus impactos (Objetivo 13), entre outros acordos internacionais.

É nesse contexto que se insere o projeto “Ampliação dos Serviços Climáticos para Investimentos em Infraestrutura” – CSI (Enhancing Climate Services for Infrastructure Investments). O CSI é um projeto global, em parceria com Brasil, Costa Rica, Vietnã e países da Iniciativa da Bacia do

Nilo (NBI), implementado por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) e financiado pelo Ministério Federal do Ambiente, Proteção da Natureza e Segurança Nuclear (BMU) da Alemanha.

O projeto tem como objetivo facilitar que as instituições introduzam em seus processos de planejamento e regulamentações, informações climáticas customizadas e orientadas para seus usuários, também conhecidas como “Serviços Climáticos” (Figura 1). Este conceito é de fundamental importância para a gestão dos riscos associados ao clima e às infraestruturas que podem ser dependentes ou influenciadas por estes, e, conseqüentemente, para os tomadores de decisão, sejam públicos ou privados.



**Figura 1:** Componentes do projeto CSI.

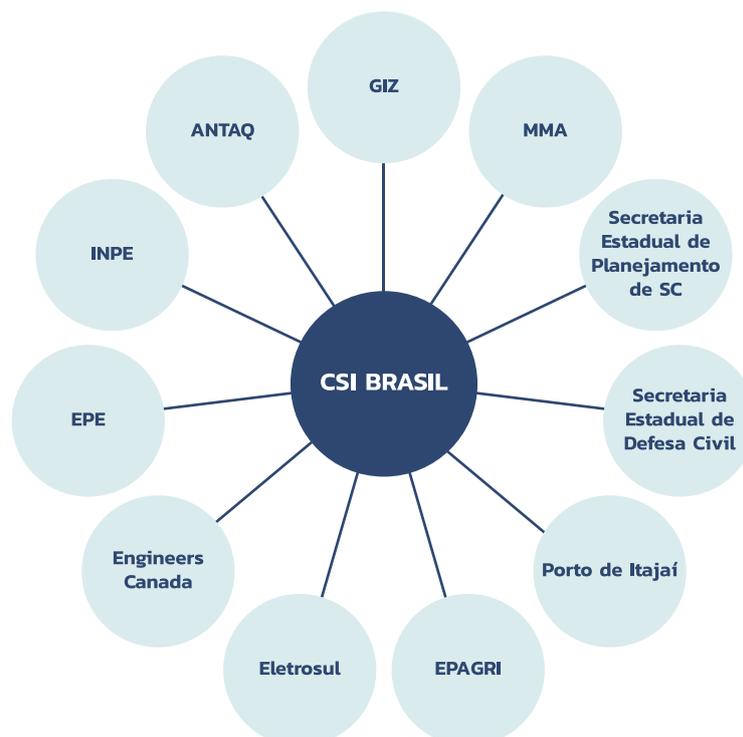
Para alcançar os objetivos do programa, o CSI reúne atores considerados relevantes ao longo da cadeia de valor de Serviços Climáticos, e por meio de articulação dos atores, oficinas de trabalho, aprimoramento de capacidades e consultorias, visa conscientizar sobre a importância da consideração do risco climático na tomada de decisão e no planejamento de infraestrutura (Tabela 1).

Componente 1 <b>Ampliar o uso dos Serviços Climáticos</b>	1.1 Seleção de parceiros provedores de Serviços Climáticos (SC);
	1.2 Estudo de base da atual utilização de informações climáticas;
	1.3 Inventário de Serviços Climáticos existentes;
	1.4 Implementar um fórum nacional de diálogos e troca de experiências;
	1.5 Identificar medidas para aprimoramento dos SC;
	1.6 Capacitações para melhorias nos SC.
Componente 2 <b>Integração dos Serviços Climáticos aos processos de planejamento</b>	2.1 Linha de base do uso de Serviços Climáticos nos processos atuais de planejamento e análise de risco climático nas infraestruturas;
	2.2 Identificar sinergias entre o projeto e os processos de implementação do PNA;
	2.3 Identificar pontos de entrada para consideração de risco climático nos investimentos em infraestruturas;
	2.4 Apoio técnico no desenvolvimento de diretrizes técnicas para consideração de risco climático nos investimentos em infraestruturas;
	2.5 Desenvolvimento de capacitações para funcionários relevantes de instituições governamentais com o foco nos produtos e experiências do projeto.

<b>Componente 3</b> Avaliação de riscos climáticos em infraestruturas	3.1 Seleção de parceiros relacionados ao setor de infraestrutura;
	3.2 Seleção de infraestrutura para avaliação de risco climático;
	3.3 Condução da avaliação de risco climático para a(s) infraestrutura(s) selecionada(s).
	3.4 Desenvolvimento de "produtos de conhecimento" referentes aos resultados das avaliações de risco;
	3.5 Desenvolvimento de material de treinamento para implementação da avaliação de risco climático em infraestruturas e identificação de medidas de adaptação;
	3.6 Realização de estudos para avaliação da vulnerabilidade climática do portfólio de infraestruturas do país.
<b>Componente 4</b> Intercâmbio de experiência entre países e instituições participante	4.1 Linha de base do uso de Serviços Climáticos nos processos atuais de planejamento e análise de risco climático nas infraestruturas;
	4.2 Identificar sinergias entre o projeto e os processos de implementação do PNA;
	4.3 Identificar pontos de entrada para consideração de risco climático nos investimentos em infraestruturas;
	4.4 Apoio técnico no desenvolvimento de diretrizes técnicas para consideração de risco climático nos investimentos em infraestruturas;
	4.5 Desenvolvimento de capacitações para funcionários relevantes de instituições governamentais com o foco nos produtos e experiências do projeto.

**Tabela 1:** Etapas dos componentes do projeto CSI.

No Brasil, o projeto CSI tem como parceiros o Ministério do Meio Ambiente (MMA), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Defesa Civil do Estado de Santa Catarina, Eletrosul - Centrais Elétricas, EPAGRI, Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Autoridade Portuária de Itajaí e Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ) (Figura 2).



**Figura 2:** Mapa de atores do projeto CSI Brasil.

## A Cooperação com o Porto de Itajaí

O setor portuário brasileiro é responsável por 95% das cargas destinadas ao comércio exterior e o crescimento do país depende da sua plena funcionalidade e eficiência. O setor cresceu 8,3% em 2017, segundo a ANTAQ. Os números mostram a importância do setor para o desenvolvimento do Brasil. Neste contexto, é evidente que as infraestruturas portuárias precisam estar cada vez mais modernas, competitivas e com uma visão estratégica a longo prazo (Falcão & Correia, 2012).

As infraestruturas públicas portuárias brasileiras, em sua grande maioria, possuem hoje, mais de 50 anos de construção. Muitas delas passam por constante manutenção, porém com os eventos climáticos e hidrológicos extremos cada vez mais frequentes, grande parte desses portos vem sofrendo com impacto direto em suas infraestruturas e operações, somado a isso verifica-se um desconhecimento sobre nosso litoral, que amplifica os problemas eventuais de mudanças climáticas e torna o país vulnerável a estes agentes externos (Neves & Muehe, 2008). Um exemplo importante desta situação é o Porto de Itajaí localizado em Santa Catarina.

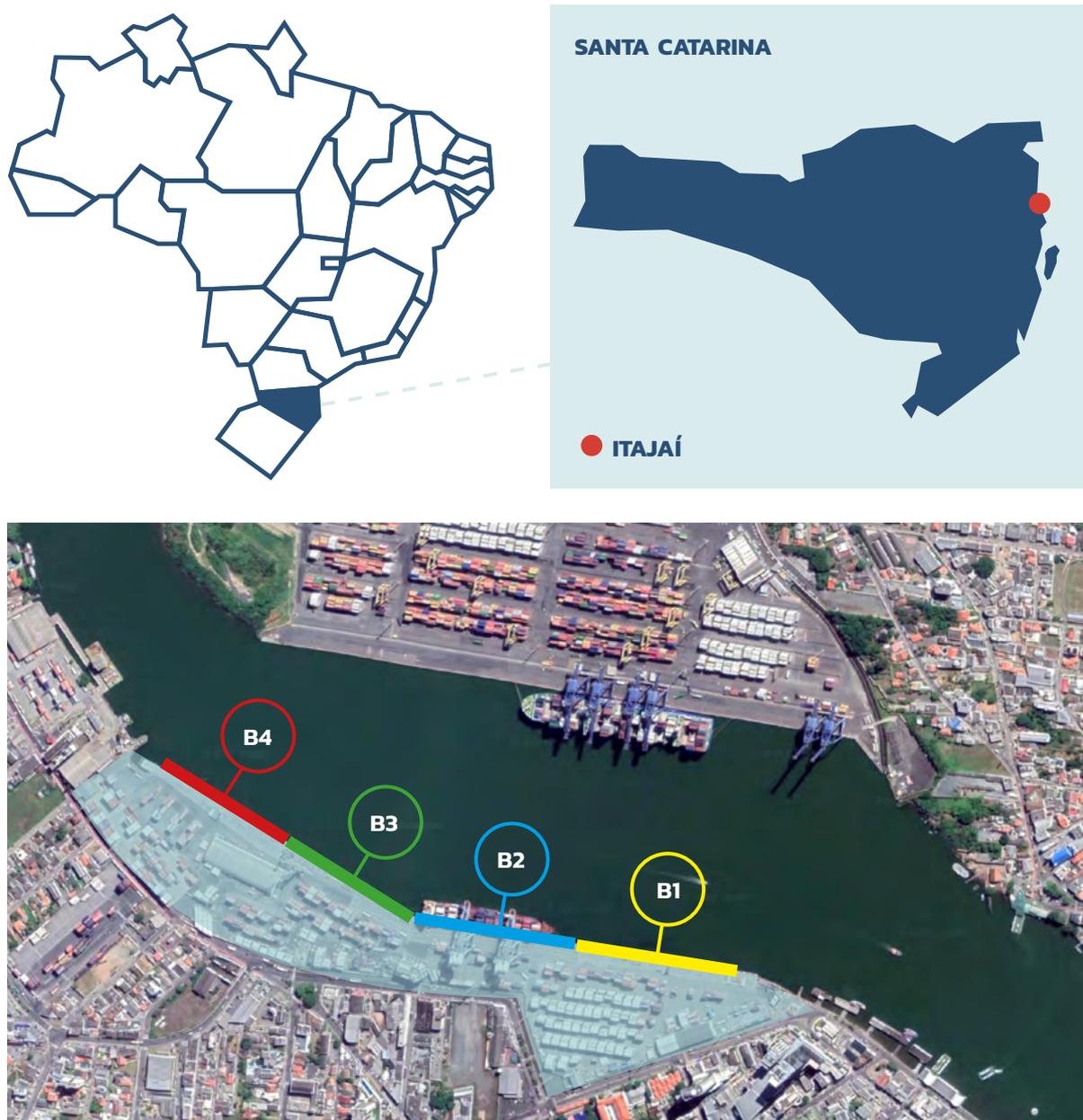
A mudança do clima, especialmente em Santa Catarina, poderá contribuir para o aumento na frequência da ocorrência de eventos extremos, como aumento de temporais, enxurradas e enchentes. A maior frequência desses eventos pode acarretar fortes correntezas no Rio Itajaí-açu, um dos grandes motivos para o colapso dos berços do Porto de Itajaí nos anos de 1983 e 2008. Além disso, outros fatores podem ser considerados importantes para este setor no estado, como assoreamento dos rios, ondas, ressacas, etc (Oliveira, 2019).

O Porto de Itajaí está instalado na foz do rio Itajaí-açu (Figura 3), desde a época da colonização do estado. Atualmente o Porto de Itajaí é o segundo com maior movimentação de containers no Brasil e é responsável por quase 67% das cargas movimentadas no estado de Santa Catarina (PDZ, 2019).

O Porto de Itajaí vem enfrentando uma série de problemas nos últimos anos em razão de fortes chuvas e enchentes na região do Vale do Itajaí. A correnteza do rio durante a enchente de 1983 foi tão forte que afetou gravemente o berço 3 e causou o colapso do berço 4 do Porto de Itajaí, recuperados em 1984 pela empresa Cobrazil. A enchente de 2008, por sua vez, causou o colapso dos berços 2 e 3, onde precisaram ser gastos R\$ 300 milhões em 2009 pela União. Nesse mesmo evento, além desses berços, o Armazém 2 também foi bastante afetado em suas fundações e piso, com prejuízo para as cargas armazenadas, das quais, muitas foram levadas rio abaixo. Posteriormente, para que fossem iniciadas as obras de recuperação dos berços 2 e 3, antes este armazém teve que ser demolido (PDZ, 2019).

Na era de intensa competição e integração de cadeias de suprimentos multimodais, é cada vez mais importante implementar uma governança e um planejamento portuário sustentável. A governança portuária envolve um grande número de partes interessadas, incluindo formuladores de políticas em vários níveis, participantes do mercado e grupos comunitários. Assim, as medidas gerenciais e de planejamento se tornam mais desafiadoras e complexas (Lam *et al*, 2013).

O Porto de Itajaí no litoral centro norte de Santa Catarina é uma das principais regiões portuárias do país. Em vista da gradual integração de Itajaí no planejamento nacional e regional brasileiro, há uma crescente necessidade de cooperação entre os atores da região, a fim de alcançar resultados mutuamente benéficos (PDZ, 2019). Este estudo tem como objetivo formular estratégias de adaptação climática para o Porto de Itajaí.



**Fig. 3:** Localização do Porto de Itajaí e dos quatro berços de atracação (B1, B2, B3 e B4).

**Fonte:** SUPERINTENDÊNCIA DO PORTO DE ITAJAÍ, 2019.

Hoje em dia os desafios do Porto de Itajaí estão relacionados ao planejamento e investimento do setor; a manutenção e adequações do acesso aquaviário, sinalização náutica, dragagem de manutenção, batimetria, monitoramento hidrodinâmico, gestão ambiental, idealização da hidrovía Itajaí-açu, mitigação dos impactos oriundos de eventos extremos e a operação integrada junto às barragens (PDZ, 2019). Desta maneira a avaliação de risco climático sobre a infraestrutura do Porto de Itajaí torna-se uma atividade estratégica tanto para a economia regional como nacional.

Além disso é preciso desenvolver padrões globais de divulgação de riscos físicos para mudanças climáticas pois estes podem ser um passo importante para preservar a estabilidade financeira de empreendimentos. As informações granulares e específicas de empresas ou empreendimentos sobre suas exposições e vulnerabilidades atuais e futuras a choques climáticos ajudariam credores, seguradoras, governos e investidores a entender melhor esse risco (IMF, 2020).

### 3 :: O protocolo PIEVC

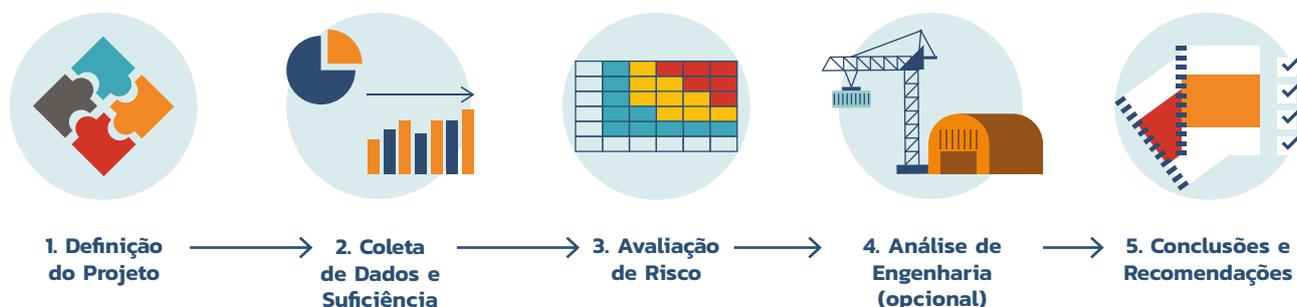
Uma das parcerias em nível global do projeto CSI é com a instituição *Engineers Canada*<sup>1</sup>, que desenvolveu uma metodologia específica de análise de risco climático para avaliar possíveis impactos decorrentes da mudança do clima, em infraestruturas públicas e privadas. Esta metodologia está descrita no documento “Protocolo do Comitê de Vulnerabilidade de Engenharia de Infraestrutura Pública” ou “PIEVC”<sup>2</sup> (*Public Infrastructure Engineering Vulnerability Committee*).

As informações obtidas através do Protocolo auxiliam gestores e operadores a incorporar de maneira efetiva ações de adaptação à mudança do clima em projetos de infraestruturas existentes ou planejadas, influenciando na operação, manutenção, planejamento e desenvolvimento.

O Conselho Canadense de Engenheiros (*Engineers Canada*) possui a propriedade intelectual deste protocolo, que pode ser utilizado em infraestruturas estabelecidas no Canadá sem custos (desde que seja assinado um contrato de licença) e sob acordos de licença específicos para organizações de outros países.

O *Engineers Canada* presta assessoria para membros de projetos em andamento, desenvolvendo capacidades locais por meio de uma abordagem prática de ação e fornecendo material de treinamento com objetivo de operacionalizar os procedimentos.

O protocolo oferece aos usuários flexibilidade na execução dos processos, considerando as particularidades locais e limitação de recursos, no entanto estabelece passos comuns a serem cumpridos (Figura 4). Cabe citar que este projeto foi executado somente os passos 1, 2, 3 e 5 (ENGINEERS CANADA, 2016).



**Figura 4:** Etapas do PIEVC. **Fonte:** Adaptado de Engineers Canada (2016).

1. <https://engineerscanada.ca/>

2. <https://pievc.ca/>

### 3.1 :: Passo 1 Definição do Projeto

Em linhas gerais, o primeiro passo para a aplicação do protocolo, envolve a definição do escopo do projeto, sendo estabelecida pela equipe a infraestrutura que será analisada e os atributos chave como localização, condições gerais, problemas conhecidos, entre outros. Também são identificados os elementos climáticos que impactam na infraestrutura e eventos climáticos passados que causaram interrupções e falhas nos serviços providos.

Esse passo serve para restringir o foco do estudo e permitir processos eficientes de coleta de dados e avaliação de vulnerabilidades.

### 3.2 :: Passo 2 Coleta de Dados e Suficiência

O segundo passo é um processo interdisciplinar que requer competências de engenharia, climatologia, operação, manutenção e gestão. Deve-se assegurar que a combinação correta de competências está representada na equipe de avaliação ou através de consultas a outros profissionais durante a execução. Esse passo é composto pela aquisição de dados detalhados sobre:

#### 1. A infraestrutura, facilidades e prédios que fazem parte do levantamento

- A. Detalhes sobre os componentes físicos da infraestrutura;
- B. Número de componentes físicos;
- C. Localizações;
- D. Outras considerações técnicas e de engenharia;
- E. Material de construção;
- F. Tempo de existência;
- G. Importância para comunidade onde está inserida;
- H. Condição física;
- I. Interrupções ou falhas nos serviços ocorridas.

#### 2. Práticas de operação e manutenção

- A. Registros e relatórios de manutenção e operação;
- B. Práticas de gestão da infraestrutura;
- C. Considerações de seguros;
- D. Políticas e diretrizes;
- E. Considerações financeiras e de financiamento;
- F. Definições regulatórias;
- G. Considerações legais.

#### 3. Informações climáticas aplicáveis. As fontes de informações climáticas incluem, mas não estão limitadas a:

- A. Agências governamentais;
- B. Curvas de precipitação de chuvas: intensidade, duração e frequência;
- C. Mapeamentos de planícies de inundação;
- D. Modelagem climática e desenvolvimento de cenários específicos da região (IPCC);
- E. Registros históricos de eventos climáticos extremos;
- F. Informações sobre o tempo em aeroportos;
- G. Organizações de pesquisas sobre o clima;
- H. Outras, caso necessário.

### 3.3 :: Passo 3 Avaliação de Risco

No passo 3 são estabelecidas quais infraestruturas e componentes são afetados por eventos climáticos. Essas interações clima-infraestrutura são identificadas no contexto de resposta particular, como por exemplo, performance estrutural, impactos nas operações, perda de funcionalidade, efeitos no meio ambiente, etc. De acordo com o protocolo, para se estabelecer o risco climático é necessária a definição da probabilidade de ocorrência do evento climático e a severidade com que esse evento impacta na infraestrutura:

- **Classificação de probabilidade:** Classificação que representa a probabilidade de ocorrência de um evento climático acima de um limite, podendo variar de 0 (não aplicável) até 5 (altamente provável que acontecerá o evento);
- **Classificação de severidade:** Classificação dos impactos nos componentes da infraestrutura se o evento climático ocorrer, variando de 0 (sem impacto) até 5 (completa falha).

Os riscos são avaliados sobre as condições climáticas atuais para estabelecer uma linha de base (baseline), e os riscos futuros são avaliados considerando futuras mudanças no clima (projeções) e as condições projetadas da própria infraestrutura. As interações identificadas são avaliadas com base nas análises da equipe técnica.

Na aplicação do protocolo PIEVC, o processo de avaliação não requer que todas as interações sejam objeto de maiores detalhamentos. Aquelas que não obtiverem interação clima-infraestrutura, não serão consideradas, por estarem fora de risco. Outras poderão ser identificadas como de alto risco e precisarão de ação imediata.

As interações que não apresentam uma clara resposta relacionada a vulnerabilidade poderá ser sujeita a uma análise mais detalhada, podendo passar por uma análise de Engenharia (passo 4 do protocolo) ou recomendada para estudos adicionais após a avaliação.

### 3.4 :: Passo 4 Análise de Engenharia (opcional)

O passo 4 não foi realizado no contexto deste projeto. Entretanto, esta etapa visa avaliações adicionais e estudos que normalmente incluiriam análises mais aprofundadas como, por exemplo:

1. Interações que requerem dados adicionais que não podem ser adquiridos dentro do cronograma da avaliação de risco atual;
2. Avaliação de eventos climáticos que contribuem especificamente para um risco elevado da infraestrutura, na qual o profissional e/ou o proprietário da infraestrutura determinam que uma melhor compreensão dos fatores que contribuem para o evento pode ajudar a resolver os riscos identificados;
3. Áreas nas quais padrões de risco identificados poderiam ser resolvidos através do desenvolvimento ou adaptação de códigos, normas, diretrizes, procedimentos, etc.;
4. Interações de Casos Especiais que requerem melhor definição e que não podem ser resolvidas dentro do orçamento e/ou do cronograma da presente avaliação;
5. Outras questões consideradas apropriadas pelo profissional.

### 3.5 :: Passo 5 **Conclusões e Recomendações**

Os resultados dos passos anteriores do protocolo são utilizados para prover recomendações para gestão dos riscos que geralmente podem ser definidas em cinco categorias principais:

1. Não é necessária nenhuma ação adicional;
2. Ações corretivas necessárias para mitigar riscos de performance na infraestrutura, tipicamente melhorias e soluções de engenharia;
3. Ações administrativas requeridas para ajustar mudanças na performance da infraestrutura, por exemplo, modificar procedimentos de operações e manutenção devido a variações nos padrões de precipitação no inverno;
4. Monitoramento das atividades, por exemplo, a performance da infraestrutura ou análise de dados climáticos para validar projeções;
5. Trabalho adicional requerido para preencher lacunas de disponibilidade e qualidade de dados.

## 4 :: **Objetivos**

### 4.1 :: **Escopo do projeto**

O escopo de estudo foi sendo desenvolvido durante a realização de várias oficinas temáticas, onde as definições do projeto foram pactuadas de maneira participativa. O escopo de estudo final compreendeu:

1. Apresentar o Protocolo PIEVC como uma ferramenta de gerenciamento de risco climático para o Porto de Itajaí;
2. Definir quais infraestruturas portuárias seriam analisadas no âmbito do estudo;
3. Identificar as ameaças climáticas atuais e futuras relacionadas as infraestruturas selecionadas;
4. Levantar os riscos climáticos para as infraestruturas pré-selecionadas;
5. Identificar possíveis recomendações e medidas de adaptação sobre redução de riscos para os ativos e serviços de maior consequência.

### 4.2 :: **Etapas do projeto**

O projeto CSI teve início em Santa Catarina em fevereiro de 2018 e as atividades referentes à análise de risco começaram a partir de abril de 2018 (Tabela 2) com uma equipe composta por uma variada gama de instituições (Tabela 3).

LINHA DO TEMPO	
<b>Fevereiro de 2018</b>	Lançamento do projeto CSI em Santa Catarina
<b>Abril de 2018</b>	Ampliação dos serviços climáticos para investimento em infraestrutura em Santa Catarina
<b>Setembro de 2018</b>	Avaliação dos Impactos e Riscos da Mudança Climática em Infraestrutura: provedores de informações climáticas e setores das infraestruturas selecionadas
<b>Junho de 2019</b>	Introdução à metodologia PIEVC
<b>Setembro de 2019</b>	Estruturação das informações da Matriz de Análise de Riscos Climáticos
<b>Novembro de 2019</b>	Estruturação do relatório; Revisão de escalas e priorização da infraestrutura
<b>Dezembro de 2019</b>	Determinação da escala financeira; Descrição das infraestruturas selecionadas; Descrição detalhada dos riscos
<b>Janeiro de 2020</b>	Medidas de adaptação
<b>Fevereiro de 2020</b>	Medidas de adaptação
<b>Março de 2020</b>	Relatório final

**Tabela 2:** Linha do tempo de atividades conduzidas no âmbito da aplicação da metodologia PIEVC.

EQUIPE	
<b>Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)</b>	<b>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais</b>
Michael Scholze	Chou Sin Chan
Eduarda Freitas	Nicole Resende
Pablo Borges	Priscila Tavares
Benjamin Hodick	Lincoln Alves
Niklas Baumert	<b>EPAGRI/CIRAM</b>
<b>Ministério do Meio Ambiente</b>	Maria Laura Rodrigues
Adriana Brito da Silva	<b>STANTEC</b>
Jaqueline Leal Madruga	Otávio Sayao
<b>Porto de Itajaí</b>	Guy Félío
Heder Cassiano Moritz	Vladimir Naranjo
Médelin Pitrez dos Santos	<b>Consultores</b>
Amarildo Madeira	Cleiton Jardeweski
Marcia Vernasqui	<b>Universidade Federal de Santa Catarina</b>
Ricardo José Pogakski de Amorim	Francisco Veiga Lima
Guilherme Malimpensa Knoll	Pedro Luiz Borges Chaffe
Joelcir Zatta	Paula Gomes
Fábio da Veiga	<b>Secretaria de Estado da Defesa Civil de SC</b>
Marcelo Werner Salles	Frederico Rudorff
<b>Universidade do Vale do Itajaí</b>	Flávio Victoria
Gustavo Natorf	<b>Acquaplan</b>
Jurandir Pereira Filho	Carlos Henrique Bughi
Mauro Michelena Andrade	Emílio Marcelo Dolichney

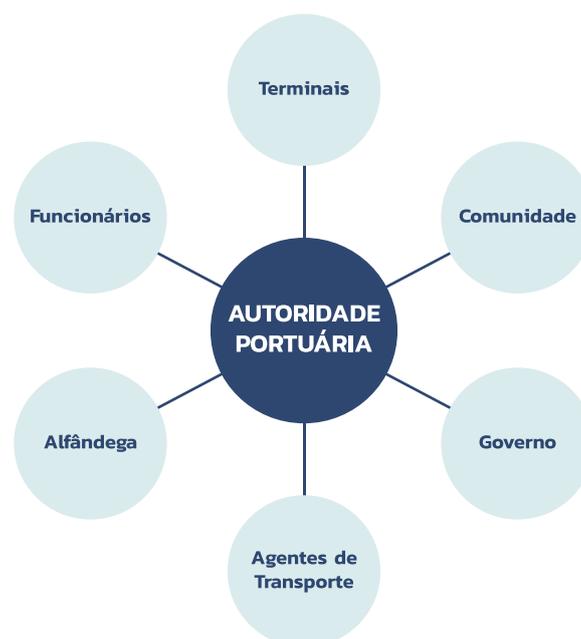
**Tabela 3:** Equipe.

### 4.3 :: Considerações e Limites Metodológicos

Uma das limitações do projeto foram as escassas referências e estudos específicos de estruturas portuárias e das mudanças climáticas no Brasil (PBMC, 2014). Este fato enaltece uma espécie de ineditismo para este trabalho, ao mesmo tempo novas complementações e aprendizados futuros serão importantes para o setor replicar este tipo de análise na costa brasileira. Muitas considerações acerca dos riscos, da infraestrutura, das análises e, principalmente, da gestão e do planejamento portuário foram realizadas pela primeira vez no âmbito do protocolo PIEVC e essas lições aprendidas fornecerão diretrizes estratégicas para o setor como um todo.

Embora o investimento em infraestrutura, o custo, a eficiência e a qualidade do serviço sejam reconhecidas como principais impulsionadores do desempenho de um porto, a governança é outro fator importante que deve ser entendido. A governança é um conjunto complexo de instituições e atores que transcendem a estrutura governamental. No caso de um porto, entender seu contexto é especialmente útil para analisar um sistema portuário que engloba forças complexas de configurações de estruturas administrativas e sistemas políticos de regiões ou cidades específicas (Wang & Slack, 2004). Isso implica que as políticas e atividades portuárias, muitas vezes, não sejam formuladas e executadas monoliticamente, mas uma consequência das interações entre todas as forças de poder (Lam et al, 2013).

No caso brasileiro podemos inferir que, essa governança portuária, é uma atividade extremamente complexa, tanto do ponto de vista legal como operacional, uma vez que existe uma série de atores sociais interrelacionados em praticamente todas as atividades portuárias (Figura 5). Esta característica realça as dificuldades da gestão portuária em relação a outros setores econômicos, uma vez que as decisões tomadas precisam considerar e correlacionar processos, riscos, responsabilidades, vulnerabilidades, impactos e implicações, portanto requerem cautela, grande conhecimento e aprendizado dos seus gestores.



**Figura 5:** Componentes e atores da governança portuária.

Outro ponto importante foi que muitos dos estudos climáticos correlacionados aos riscos da infraestrutura portuária são inéditos ou ainda não possuíam análises dentro dos recortes e escalas necessárias para se avaliar as ameaças apropriadamente. Cabe citar que não foi possível analisar todos os riscos climáticos selecionados e seus impactos sobre a infraestrutura, contudo um dos aspectos do projeto é que as instituições possam aplicar a metodologia de acordo com suas necessidades e revisar seus riscos e prioridades em seus contextos específicos periodicamente.

Do ponto de vista da metodologia e participação da equipe do Porto de Itajaí, não havia uma pessoa exclusiva com tempo disponível para realizar as análises e aglutinar as informações essenciais do projeto. Devido a isto foi contratado um consultor externo para consolidar essas informações.

## 5 :: Definições de Projeto

O processo de aplicação da metodologia PIEVC, liderado pela equipe da GIZ, em parceria com o Porto de Itajaí necessitou da realização de uma série de nove oficinas de trabalho e reuniões ao longo dos anos de 2018 e 2019. Participaram desta parceria a equipe de meteorologistas do INPE, a equipe da EPAGRI/CIRAM, a equipe do MMA, Defesa Civil do estado de Santa Catarina, a consultoria externa do Engenheiros do Canadá – representados pela empresa Stantec e consultores contratados pelo projeto.



**Figura 6:** Atividades desenvolvidas durante as oficinas e reuniões do projeto.

Durante as oficinas realizadas entre setembro de 2019 e novembro de 2019 foram estabelecidos as infraestruturas e os serviços climáticos a serem avaliados na matriz de riscos do PIEVC.

De acordo com a equipe do Porto de Itajaí e ao histórico de eventos climáticos extremos ocorridos na região (Tabela 4), existe uma priorização dos riscos climáticos e hidrológicos, a serem considerados na seguinte ordem crescente:

1. Enchentes
2. Fortes Correntezas
3. Assoreamento
4. Ondas e Ressacas
5. Ventos Fortes
6. Neblina
7. Elevação do Nível do Mar

RISCO	PRIORIDADE	DESCRIÇÃO
<b>Enchentes</b>	1	Risco decorrente de forte precipitação nas bacias hidrográficas a montante, ocasionando inundações
<b>Fortes Correntezas</b>	2	Risco decorrente de forte precipitação nas bacias hidrográficas a montante, acelerando a correnteza do rio/estuário
<b>Assoreamento</b>	3	Risco decorrente da deposição natural de sedimentos
<b>Ondas e Ressacas</b>	4	Risco decorrente da entrada de frentes de leste e sul
<b>Ventos Fortes</b>	5	Risco decorrente de fortes rajadas de ventos
<b>Neblina</b>	6	Risco decorrente da perda de visibilidade ocasionada pela neblina
<b>Elevação do Nível do Mar</b>	7	Risco decorrente da elevação do nível do mar

**Tabela 4:** Identificação e priorização dos Eventos Climáticos e Hidrológicos que impactam o Porto de Itajaí.

Os dois principais riscos, enchentes e fortes correntezas estão associados a precipitações extremas ocorridas nas bacias hidrográficas à montante de Itajaí, ou seja, geralmente esses eventos ocorrem de maneira associada, podendo sobrepor seus impactos negativos sobre a infraestrutura portuária.

Segundo a EPAGRI a região do vale do Itajaí apresenta climatologia com maior média mensal de chuva do estado de Santa Catarina, onde os meses de janeiro e fevereiro são os mais significativos (Oliveira, 2019). Verifica-se quatro casos meteorológicos que resultaram em enchentes no vale do Itajaí:

- I. Julho de 1983: atribuído ao jato subtropical persistente e mais intenso no sul do Brasil, levando a intensificação de sistemas frontais na região do vale do Itajaí. Não há evidências de influência de El Niño.
- II. Novembro de 2008: chuva acumulada no mês na ordem de 600-1000 mm. Bateu o recorde de chuva mensal e acumulada em 24 horas. O evento é atribuído a circulação de leste/nordeste em baixos níveis no Litoral e ciclone em médios níveis intensificando a chuva. Combinado com chuvas nos meses anteriores e elevação do nível do mar devido a persistências de ventos de leste (30km/h).

- III.** Setembro de 2011: chuva acumulada no mês na ordem de 250-300 mm. A chuva persistente do tipo estratiforme causou muitos danos e prejuízos. O evento é atribuído a uma frente semi-estacionária entre SC e PR e a manutenção da corrente de jato subtropical.
- IV.** Junho de 2014: chuva acumulada no mês na ordem de 300-400 mm. Estado de alerta em Blumenau. Evento meteorológico similar ao de setembro de 2011, atribuído a uma frente semi-estacionária e a manutenção da corrente de jato subtropical.

No caso do assoreamento, que consiste na deposição de sedimentos no leito do rio, observa-se um efeito crônico sobre a infraestrutura, uma vez que os canais de navegação são constantemente afetados por esse fenômeno sedimentar e dragagens periódicas e constantes são necessárias para manter a navegabilidade do Porto de Itajaí. Os eventos de ondas e ressacas são fenômenos decorrentes da entrada de frentes de leste e sul que afetam a navegação e as operações de embarque e desembarque de cargas nos leitos de atracação do porto. Os ventos fortes são fenômenos climáticos quando a velocidade supera 40 km/hora, afetando as operações de içamento e carregamento dos navios (Oliveira, 2019).

A neblina é um fenômeno associado a perda da visibilidade ocasionada pela condensação da água evaporada, e pode afetar as operações de embarque e desembarque, além de afetar o trânsito das embarcações na região do porto. A elevação do nível do mar é o aumento do nível da água devido ao aquecimento global e ao decorrente derretimento das grandes massas de gelo continentais. Estes dois últimos fenômenos não foram aprofundados pelo presente projeto.

As infraestruturas portuárias também foram definidas pela equipe do Porto de Itajaí, sendo subdividida em dois tipos básicos: os acessos aquaviários e a infraestrutura portuária propriamente dita. O acesso aquaviário consiste no conjunto do canal externo, canal interno, bacia de evolução, a sinalização náutica e os molhes. A infraestrutura portuária consiste nos berços de atracação, pátio de armazenamento, armazéns e equipamentos de içamento. Estas estruturas foram descritas e caracterizadas pela equipe do Porto de Itajaí. As tabelas a seguir apresentam essas características (Tabela 5 e Tabela 6).

Os dados e informações sobre as infraestruturas foram coletados através da equipe do Porto de Itajaí pela compilação de dados e informações sobre dimensões, capacidades, custos construtivos, custos de manutenção, ciclo de vida, seguro, histórico de impactos decorridos de eventos climáticos, adaptações contra emergências e riscos climáticos, e gastos decorrentes de impactos climáticos.

As tabelas abaixo descrevem pormenorizadamente as características das infraestruturas selecionadas pela equipe do Porto de Itajaí em relação aos custos, ciclo de vida, existência de seguro, histórico de impactos, adaptações e gastos decorrentes de eventos climáticos (Tabela 7 e Tabela 8).

COMPONENTES DA INFRAESTRUTURA		DESCRIÇÃO	DIMENSÕES (APROX.)	CAPACIDADE
Acesso Aquaviário	Canal externo	Canal localizado após a foz e molhes do Rio Itajaí-Açu, formado e mantido pelas dragagens de manutenção	Compr. = 5.760,00m; Larg. = 190,00m e Prof. = 14,00m	Navios com até 350m de Loa
	Canal interno	Canal localizado na porção interior do rio a partir da foz do Rio Itajaí-Açu, contido entre os molhes e as margens do rio	Compr. = 1.120,00m; Larg. Mínima = 170,00m e Prof. = 14,00m	Navios com até 350m de Loa
	Bacias de Evolução	Porção mais larga e profunda do rio para realização de manobras com os navios	02 Bacias: Diâmetros: 400 e 500m e Prof. = 14,00m	Navios com até 350m de Loa
	Sinalização Náutica	Dispositivos de sinalização, localizados sobre as infraestruturas ou fixados nos corpos de água (rio e foz)	Extensão de 9.420,00m	Navios com até 350m de Loa
	Molhes	Estruturas de rocha construídas para proteção das manobras dos navios e estabilização das margens do rio	Molhes e Guias Correntes: extensão 3.100,00m	Navios com até 350m de Loa

Tabela 5: Características das infraestruturas do acesso aquaviário do Porto de Itajaí (dimensão e capacidade).

COMPONENTES DA INFRAESTRUTURA		DESCRIÇÃO	DIMENSÕES (APROX.)	CAPACIDADE
Infraestrutura Portuária	Berços	Locais de atracação e operação dos navios para carga e descarga	Extensão total: 1047,30m	5,00 Tf/m <sup>2</sup>
	Pátios de Armazenamento	Espaços logísticos de armazenamento	182.168,44m <sup>2</sup>	14.571 TEUs
	Armazéns	Locais de armazenamento de carga	7.093,16m <sup>2</sup>	17.102 m <sup>3</sup>
	Equipamentos de Içamento	Máquinas e guindastes especializados para carregamento dos navios	02 Portêineres STS e 02 MHC ***	104 ton. MHC e 100 ton. STS

Tabela 6: Características das infraestruturas portuárias do Porto de Itajaí (dimensão e capacidade).

COMPONENTES DA INFRAESTRUTURA	Infraestrutura Portuária					
	Molhes	Sinalização Náutica	Bacias de Evolução	Canal interno	Canal externo	
CUSTOS APROXIMADOS	Custos Construtivos	R\$1.100.000.000,00	R\$2.500.000,00	R\$150.000.000,00	R\$30.000.000,00	R\$130.000.000,00
	Custos de Manutenção	R\$50.000,00/mês	R\$85.000,00/mês	R\$1.700.000,00 / mês	R\$500.000,00/mês	R\$1.000.000,00/mês
CICLO DE VIDA	200 anos	10 anos	Só requer manutenção	Só requer manutenção	Só requer manutenção	
SEGURO	Não possui	Não possui	Não possui	Não possui	Não possui	
JÁ FOI IMPACTADA POR ALGUM EVENTO CLIMÁTICO?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	
ADAPTAÇÕES CONTRA EMERGÊNCIAS/RISCOS CLIMÁTICOS	Não	Não	Não	Não	Não	
GASTOS APROXIMADOS DECORRENTES DE IMPACTOS CLIMÁTICOS	R\$20.000.000,00	Muito baixos	R\$40.000.000,00	R\$ 10.000.000,00	R\$ 20.000.000,00	

**Tabela 7:** Características das infraestruturas do acesso aquaviário do Porto de Itajaí (custos, ciclo de vida, seguro, adaptações e histórico de gastos).

COMPONENTES DA INFRAESTRUTURA	Infraestrutura Portuária				
	Berços	Pátios de Armazenamento	Armazéns	Equipamentos de Içamento	
CUSTOS APROXIMADOS	Custos Construtivos	R\$ 600.000.000,00	R\$ 550.000.000,00	R\$ 15.000.000,00	R\$ 160.000.000,00
	Custos de Manutenção	R\$ 100.000,00 / mês	R\$ 100.000,00 / mês	R\$ 10.000,00 / mês	R\$ 260.000,00 / mês
CICLO DE VIDA	100 anos	Só requer manutenção	50 anos	STS 20 anos MHC 10 anos	
SEGURO	Parcial	Parcial	Parcial	Parcial	
JÁ FOI IMPACTADA POR ALGUM EVENTO CLIMÁTICO?	Sim	Sim	Sim	Sim	
ADAPTAÇÕES CONTRA EMERGÊNCIAS/RISCOS CLIMÁTICOS	Sim (cortinas de estacas prancha)	Sim (cortinas de estacas prancha nos berços)	Sim (cortinas de estacas prancha nos berços)	C/ ventos superiores a 42 m/s, paralisa a operação e possui dispositivo para resgate em altura	
GASTOS APROXIMADOS DECORRENTES DE IMPACTOS CLIMÁTICOS	R\$ 380.000.000,00	R\$ 5.000.000,00	R\$ 500.000,00	Não	

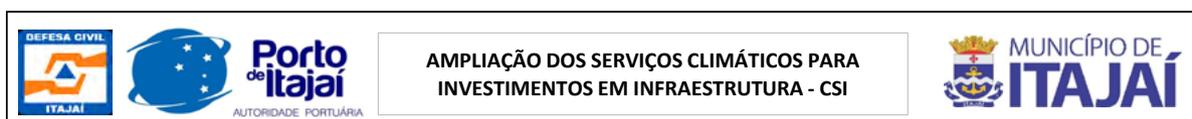
**Tabela 8:** Características das infraestruturas portuárias de Itajaí (custos, ciclo de vida, seguro, adaptações e histórico de gastos).

Verificam-se diferenças nas características das infraestruturas, quando comparamos o acesso aquaviário e a infraestrutura portuária. Isso deve-se ao propósito e a natureza construtiva destes elementos e seus custos decorrentes, sejam de manutenção ou construção. Observa-se que os custos construtivos são elevados, principalmente as estruturas dos canais aquaviários, chegando a valores acima de R\$ 1 bilhão de reais no caso dos molhes. O mesmo vale para os valores de manutenção onde destaca-se os custos relativos à dragagem de manutenção dos canais de navegação e bacia de evolução, apresentando valores acima de R\$ 500.000,00 mensais. Quando observamos os ciclos de vida, a existência de seguro e o histórico de impactos de eventos climáticos, esse padrão fica um pouco mais claro. Apenas os equipamentos de içamento não foram afetados por eventos climáticos até o presente momento.

## 6 :: Considerações Climáticas

### 6.1 :: Histórico

As ameaças climáticas foram avaliadas de acordo com a interação verificada no histórico de eventos extremos já ocorridos na região e confirmadas pela equipe técnica do Porto de Itajaí. Uma priorização destes eventos foi realizada, na seguinte ordem de importância: as enchentes, as fortes correntezas, os ventos fortes, as ondas e ressacas, o assoreamento e a elevação do nível do mar. O quadro a seguir apresenta uma compilação de informações básicas sobre esses fenômenos realizado pela equipe do Porto de Itajaí e a Defesa Civil do município para o projeto CSI (Figura 7).



PAINEL DAS PRIORIZAÇÕES DOS EVENTOS QUE AFETAM O PORTO DE ITAJAÍ					
PRIORIDADE*	CAUSA PROVÁVEL	PERÍODO DE VALIDAÇÃO	DATA DE OCORRÊNCIA	DADOS HIDROMETEREOLÓGICOS	OUTROS DADOS
1	Enchentes	Desde 1983, conforme dados da COMPDEC de Itajaí	jul/1983, ago/1984, out/2001, nov/2008, set/2011 e jun/2014	Nível do rio (Defesa Civil/ ANA)	vide COMPDEC
2	Forte Correnteza	A partir de 2007	2008 Operação - consultar (?)	Pluviosidade/ Nível do Rio	vide Resolução n° 06/2016/SPI
3	Assoreamento	A partir de junho de 2013 (vide quadro volumes assoreamento Hidrotopo/SPI)	jun-jul/2013, out/2013, jul/2014, nov/2014, nov/2015, mar/2016, ago/2016 e out/2016, cf. Hidrotopo/SPI	Dados da ANA (vazão, sedimentos)	vide estudos INPH e HIDROTOPO/SPI
4	Ondas/ Ressacas			Dados de Ondógrafo (DHN) Marégrafo (EPAGRI) - verificar desde quando e onde	
5	Ventos Fortes	Precisam ser melhor esclarecidos com a UNIVALI		Dados de vento e chuvas (EPAGRI) Dados de vento (est. Meteor. UNIVALI)	
6	Neblina				vide dados sobre fechamento da barra
7	Elevação do Nível do Mar				

\*NOTA: Muito embora, originalmente na 1ª Oficina em Florianópolis no dia 18/04/2018 tenha sido entendida a ordem 1. enchentes, 2. forte correnteza, 3. ventos fortes, 4. ondas/ressacas, 5. assoreamento e 6. elevação nível do mar, na segunda rodada de análise, realizada em 24/09/2018 na reunião de Itajaí, com a participação dos técnicos da Superintendência do Porto de Itajaí, houve a redefinição para a ordem acima, tendo por critério o maior prejuízo à atividade portuária.

Itajaí/SC, 24/09/2018

Figura 7: Priorização das ameaças climáticas. Fonte: Porto de Itajaí.

A equipe do Porto de Itajaí também avaliou o tamanho potencial das perdas (alta, média e baixa), das consequências das ameaças (alta, média e baixa) e a probabilidade de ocorrência (provável, possível, remota) (Tabela 9).

RISCO	PRIORIDADE	QUANTIFICAÇÃO DO RISCO		
		Tamanho do potencial das perdas	Consequências das ameaças (alta, média e baixa)	Probabilidade das ameaças (provável, possível, remota)
Enchentes	1	Alto	Alto	Possível
Fortes Correntezas	2	Alto	Alto	Possível
Assoreamento	3	Médio	Médio	Provável
Ondas e Ressacas	4	Médio	Baixo	Possível
Ventos Fortes	5	Baixo	Baixo	Possível
Neblina	6	Baixo	Baixo	Possível
Elevação do Nível do Mar	7	Baixo	Baixo	Remoto

**Tabela 9:** Avaliação qualitativa das ameaças climáticas ao Porto de Itajaí (potencial de perdas, consequências e probabilidade das ameaças).

## 6.2 :: Ameaças Climáticas

A partir desta priorização foram contratados estudos climáticos específicos sobre as ameaças associadas à infraestrutura, sendo os fenômenos de chuva intensa, vento forte, enchentes, correntezas intensas, ondas e variação do nível do mar as ameaças climáticas avaliadas no presente estudo para a região do Porto de Itajaí. Estes estudos climáticos foram realizados por uma gama de especialistas provenientes de agências e institutos de pesquisas nacionais e estaduais. Os estudos foram feitos para balizar uma escala de probabilidade de ocorrência destes fenômenos, para ser utilizada na matriz de avaliação de risco, tanto para o presente, como para o futuro. A tabela a seguir especifica as variáveis e indicadores associados aos fenômenos climáticos selecionados pelos especialistas (Tabela 10).

AMEAÇA	VARIÁVEL/INDICADOR	DESCRIÇÃO
Chuvas Fortes	FF_p95_prec	Eventos de Frentes Frias e pré-frontais com potencial de chuvas intensas e enchentes definidos através do percentil 95°
	R100mm	Número de dias no ano com chuva acima de 100 mm
Vento Forte	FF_p99_vv10m	Eventos de Frentes Frias e pré-frontais com potencial de vento forte definidos através do percentil 99
Enchentes	Vazão e nível	Valores máximos anual de vazão e nível do rio
	WT_cheias	Padrões atmosféricos associados as máximas de vazão e a eventos de ocorrência conjunta de nível do mar e vazão
Fortes Correntezas	WT_correnteza	Padrões atmosféricos associados à eventos de correnteza pós-cheia
Ondas Fortes	WT_ondas	Padrões atmosféricos associados ao fechamento da barra por onda
Elevação do Nível do mar	Nível do mar	Valor máximo anual do nível do mar

Tabela 10: Descrição das variáveis e indicadores das ameaças climáticas.

### 6.3 :: Escalas de Probabilidade

A escala de probabilidade considerou um longo período (30 anos) para avaliar a ocorrência dos fenômenos. A tabela abaixo apresenta os valores e a pontuação correspondente (Tabela 11).

ESCALA DE PROBABILIDADE			
Descrição	Valor		Pontuação
Raro	< 10%	um ou dois eventos a cada 30 anos	1
Pouco provável	10% - 17%	3 a 5 eventos a cada 30 anos	2
Provável	18% - 50%	6 a 15 eventos a cada 30 anos	3
Altamente Provável	51% - 99%	16 a 29 eventos a cada 30 anos	4
Quase certo	>= 100%	mais de 29 eventos a cada 30 anos	5

Tabela 11: Descrição da escala de probabilidade considerando o período de 30 anos.

No entanto, para muitos casos não existe histórico de 30 anos de dados coletados, desta maneira foi aplicada a seguinte equação:

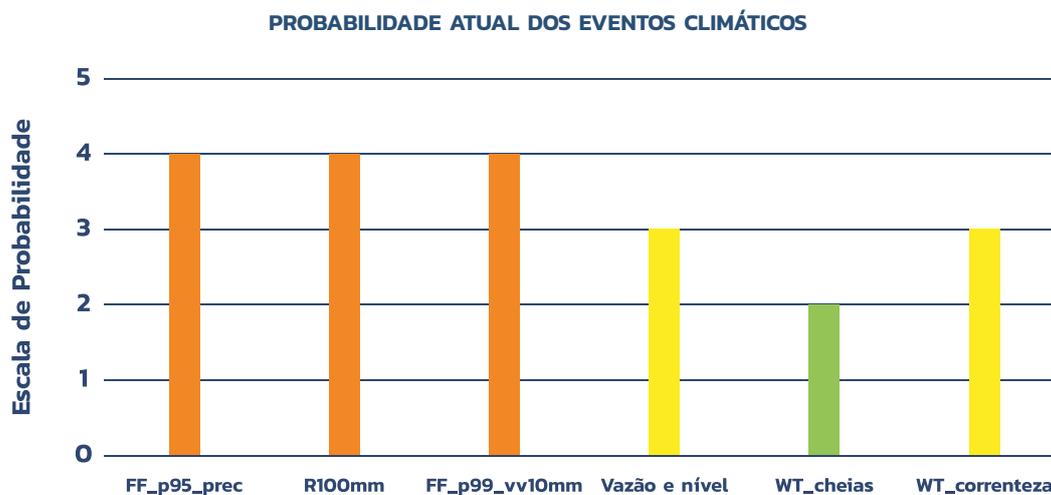
$$P(\%) = \frac{\text{Nº eventos}}{\text{Tamanho série}} * 100 \quad \text{Eq.(1)}$$

A partir das variáveis selecionadas, onde P é a probabilidade de ocorrência do evento em porcentagem (%) e N é o número de ocorrências registradas, os especialistas avaliaram o histórico das ameaças na região e analisaram os dados para estipular a escala de probabilidade de ocorrência atual. A tabela a seguir apresenta a probabilidade de ocorrência das ameaças no presente, que pode variar de 1 (raro) a 5 (quase certo) (Tabela 12).

AMEAÇA	VARIÁVEL	VARIÁVEL	
		Probabilidade	Obs
Chuva Forte	FF_p95_prec	4	8 casos em 13 anos
	R100mm	4	9 casos em 13 anos
Vento Forte	FF_p99_vv10m	4	2 eventos de vento acima de 40 km/ano. Apesar de apresentarem a mesma pontuação (=5), o período futuro apresenta maior frequência. Sendo assim, a pontuação para o clima atual foi reduzida para 4.
Enchentes	Vazão e nível	3	Nível - Brusque > 6 m (crítico) TR= 4,2 anos p=25% Nível - Blumenau > 9 m (crítico) TR= 5 anos p= 20% 10 casos de cheia desde 1983 p = 28%
	WT_cheias	2	Os padrões WT1 (7,5% dos dados) e WT2 (8% dos dados) são os mais relacionados as máximas de vazão (produto 4 UFSC). A soma desse dois WT é 15,5% = probabilidade 2 (pouco provável).
Fortes Correntezas	WT_correnteza	3	As correntezas estão associadas a períodos de pós-cheia. Quando a maré baixa e a vazão aumentam. Sendo assim a pontuação seria a mesma da WT_cheias (Probabilidade = 2). No entanto, tendo em vista que os registros mostram que houve 10 casos de cheia desde 1983 (p = 28%), decidiu-se que a pontuação de Probabilidade é 3.
Ondas Fortes	WT_ondas	4	Foram registrados 24 fechamentos de barra devido às ondas no período de 01/01/1010 a 31/12/2010, sendo que 6 deles estavam associados ao WT2. Nesta frequência, esta ameaça teria pontuação 5, no entanto, tendo em vista que no futuro estes eventos se tornarão mais frequentes, a pontuação foi reduzida para 4.

**Tabela 12:** Probabilidade de ocorrência das ameaças climáticas na atualidade.

Observa-se que, no cenário atual, os eventos climáticos relacionados à chuva intensa, vento e ondas fortes possuem alta probabilidade de ocorrência (4, altamente provável), seguido da probabilidade de ocorrência da correnteza forte e das enchentes (vazão e nível) (3, provável), com 6 a 15 eventos em 30 anos. Os eventos de cheia relacionados ao padrão atmosférico associados as máximas de vazão em conjunto com nível do mar apresentam pouca probabilidade de ocorrência (2, pouco provável), e ao avaliarmos a elevação do nível do mar na escala verifica-se baixíssima probabilidade, nem sendo considerado na avaliação corrente. A variável “nível do mar não entrou no cálculo de probabilidades devido à falta de estudos específicos para o caso de Itajaí. Essa ameaça é usada como uma evidência complementar ao possível aumento da probabilidade das cheias no futuro. (Chaffe et al. 2019a)”. O Gráfico a seguir ilustra comparativamente a probabilidade de ocorrência os eventos climáticos no cenário atual (Figura 8).



**Figura 8:** Probabilidade de ocorrência dos eventos climáticos para o cenário atual. Os índices ff\_p95\_prec e r100mm representam chuva forte; ff\_p99\_vv10m o vento forte; vazão e nível e wt\_cheias as enchentes; e wt\_correnteza as fortes correntezas. As cores das barras representam a probabilidade de ocorrência, variando entre o verde escuro (baixa probabilidade) até o vermelho (alta probabilidade).

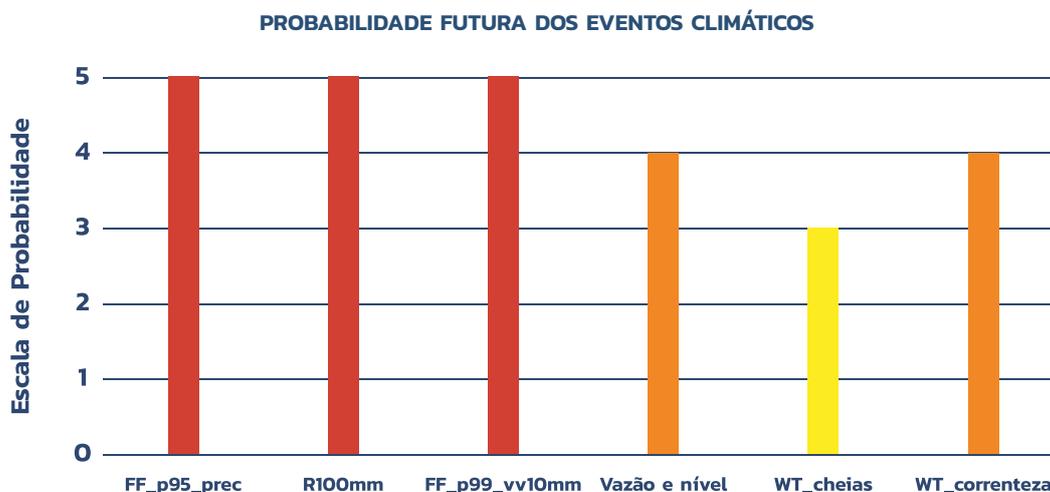
Os cenários futuros de clima são provenientes do modelo regional Eta em resolução 20x20km forçado pelos modelos globais de clima HadGEM2-ES, MIROC5 e CanESM, e resolução de 5x5km sobre Santa Catarina forçado pelo HadGEM2-ES, desenvolvido por CHOU et al., (2012) no Centro de Previsão de Tempos e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (CPTEC-INPE). As integrações do clima futuro realizadas com este modelo são baseadas nos caminhos representativos de concentração dos Gases do Efeito Estufa (GEE) e suas forçantes radiativas no clima, nomeados de *Representative Concentration Pathway* (RCP) (MOSS et al., 2010). Para este trabalho, foram considerados cenário de concentração intermediária (RCP4.5) e um de alta concentração (RCP8.5). Ver mais informações sobre os cenários de clima nos relatórios de TAVARES et al. 2019b e MEDEIROS et al. 2019.

Após os estudos e análises das ameaças climáticas realizadas pelos especialistas, foi estipulado a probabilidade de ocorrência destes fenômenos para os próximos 30 anos (aproximadamente 2050) (Tabela 13).

AMEAÇA	VARIÁVEL	FUTURA	
		Probabilidade	Obs.
Chuva Forte	FF_p95_prec	5	Maior parte dos modelos avaliados apresenta aumento da frequência de FF associadas a chuvas intensas.
	R100mm	5	Na região da bacia do Itajaí, os índices de chuvas diárias máximas acima de 100mm (R100mm) e R99p mostram sinal de aumento, com média a alta confiabilidade.
Vento Forte	FF_p99_vv10m	5	Maior parte dos modelos avaliados apresenta aumento da frequência de FF associadas a vento forte.
Enchentes	Vazão e nível	4	Na análise de frequência e de não estacionariedade mostra que para o período analisado (1979-2010) não existe evidência suficiente para o uso de modelos não estacionários, principalmente ao considerar-se a incerteza das estimativas. No entanto, pode-se observar uma possível subestimativa das cheias de projeto quando se considera a independência das ameaças de nível e vazão. Especialmente quando levado em consideração o potencial aumento do nível do mar já observado e projetado para as próximas décadas (ver nível do mar).
	WT_cheias	3	Foram apresentados os resultados das análises de probabilidade de ocorrência dos diferentes padrões atmosféricos para o período de 2010 a 2050, com base nos resultados dos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 do IPCC. O aumento na probabilidade de ocorrência do WT2 enfatiza um possível aumento das condições de risco às operações portuárias e especial atenção deve ser dada a eventos decorrentes deste tipo de condições atmosféricas.
Fortes Correntezas	WT_correnteza	4	Foram apresentados os resultados das análises de probabilidade de ocorrência dos diferentes padrões atmosféricos para o período de 2010 a 2050, com base nos resultados dos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 do IPCC. O aumento na probabilidade de ocorrência do WT2 enfatiza um possível aumento das condições de risco às operações portuárias e especial atenção deve ser dada a eventos decorrentes deste tipo de condições atmosféricas.
Ondas Fortes	WT_ondas	5	O aumento na probabilidade de ocorrência do WT2 enfatiza um possível aumento das condições de risco às operações portuárias e especial atenção deve ser dada a eventos decorrentes deste tipo de condições atmosféricas. Especialmente quando levado em consideração o potencial aumento do nível do mar já observado e projetado para as próximas décadas (ver nível do mar)

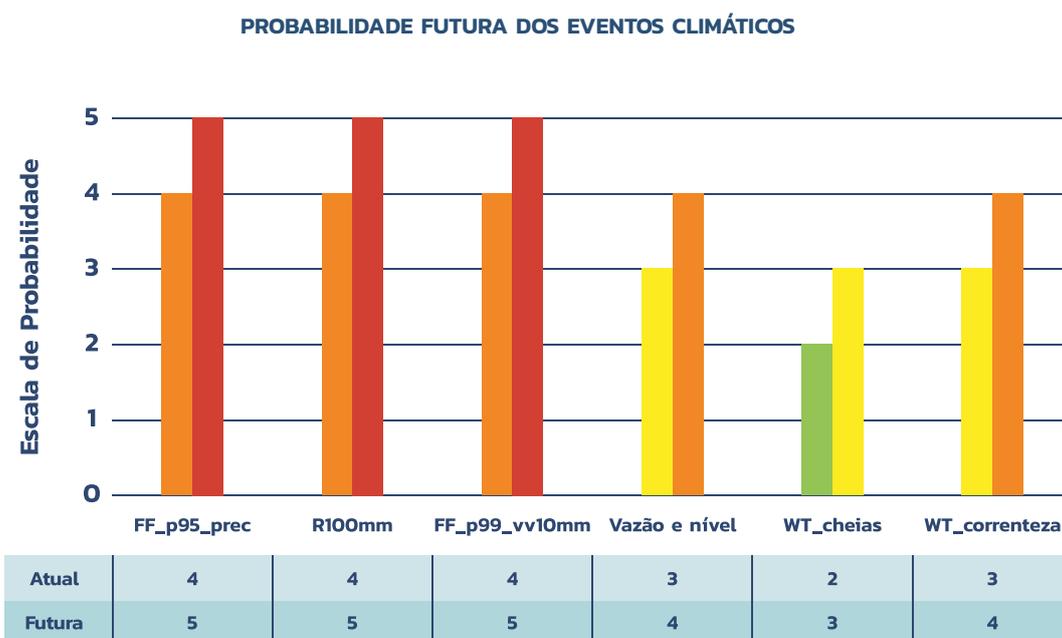
**Tabela 13:** Probabilidade de ocorrência das ameaças climáticas para o futuro.

Os eventos climáticos relacionados à fortes chuvas, vento e ondas possuem um nível quase certo de ocorrência (5), seguido da alta probabilidade de ocorrência da correnteza intensa e das enchentes (vazão e nível) (4). Os eventos de cheia relacionados ao padrão atmosférico associados as máximas de vazão apresentam provável ocorrência (2). O Gráfico a seguir ilustra comparativamente a probabilidade de ocorrência dos eventos climáticos no cenário futuro (Figura 9).



**Figura 9:** Probabilidade futura dos eventos climáticos. Os índices ff\_p95\_prec e r100mm representam chuva forte; ff\_p99\_vv10m o vento forte; vazão e nível e wt\_cheias as enchentes; e wt\_correnteza as fortes correntezas. As cores das barras representam a probabilidade de ocorrência, variando entre o verde escuro (baixa probabilidade) até o vermelho (alta probabilidade).

Observa-se que, no cenário futuro, todos os eventos climáticos aumentam em um grau sua probabilidade de ocorrência. Essas mudanças na escala de probabilidade dos eventos climáticos é um dos cerne desse de estudo, a previsão dessas mudanças estabelece um novo contexto ao planejamento do Porto de Itajaí e, conseqüentemente, suas decisões sobre as adaptações necessárias que deverão ser realizadas a fim de atenuar os riscos correlacionados a infraestrutura portuária (Figura 10).



**Figura 10:** Probabilidade atual e futura dos eventos climáticos. Os índices ff\_p95\_prec e r100mm representam chuva forte; ff\_p99\_vv10m o vento forte; vazão e nível e wt\_cheias as enchentes; e wt\_correnteza as fortes correntezas. As cores das barras representam a probabilidade de ocorrência, variando entre o verde escuro (baixa probabilidade) até o vermelho (alta probabilidade).

## 6.4 :: Escala de Robustez

Uma escala de Robustez foi desenvolvida a fim de considerar a confiabilidade das estimativas utilizadas para balizar as escalas de probabilidades de ocorrência dos fenômenos climáticos. Cabe citar que este procedimento não é contemplado pelo protocolo PIEVC (ver *Engineers of Canada*, 2016). A necessidade das estimativas do grau de confiança da informação climática, surgiu como resultado dos diálogos entre a equipe do projeto.

Durante as oficinas, identificou-se que o nível de confiança das informações é diferente para cada uma das variáveis climáticas. Isso se deve ao fato de, por exemplo, o monitoramento de rajadas de vento serem bastante limitados quando comparado a descargas atmosféricas e chuva. Ao mesmo tempo, estimativas indiretas, como Sistema Convectivo de Mesoescala (SCM) e Frente Fria Pré-Frontal (FFPF), também possuem suas limitações. Além disso, os modelos de clima conseguem captar bem sistemas meteorológicos de larga escala, mas possuem consideráveis limitações quanto as estimativas de rajada de vento próximo à superfície ou chuva extrema. Sendo assim, determinou-se critérios para a avaliação da robustez atual e futura. Para o clima atual, são 4 critérios: o tamanho da série, a densidade da rede observacional, a qualidade da metodologia de medição, e o grau de detecção da ameaça que causou o dano.

A Tabela 14 descreve os critérios e os intervalos de pontuação. A pontuação varia entre 1 e 3, sendo 1 baixo, 2 médio e 3 alto. O tamanho da série é a quantidade de anos dos dados observacionais, que pode ser de 1 a 10 anos (pontuação baixa) até maior de 20 anos (*alta*). A densidade da rede observacional representa a quantidade de estações disponíveis para toda a região do Sul do Brasil, que podem variar entre uma estação de monitoramento a cada 50 km<sup>2</sup> ou mais (pontuação *baixa*) até uma estação por 5 km<sup>2</sup> ou menos (*alta*). O mesmo é válido para dados de reanálise. A qualidade de metodologia de medição está associada ao tipo de estimativa, ou seja, se é direta (estação meteorológica), mesclada (reanálise) ou indireta (SCM como *proxy* para estimativas de ventos extremos). O grau de detecção da ameaça representa a maneira como o limiar da ameaça climática foi definido, por exemplo se o limiar foi definido através de uma análise dos registros de danos, ou apenas por sugestão do grupo de especialistas.

CRITÉRIO	PONTUAÇÃO	DESCRIÇÃO
Tamanho da série	1	1-10 anos
	2	11-20 anos
	3	> 20 anos
Raio de influência	1	Acima de 50 km
	2	5 km – 50 km
	3	Até 5 km
Qualidade da metodologia de medição	1	Indireto (SCM -> ventos fortes)
	2	Mesclado (p.ex., reanálise)
	3	Direto (medição por sensor, p.ex., estação meteorológica ou satélite)
Grau de detecção da ameaça que causou dano	1	Não foi confrontado
	2	Foi confrontado com literatura OU registros
	3	Foi confrontado com literatura E registros

**Tabela 14:** Critérios para pontuação de robustez do clima atual.

Sendo assim, calculou-se a pontuação de robustez para cada ameaça climática. Vale ressaltar que a equipe determinou que os critérios possuem o mesmo grau de relevância, ou seja, peso igual. O cálculo é feito pela média aritmética entre a pontuação dos 4 critérios. A fim de manter o padrão da pontuação de probabilidade, a pontuação de robustez foi dividida em 5 classes (Tabela 15).

INTERVALO		CLASSE
Min.	Máx.	
1	1,39	baixa
1,4	1,79	média-baixa
1,8	2,19	média
2,2	2,59	média-alta
2,6	3	alta

**Tabela 15:** Escala de pontuação de robustez após o cálculo da média entre os critérios.

O mesmo procedimento foi feito para os cenários futuros de mudanças climáticas. No entanto, por se tratar de modelagem com base em cenários, adotou-se critérios que representam a quantificação das incertezas no processo de modelagem. A consideração incompleta das incertezas pode levar a conclusões falsas (IPCC, 2013). Sendo assim, quanto maior a consideração das incertezas na formulação da informação climática futura, maior é o seu grau de robustez. Partindo dessa premissa, adotou-se os seguintes critérios: quantidade de modelos globais de clima, diversidade de cenários de forçante radiativa (RCPs), convergência do sinal da mudança, e resolução espacial.

A Tabela 16 descreve com detalhe os critérios de robustez futura e suas respectivas pontuações. A quantidade que modelos de clima expressa a necessidade de adotar um conjunto significativo de modelos (*ensemble*). O uso de apenas um modelo de clima pode levar a conclusões equivocadas, uma vez que diferentes modelos podem divergir sobre o sinal de mudança. O IPCC, (2013) recomenda fortemente o uso de um conjunto de modelos. A abordagem de conjunto de modelos auxilia na estimativa dos possíveis cenários de mudança do clima, garantindo uma maior robustez da informação. Na mesma lógica, quanto maior a diversidade de cenários de forçante radiativa, maior a robustez (STAINFORTH et al., 2007). O terceiro critério (convergência do sinal da mudança) representa a concordância entre os modelos quanto ao sinal de mudança. Seguindo a lógica da caracterização de confiança adotada no quinto relatório do IPCC (ver MASTRANDREA et al., 2011), se a maioria dos modelos concordam no sinal de mudança, o grau de robustez da mensagem sumária (p.ex., aumento de chuva) é maior. O quarto critério aborda a questão da regionalização das projeções climáticas.

Em muitos casos, a resolução grosseira dos modelos globais de clima não é suficiente para representar processos meteorológicos na escala local, recomendando assim, a aplicação de técnicas de *downscaling* (MARAUN et al., 2010). Nesse critério, quanto maior a resolução espacial, maior é a pontuação de robustez.

CRITÉRIO	PONTUAÇÃO	DESCRIÇÃO
Quantidade de modelos globais de clima	1	1 modelo
	2	2 modelos
	3	3 ou mais modelos
Diversidade de cenários de forçante radiativa (RCPs)	1	Usa-se apenas o cenário de forçante radiativa moderado (RCP4.5) ou otimista (RCP2.6)
	2	Usa-se apenas o cenário de forçante radiativa pessimista (RCP8.5)
	3	Usa-se o cenário de forçante radiativa pessimista (RCP8.5) em conjunto com outro cenário (p.ex., RCP4.5)
Convergência do sinal da mudança	1	Usa-se apenas um modelo global; ou utiliza-se apenas dois modelos globais e eles discordam; ou 50% dos modelos concordam e considera-se a média entre os modelos
	2	Mais de 75% dos modelos concordam no sinal de mudança
	3	Todos os modelos concordam no sinal de mudança
Resolução espacial	1	Maior que 20x20km
	2	20x20km
	3	Pelo menos uma projeção com resolução de 5x5km

**Tabela 16:** Critérios para pontuação de robustez dos cenários de mudança climática (futuro).

Partindo da premissa que o clima futuro é mais incerto do que o clima atual, a pontuação de robustez dos cenários de mudança climática não pode ser maior que a pontuação de robustez atual. Sendo assim, o cálculo da robustez futura é relativo à robustez atual, seguindo a equação 2.

$$R_{\text{Futuro}} = \frac{Q+D+S+E}{4} * \frac{1}{3} * R_{\text{Atual}} \quad \text{Eq.(2)}$$

O  $R_{\text{Futuro}}$  é a pontuação de robustez para os cenários futuros,  $Q$  é o critério 'quantidade de modelos globais de clima',  $D$  é o critério 'diversidade de cenários',  $S$  é o critério 'convergência do sinal da mudança', e  $E$  é o critério 'resolução espacial', e  $R_{\text{Atual}}$  é a pontuação de robustez atual definida com base na tabela (Critérios para pontuação de robustez do clima atual).

Analisando as variáveis climáticas e hidrológicas e os modelos para o presente, foi possível observar que a vazão e o nível para as enchentes apresentaram a maior robustez e o vento e a correnteza as menores, o restante das variáveis apresentaram níveis medianos (média e média-alta) (Tabela 17).

No caso das variáveis e indicadores para o futuro foi possível observar que a incerteza aumenta, ou seja, apenas os índices FF\_p95\_prec, Nível do mar e Vazão e nível apresentam robustez média, o restante das variáveis e indicadores apresentou robustez média-baixa e baixa. Isto deve-se ao fato da impossibilidade de confrontar a modelagem futura à eventos/fenômenos observáveis (Tabela 18).

AMEAÇA	VARIÁVEL/ INDICADOR	Tamanho da série		Raio de influência		Qualidade da metodologia de medição		Grau de detecção da ameaça que causou dano			Total	REFERÊNCIAS
		Valor	Obs.	Valor	Obs.	Valor	Obs.	Valor	Obs.	Valor	Robustez	
Chuva Forte	FF_p95_prec	2	13 anos	1	> 50km	3	Reanálise ERA- INTERIM e MERGE	3	Literatura e registros	2,25	média-alta	Tavares et al. 2019a
	R100mm	2	13 anos	2	25 km	3	Reanálise ERA- INTERIM e MERGE	1	Não confrontado	2,00	média	Medeiros et al. 2019
Vento Forte	FF_p99_vv10m	2	13 anos	1	> 50km	2	Reanálise ERA- INTERIM	2	Literatura	1,75	média-baixa	Tavares et al. 2019a
Enchentes	Vazão e nível	3	31 anos	2	25 km	3	Medições diretas em Blumenau e Brusque.	3	Confrontado com registros	2,75	alta	Chaffe et al. 2019a
	WT_cheias	3	31 anos	1	> 50km	1	Reanálise CFSR- NCEP. Indireto: WT -> cheias	3	Confrontado com registros de máximos de vazão	2	média	Chaffe et al. 2019b
Forte Correnteza	WT_correnteza	3	31 anos	1	> 50km	1	Reanálise CFSR- NCEP. Indireto: WT -> correnteza	1	Não confrontado	1,5	média-baixa	Chaffe et al. 2019b
Ondas Fortes	WT_ondas	3	31 anos	1	> 50km	1	Reanálise CFSR- NCEP. Indireto: WT -> ondas	3	Confrontado com registros de fechamento da barra	2	média	Chaffe et al. 2019b
Elevação do Nível do mar	Nível do mar	3	31 anos	3	Resolução espacial de 1 km	3	GOST, ROMS, GEBCO e de cartas náuticas	1	Não confrontado	2,5	média-alta	Gomes da Silva et al. 2019

Tabela 17: Síntese dos resultados da robustez para o presente.

AMEAÇA	VARIÁVEL/ INDICADOR	Quantidade de modelos globais de clima		Convergência do sinal da mudança		Diversidade de cenários RCPs		Resolução espacial		Validação do modelo de downscaling		Total	REFERÊNCIAS
		Valor	Obs.	Valor	Obs.	Valor	Obs	Valor	Obs	Valor	Valor	Robustez	
Chuva Forte	FF_p95_prec	3	HadGEM2-ES, MIROC5 e CanESM	2	Apesar de não apresentarem o mesmo sinal de mudança, todos os modelos apresentaram valores altíssimos de probabilidade no futuro	3	RCP4.5 e RCP8.5	3	3 modelos 20x20km e 1 modelo 5x5km	2,25	2,06	média	Tavares et al. 2019a
	R100mm	3	HadGEM2-ES, MIROC5 e CanESM	1	A variação no sinal da mudança confere alta incerteza nessa informação.	3	RCP4.5 e RCP8.5	3	3 modelos 20x20km e 1 modelo 5x5km	2,00	1,67	média-baixa	Medeiros et al. 2019
Vento Forte	FF_p99_vv10m	3	HadGEM2-ES, MIROC5 e CanESM	2	Apesar de não apresentarem o mesmo sinal de mudança, todos os modelos apresentaram valores altíssimos de probabilidade no futuro	2	RCP4.5 e RCP8.5	3	3 modelos 20x20km e 1 modelo 5x5km	1,75	1,60	média-baixa	Tavares et al. 2019a
Enchentes	Vazão e nível	-	Não se aplica	2	Recomenda-se analisar a influência da incerteza inerente às estimativas dos dados de vazão a partir de medições de cota (i.e., da curva-chave), e seus impactos no uso de modelos não estacionários.	3	Foram usadas apenas 2 estações fluviométricas	-	não se aplica	2,75	1,83	média	Chaffe et al. 2019a
	WT_cheias	2	HadGEM2-ES e MIROC5	2	O aumento da frequência do WT2 nos resultados do modelo HadGEM2-ES (RCP 4.5 e 8.5) e MIROC5 (RCP 4.5) pode indicar maior ocorrência de eventos de risco às operações portuárias. Uma redução clara no WT2 é verificada neste último caso (MIROC RCP 8.5).	1	RCP4.5 e RCP8.5	1	Modelos na escala global (>20km)	2	1,33	baixa	Chaffe et al. 2019b
Forte Correnteza	WT_correnteza	2	HadGEM2-ES e MIROC5	2	O aumento da frequência do WT2 nos resultados do modelo HadGEM2-ES (RCP 4.5 e 8.5) e MIROC5 (RCP 4.5) pode indicar maior ocorrência de eventos de risco às operações portuárias. Uma redução clara no WT2 é verificada neste último caso (MIROC RCP 8.5).	3	RCP4.5 e RCP8.5	1	Modelos na escala global (>20km)	1,5	1,00	baixa	Chaffe et al. 2019c
Ondas Fortes	WT_ondas	2	HadGEM2-ES e MIROC5	2	O aumento da frequência do WT2 nos resultados do modelo HadGEM2-ES (RCP 4.5 e 8.5) e MIROC5 (RCP 4.5) pode indicar maior ocorrência de eventos de risco às operações portuárias. Uma redução clara no WT2 é verificada neste último caso (MIROC RCP 8.5).	3	RCP4.5 e RCP8.5	1	Modelos na escala global (>20km)	2	1,33	baixa	Chaffe et al. 2019c
Nível do mar	Nível do mar	3	Diversos Modelos de Clima	3	Central estimates in the recent literature broadly agree that global mean sea level is likely to rise 20–30 cm by 2050	3	RCP4.5 e RCP8.5	1	Modelos Globais	2,5	2,08	média	Chaffe et al. 2019c. Kulp e Strauss 2019

Tabela 18: Síntese dos resultados da robustez para o futuro.

## 7 :: Avaliação de Risco e Vulnerabilidade

### 7.1 :: Processo do Protocolo PIEVC

O risco climático, segundo o PIEVC, é o resultado do produto entre a probabilidade de ocorrência das ameaças climáticas e as severidades estrutural e operacional. Portanto haverá resultados relacionados ao risco estrutural e outros relacionados ao risco operacional do empreendimento em análise. As pontuações de probabilidade de ocorrência dos eventos climáticos foram definidos por especialistas climáticos e validados com a equipe do projeto, já o grau de severidade estrutural e severidade operacional foram definidas ao longo de oficinas de trabalho, como supracitado, estes encontros foram fundamentais pois proporcionaram discussões, aprendizados, entendimentos dos conceitos e nivelamento das decisões acerca do projeto.

### 7.2 :: Severidade Estrutural

A Severidade Estrutural foi definida durante as oficinas e teve como parâmetros principais, aspectos de reparo, manutenção, reforma e perda das estruturas. Os aspectos foram ranqueados pela severidade e percentuais de danos às estruturas. A Tabela 19 descreve a escala de 1 (leve) a 5 (catastrófico).

As informações descritivas sobre as infraestruturas subsidiaram a criação de uma escala financeira para avaliar os possíveis impactos financeiros. Assim como na severidade operacional e estrutural, a escala foi determinada a partir das classes de variação aproximadas dos custos construtivos e de manutenção estabelecidos pela equipe do porto.

CRITÉRIOS – SEVERIDADE ESTRUTURAL		
Nível		Descrição
1	Leve	Monitoramento. Reparo/ manutenção por pessoal do porto (até 24h). Sem afetar a operação (0 a 10% da estrutura).
2	Moderado	Reparo/ manutenção por pessoal do porto ou externo (mais de 24h para reparo). Sem afetar operação (11 a 20% da estrutura).
3	Grave	Reparo/ manutenção por pessoal externo. Afetando parcialmente as atividades do porto (21 a 40% da estrutura).
4	Severo	Reparo/ reforma afetam parcialmente as atividades (41 a 70%).
5	Catastrófico	Perda total da estrutura (> 71%)

**Tabela 19:** Escala e descrição da Severidade Estrutural.

Verificou-se que os custos construtivos das infraestruturas variam entre 3 milhões e 1,1 bilhão de reais. O maior custo construtivo são os molhes e o menor a sinalização náutica. As tabelas a seguir apresentam as escalas financeiras estipuladas para avaliação da importância dos impactos financeiros de construção e a classificação correspondente entre as infraestruturas portuárias.

Nível	Descrição	
1	Leve	R\$1 a 50 milhões
2	Moderado	R\$50 a 100 milhões
3	Grave	R\$100 a 500 milhões
4	Severo	> R\$500 milhões
5	Catastrófico	> R\$1 Bilhão

**Tabela 20:** Escala de importância dos custos construtivos para o Porto de Itajaí

CUSTOS CONSTRUTIVOS (VALOR PRESENTE)			ESCALA FINANCEIRA
Acesso Aquaviário	Canal externo	R\$130.000.000,00	3
	Canal interno	R\$30.000.000,00	1
	Bacias de Evolução	R\$150.000.000,00	3
	Sinalização Náutica	R\$2.500.000,00	1
	Molhes	R\$1.100.000.000,00	5
Infraestrutura Portuária	Berços	R\$600.000.000,00	4
	Pátios de Armazenamento	R\$550.000.000,00	4
	Armazéns	R\$15.000.000,00	1
	Equipamentos de Içamento	R\$160.000.000,00	3

**Tabela 21:** resultado da classificação da infraestrutura portuária conforme a escala de custos construtivos

### 7.3 :: Severidade Operacional

A Severidade Operacional foi estabelecida também durante as oficinas e levou em consideração as possíveis interrupções ou intervenções nas operações. Estes aspectos foram ranqueados de 1 (leve) à 5 (catastrófico) de acordo com percentuais que variam de 5% de impacto sobre a operação até a parada total das atividades por mais de 10 dias (Tabela 22).

Como citado no item anterior foi possível construir uma escala financeira dos custos de manutenção, estes variam entre 10 mil a 1,7 milhão de reais mensais, e os maiores custos de manutenção são as dragagens da bacia de evolução e dos canais, e o menor são os armazéns. As tabelas a seguir apresentam as escalas financeiras estipuladas para avaliação da importância dos impactos financeiros de manutenção, e a classificação correspondente entre as infraestruturas portuárias.

CRITÉRIOS – SEVERIDADE ESTRUTURAL		
Nível		Descrição
1	Leve	Monitoramento das condições. Acompanhamento Sofre impacto operacional por reflexo de outras estruturas. Sem intervenção (pode afetar até 5% da operação)
2	Moderado	Interrupção parcial / pontual de uma atividade (pode afetar de 6 até 20% da operação).
3	Grave	Interrupção parcial de 2 ou mais atividades (pode afetar de 21 a 99% da operação).
4	Severo	Parada total das atividades por curto período (paralisação por até 10 dias).
5	Catastrófico	Parada total das atividades por longo período (paralisação por mais de 10 dias).

**Tabela 22:** Escala e descrição da severidade operacional.

Nível		R\$/mês
1	Leve	1 a 50 mi
2	Moderado	50 a 100 mil
3	Grave	100 a 500 mil
4	Severo	> 500 mil
5	Catastrófico	> 1 milhão

**Tabela 23:** Escala de importância dos custos de manutenção para o Porto de Itajaí.

CUSTOS CONSTRUTIVOS (VALOR PRESENTE)			ESCALA FINANCEIRA
Acesso Aquaviário	Canal externo	R\$1.000.000,00	5
	Canal interno	R\$500.000,00	4
	Bacias de Evolução	R\$1.700.000,00	5
	Sinalização Náutica	R\$85.000,00	2
	Molhes	R\$50.000,00	2
Infraestrutura Portuária	Berços	R\$100.000,00	3
	Pátios de Armazenamento	R\$100.000,00	3
	Armazéns	R\$10.000,00	1
	Equipamentos de Içamento	R\$260.000,00	3

**Tabela 24:** Classificação da infraestrutura portuária conforme escala de custos de manutenção.

A partir dessas escalas é possível verificar o impacto financeiro, caso eventos climáticos extremos ocorram e afetem as infraestruturas do acesso aquaviário e as infraestruturas portuárias. Cabe citar que o protocolo PIEVC não prevê uma avaliação financeira direta dos impactos, contudo a equipe do Porto considerou a importância deste tipo de análise a fim de auxiliar em decisões e planejamento futuro. A determinação dos valores dos custos de construção e manutenção adotada pela equipe, foi baseada no histórico dos valores de execução, dos equipamentos e de manutenção, trazidos para o valor presente (dezembro de 2019).

## 7.4 :: Limiares dos Riscos

A partir destas definições foram estabelecidos a matriz de risco climático e os limites de cada tipo de risco (baixo, médio, alto; Figura 11). É importante ressaltar que os limiares de risco foram definidos através de processo participativo e consensual entre os integrantes da equipe do Porto de Itajaí.

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						

**Figura 11:** Matriz de risco com os três limiares definidos: verde=risco baixo, amarelo=risco moderado, e vermelho=risco alto.

Onde:

**Risco baixo:** menor que 6

**Risco moderado:** entre 6 e 12

**Risco alto:** superior a 12

Além dos aspectos estruturais e operacionais da infraestrutura, a equipe do Porto solicitou a elaboração de uma escala financeira, a fim de estabelecer um outro parâmetro adicional para possíveis tomadas de decisão.

## 7.5 :: Resultados da probabilidade de ameaça climática

As probabilidades foram, na medida do possível, determinadas por cálculo da frequência de ocorrência das ameaças climáticas. Em alguns casos, a pontuação foi subjetiva, porém com base no consen-

so dos climatologistas. A Tabela 25 sintetiza os resultados da escala de probabilidade de ocorrência das ameaças climáticas para o presente e o futuro, além da escala de robustez correspondente.

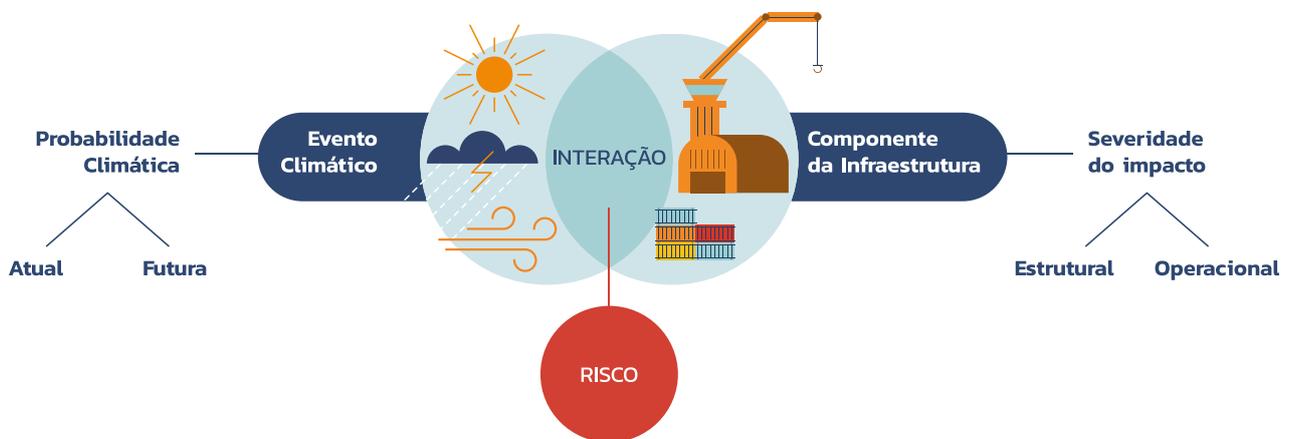
AMEAÇA VARIÁVEL	ATUAL			FUTURA		
	P.	Obs.	Robustez	P.	Obs.	Robustez
Chuva Forte FF_p95_prec	4	8 casos em 13 anos	média-alta	5	Maior parte dos modelos avaliados apresenta aumento da frequência de FF associadas a chuvas intensas.	média
	4	9 casos em 13 anos	média	5	Na região que inclui a região da bacia do Itajaí, os índices de chuvas diárias máximas acima de 100mm (R100mm) e R99p mostram sinal de aumento, com média a alta confiabilidade (Medeiros, 2019)	média-baixa
Vento Intenso FF_p99_vv10m	4	2 eventos de vento acima de 40 km/ano. Apesar de apresentarem a mesma pontuação (=5), o período futuro apresenta maior frequência. Sendo assim, a pontuação para o clima atual foi reduzida para 4.	média-baixa	5	Maior parte dos modelos avaliados apresenta aumento da frequência de FF associadas a vento forte.	média-baixa
Enchente Vazão e nível	3	Nível - Brusque > 6m (crítico) -> TR= 4,2 anos p=25% - Blumenau > 9m (crítico) -> TR= 5 anos p= 20% 10 casos de cheia desde 1983 p= 28%	alta	4	Na análise de frequência e de não estacionariedade mostra que para o período analisado (1979-2010) não existe evidência suficiente para o uso de modelos não estacionários, principalmente ao considerar-se a incerteza das estimativas (Chaffe et al, 2019a). No entanto, pode-se observar uma possível subestimativa das cheias de projeto quando se considera a independência das ameaças de nível e vazão. Especialmente quando levado em consideração o potencial aumento do nível do mar já observado e projetado para as próximas décadas (ver nível do mar)	média
	2	Os padrões WT1 (7,5% dos dados) e WT2 (8% dos dados) são os mais relacionados as máximas de vazão (produto 4 UFSC). A soma desse dois WT é 15,5% = probabilidade 2 (pouco provável).	média	3	foram apresentados os resultados das análises de probabilidade de ocorrência dos diferentes padrões atmosféricos para o período de 2010 a 2050, com base nos resultados dos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 do IPCC. O aumento na probabilidade de ocorrência do WT2 enfatiza um possível aumento das condições de risco às operações portuárias e especial atenção deve ser dada a eventos decorrentes deste tipo de condições atmosféricas.	baixa
Forte Correnteza WT_correnteza	3	As correntezas estão associadas a períodos de pós-cheia. Quando a maré baixa e a vazão aumentam. Sendo assim a pontuação seria a mesma da WT_cheias (Probabilidade = 2). No entanto, tendo em vista que os registros mostram que houveram 10 casos de cheia desde 1983 (p = 28%), decidiu-se que a pontuação de Probabilidade é 3	média-baixa	4	Foram apresentados os resultados das análises de probabilidade de ocorrência dos diferentes padrões atmosféricos para o período de 2010 a 2050, com base nos resultados dos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 do IPCC. O aumento na probabilidade de ocorrência do WT2 enfatiza um possível aumento das condições de risco às operações portuárias e especial atenção deve ser dada a eventos decorrentes deste tipo de condições atmosféricas.	baixa
Ondas WT_ondas	4	Foram registrados 24 fechamentos de barra devido a ondas no período de 01/01/1010 a 31/12/2010, sendo que 6 deles estavam associados ao WT2 (produto 5 UFSC). Nesta frequência, esta ameaça teria pontuação 5, no entanto, tendo em vista que no futuro estes eventos se tornarão mais frequentes, a pontuação foi reduzida para 4	média	5	O aumento na probabilidade de ocorrência do WT2 enfatiza um possível aumento das condições de risco às operações portuárias e especial atenção deve ser dada a eventos decorrentes deste tipo de condições atmosféricas. Especialmente quando levado em consideração o potencial aumento do nível do mar já observado e projetado para as próximas décadas (ver nível do mar)	baixa
Nível do mar Nível do mar	n.a.	Tempo de Retorno 50 anos = 0,61m	média-alta	n.a.	Na zona de Santa Catarina, se estima que em 2050 o nível médio do mar estará 0.2 m acima do nível atual no caso do cenário RCP 4.5, e 0.3m acima do nível atual, para as condições do RCP 8.5. Uma análise de tendência das máximas anuais mostrou uma tendência de aumento e estatisticamente significativa	média

Tabela 25: Síntese atual e futura das probabilidades de ocorrência de eventos climáticos e hidrológicos.

## 7.6 :: Avaliação de Risco

### Processo de Avaliação de Risco

O primeiro passo para a realização da análise de risco é a avaliação da interação entre os componentes da infraestrutura e os eventos climáticos. Este diagnóstico refere-se à análise de exposição da infraestrutura à ameaça climática. No caso da existência de interação, o grupo de trabalho identifica as considerações de performance da severidade estrutural e operacional daquele evento nos componentes da infraestrutura. A Figura 12 ilustra o processo do PIEVC.



**Figura 12:** Processo para estabelecer o risco climático sobre a infraestrutura.

Durante as oficinas de trabalho foi demonstrado como devem ser feitas as análises das interações de cada componente da infraestrutura com cada ameaça climática (Tabela 26). Uma vez identificada a interação e definida a pontuação para a probabilidade de ocorrência do evento climático (atual e futura) e a pontuação para a severidade, tanto estrutural como operacional, chega-se ao valor do risco (atual e futuro). Com a informação da pontuação do risco é possível identificá-lo na matriz e classificar seu limiar (baixo, médio ou alto).

Avaliando a interação dos componentes de infraestrutura e ameaças climáticas podemos observar que a maioria possui interação, no caso do vento, os berços e molhes não possuem interação, este último não possui interação estrutural. E as ondas não interagem com a infraestrutura portuária, influenciando apenas os componentes do acesso aquaviário.

AVALIAÇÃO DA INTERAÇÃO: SIM / NÃO						
Infraestrutura		Ameaça Climática/Hidrológica				
		Chuva Intensa	Vento Forte	Enchente	Forte Correnteza	Ondas
Acesso aquaviário	Canal externo	S	S	S	S	S
	Canal interno	S	S	S	S	S
	Bacia de evolução	S	S	S	S	S
	Sinalização náutica	S	S	S	S	S
	Molhes	S	N	S	S	S
Infraestrutura portuária	Berço	S	N	S	S	N
	Pátio de armazenamento	S	S	S	S	N
	Armazéns	S	S	S	S	N
	Equipamentos de içamento	S	S	S	N	N

Tabela 26: Interação dos componentes estruturais com as ameaças climáticas e hidrológicas (S=SIM, N=NÃO).

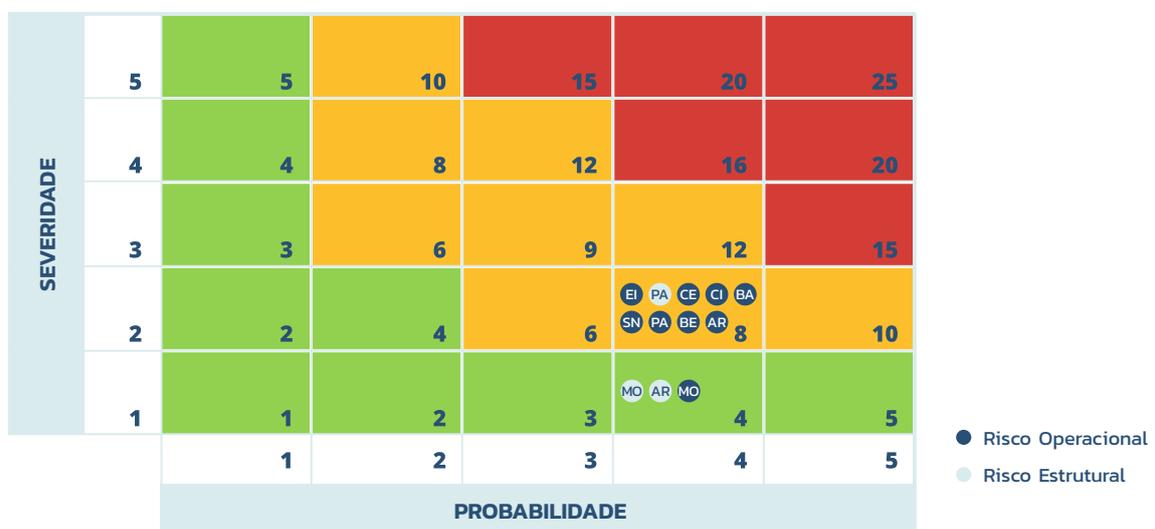
Após avaliado a interação, a severidade dos impactos sobre as infraestruturas foi analisada caso a caso nos possíveis eventos climáticos elencados, tanto do ponto de vista operacional como estrutural. A partir da severidade, obteve-se o nível do risco multiplicando pelo valor da escala de probabilidade estabelecida pelos especialistas climáticos. Inicialmente a avaliação foi realizada para o presente, baseado no histórico e experiência da equipe e, posteriormente, para o futuro, mantendo-se o nível de severidade, mas com o novo valor futuro da probabilidade de ocorrência do evento climático estabelecido pelos estudos de projeção climática correspondentes. As tabelas a seguir apresentam os resultados dessa avaliação realizada pela equipe do projeto durante as oficinas.

EVENTO CLIMÁTICO 1: CHUVA INTENSA					
Infraestrutura	Probabilidade do evento (0 a 5) P = 4				
	Exposição (Interação)	Severidade do Impacto (Consequência) (0 a 5)		Risco Presente	
Acesso aquaviário	S/N	S(E)	S(O)	R(E)	R(O)
Canal externo	S	-	2	0	8
Canal interno	S	-	2	0	8
Bacia de evolução	S	-	2	0	8
Sinalização náutica	S	-	2	0	8
Molhes	S	1	1	4	4
Infraestrutura portuária					
Berço	S	-	2	0	8
Pátio de armazenamento	S	2	2	8	8
Armazéns	S	1	2	4	8
Equipamentos de içamento	S	-	2	0	8

Tabela 27: Resultados da avaliação de risco atual das infraestruturas para eventos de chuva intensa.

Nos eventos relacionados às chuvas fortes (probabilidade = 4, altamente provável) observa-se impactos operacionais principalmente, mas alguns impactos estruturais também ocorrem, tais como impactos sobre os pátios de armazenamento, armazéns e os molhes. Os resultados dos limiares de risco ficaram entre baixo e moderado, sendo estes últimos ocorrendo basicamente sobre a operação e também no impacto estrutural dos pátios de armazenamento. O restante dos riscos foi baixo.

A Figura 13 sintetiza graficamente a mesma tabela supracitada, apresentando o posicionamento dos riscos operacionais (em preto) e os riscos estruturais (em azul) em relação a severidade e a probabilidade climática atual de chuvas fortes.



**Figura 13:** Matriz de Risco Atual relacionado a eventos de chuvas fortes e às infraestruturas portuárias (Canal Externo=CE, Canal Interno=CI, Bacia de Evolução=BA, Sinalização Náutica=SN, Molhes=MO, Berços=BE, Pátio de Armazenamento=PA, Armazéns=AR e Equipamentos de Içamento=EI).

Os impactos principais nos eventos de ventos fortes (probabilidade = 4, altamente provável) estão relacionados aos equipamentos de içamento, apresentando alto limiar de risco estrutural e risco moderado para o operacional. As infraestruturas restantes apresentaram risco baixo e moderado. Novamente os riscos da parte operacional são maiores. Do ponto de vista estrutural, os armazéns, os pátios de armazenamento e a sinalização náutica também apresentam riscos. Os molhes foram a única infraestrutura a não apresentar nenhum tipo de risco relacionado aos ventos.

A Figura 14 sintetiza graficamente a Tabela 28, apresentando o posicionamento dos riscos operacionais (em preto) e os riscos estruturais (em azul) em relação a severidade e a probabilidade climática atual dos ventos fortes.

EVENTO CLIMÁTICO 2: VENTO FORTE					
Infraestrutura	Probabilidade do evento (0 a 5) P = 4				
	Exposição (Interação)	Severidade do Impacto (Consequência) (0 a 5)		Risco Presente	
Acesso aquaviário	S/N	S(E)	S(O)	R(E)	R(O)
Canal externo	S	-	2	0	8
Canal interno	S	-	2	0	8
Bacia de evolução	S	-	2	0	8
Sinalização náutica	S	1	2	4	8
Molhes	N	-	-	0	0
Infraestrutura portuária					
Berço	S	-	2	0	8
Pátio de armazenamento	S	1	2	4	8
Armazéns	S	2	2	8	8
Equipamentos de içamento	S	4	3	16	12

Tabela 28: Risco Atual para eventos de Vento Forte.

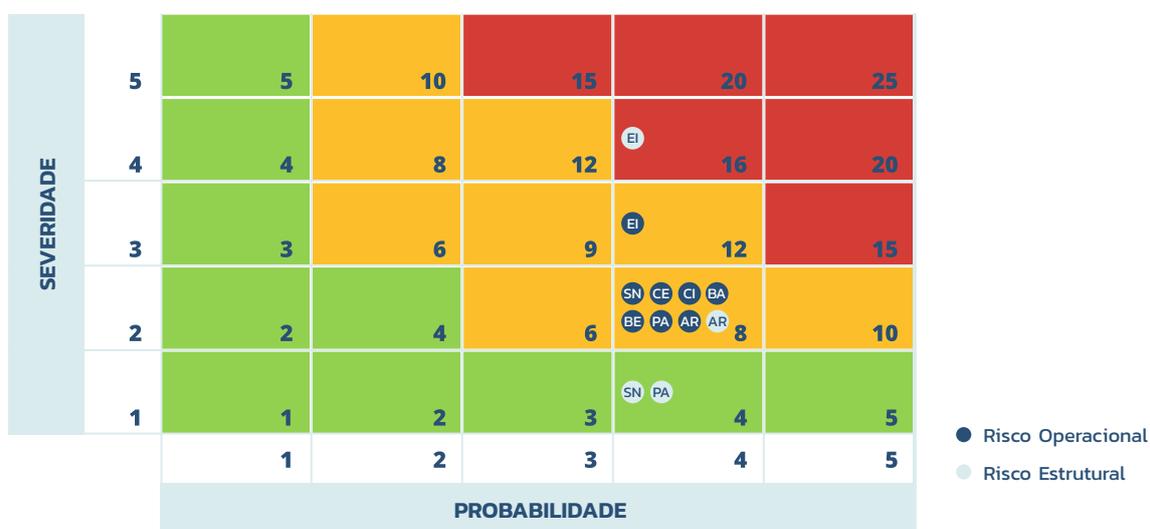


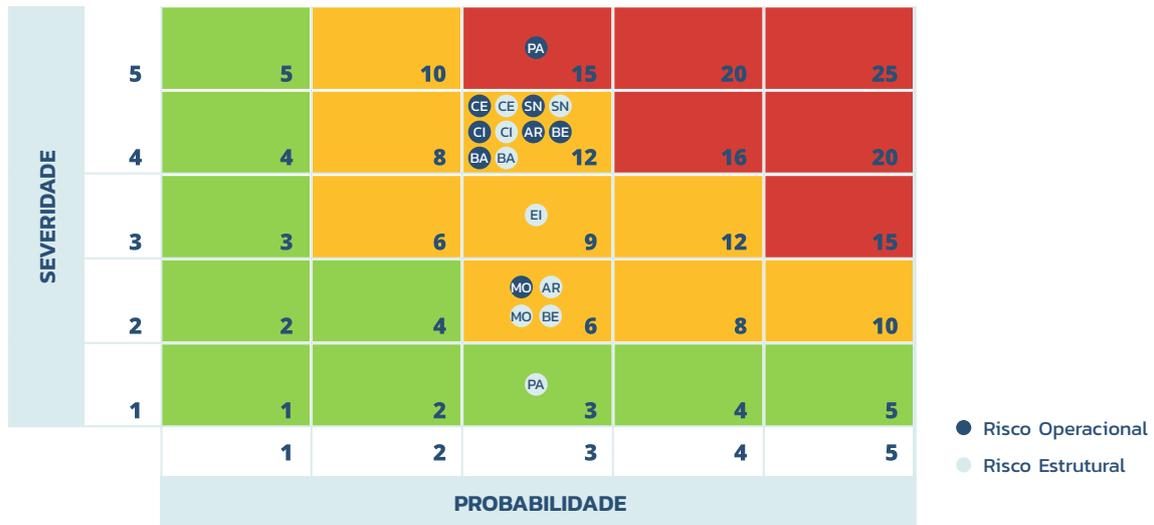
Figura 14: Matriz de Risco Atual relacionado a eventos de Ventos Fortes e às infraestruturas portuárias (Canal Externo=CE, Canal Interno=CI, Bacia de Evolução=BA, Sinalização Náutica=SN, Molhes=MO, Berços=BE, Pátio de Armazenamento=PA, Armazéns=AR e Equipamentos de Içamento=EI).

EVENTO HIDROLÓGICO 3: ENCHENTE					
Infraestrutura	Probabilidade do evento (0 a 5) P = 3				
	Exposição (Interação)	Severidade do Impacto (Consequência) (0 a 5)		Risco Presente	
Acesso aquaviário	S/N	S(E)	S(O)	R(E)	R(O)
Canal externo	S	4	4	12	12
Canal interno	S	4	4	12	12
Bacia de evolução	S	4	4	12	12
Sinalização náutica	S	4	4	12	12
Molhes	S	2	2	6	6
<b>Infraestrutura portuária</b>					
Berço	S	2	4	6	12
Pátio de armazenamento	S	1	5	3	15
Armazéns	S	2	4	6	12
Equipamentos de içamento	S	3	4	9	12

**Tabela 29:** Risco Presente para eventos de Enchente.

Avaliando os riscos relacionados às enchentes (probabilidade = 3, provável) observa-se interação com todas as infraestruturas e operações. O risco mais alto apresentado foi nos pátios de armazenamento relacionado a parte operacional, contudo o mesmo componente apresentou o risco mais baixo do ponto de vista estrutural. O restante dos riscos ficou no limiar moderado. No entanto a maior parte dos valores ficou muito próxima do limiar alto, principalmente no acesso aquaviário e na parte operacional da infraestrutura portuária. As exceções a essa regra foram os molhes, e a parte estrutural dos berços, armazéns e equipamentos de içamento.

A figura abaixo sintetiza graficamente a Tabela 29, apresentando o posicionamento dos riscos operacionais (em preto) e os riscos estruturais (em azul) em relação a severidade e a probabilidade climática atual dos fenômenos de enchentes.



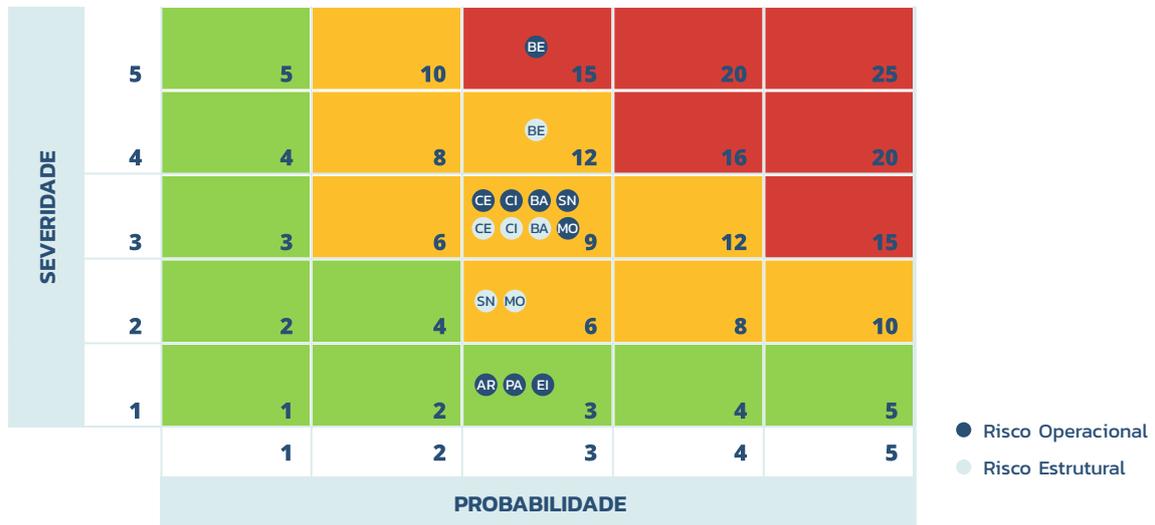
**Figura 15:** Matriz de Risco Atual relacionado a eventos de Enchentes e às infraestruturas portuárias (Canal Externo=CE, Canal Interno=CI, Bacia de Evolução=BA, Sinalização Náutica=SN, Molhes=MO, Berços=BE, Pátio de Armazenamento=PA, Armazéns=AR e Equipamentos de Içamento=EI).

EVENTO HIDROLÓGICO 4: CORRENTEZA					
Infraestrutura	Probabilidade do evento (0 a 5) P = 3				
	Exposição (Interação)	Severidade do Impacto (Consequência) (0 a 5)		Risco Presente	
Acesso aquaviário	S/N	S(E)	S(O)	R(E)	R(O)
Canal externo	S	3	3	9	9
Canal interno	S	3	3	9	9
Bacia de evolução	S	3	3	9	9
Sinalização náutica	S	2	3	6	9
Molhes	S	2	3	6	9
Infraestrutura portuária					
Berço	S	4	5	12	15
Pátio de armazenamento	S	-	1	0	3
Armazéns	S	-	1	0	3
Equipamentos de içamento	N	-	1	0	3

**Tabela 30:** Risco Presente para eventos de Forte Correnteza.

Os eventos climáticos associados às fortes correntezas (probabilidade=3, provável) apresentaram impactos em todos os componentes de infraestrutura, principalmente no aspecto operacional. Os berços foram o componente com o maior risco, tanto do ponto de vista operacional como estrutural, as outras infraestruturas portuárias apresentaram risco baixo e somente relacionado ao aspecto operacional. Os componentes do acesso aquaviário apresentaram risco moderado, sendo a sinalização e os molhes com os menores valores dentro desse limiar.

A Figura 16 sintetiza graficamente a mesma Tabela 30 supracitada, apresentando o posicionamento dos riscos operacionais (em preto) e os riscos estruturais (em azul) em relação a severidade e a probabilidade climática atual das fortes correntezas.



**Figura 16:** Matriz de Risco Atual relacionado a eventos de Fortes Correntezas e às infraestruturas portuárias (Canal Externo=CE, Canal Interno=CI, Baía de Evolução=BA, Sinalização Náutica=SN, Molhes=MO, Berços=BE, Pátio de Armazenamento=PA, Armazéns=AR e Equipamentos de Içamento=EI).

Posteriormente à avaliação dos riscos climáticos baseado nas probabilidades atuais, foi realizado o mesmo procedimento com a probabilidade futura destes mesmos riscos. Cabe citar que o resultado da avaliação da interação da infraestrutura com os riscos climáticos e a severidade dos impactos operacionais e estruturais foram mantidos. Além disso, foi observado que as todas as probabilidades dos eventos climáticos analisados aumentaram em um grau na escala, portanto haverá uma intensificação destes fenômenos climáticos nos próximos 30 anos.

O risco climático futuro relacionado às chuvas fortes aumentou sua probabilidade de ocorrência para cinco (5), ou seja, o fenômeno poderá ocorrer todo o ano ou ainda ter mais de uma ocorrência concentrada em um período determinado (mais de 29 eventos em 30 anos), podendo afetar o funcionamento do porto, caso medidas adaptativas não sejam tomadas. A mudança e os valores dos riscos presente e futuro podem ser avaliados na tabela a seguir, verifica-se que apesar do aumento dos valores dos riscos, tanto operacional como estrutural, o limiar de risco moderado foi mantido.

EVENTO CLIMÁTICO 1: CHUVA INTENSA							
Infraestrutura	Probabilidade do evento (0 a 5) P = 4					5	
	Exposição (interação)	Severidade do Impacto (0 to 5)		Risco Presente		Risco Futuro	
Acesso aquaviário	S/N	E(Estrutural)	O(Operacional)	R(E)	R(O)	R(E)	R(O)
Canal externo	S	-	2	0	8	0	10
Canal interno	S	-	2	0	8	0	10
Bacia de evolução	S	-	2	0	8	0	10
Sinalização náutica	S	-	2	0	8	0	10
Molhes	S	1	1	4	4	5	5
Infraestrutura portuária							
Berço	S	-	2	0	8	0	10
Pátio de armazenamento	S	2	2	8	8	10	10
Armazéns	S	1	2	4	8	5	10
Equipamentos de içamento	S	-	2	0	8	0	10

Tabela 31: Análise do Risco Climático de Chuva Intensa sobre a infraestrutura para o presente e futuro.

A matriz a seguir apresenta os riscos estruturais e operacionais dos componentes de infraestrutura posicionados em relação ao aumento da probabilidade futura de ocorrência de chuvas fortes.

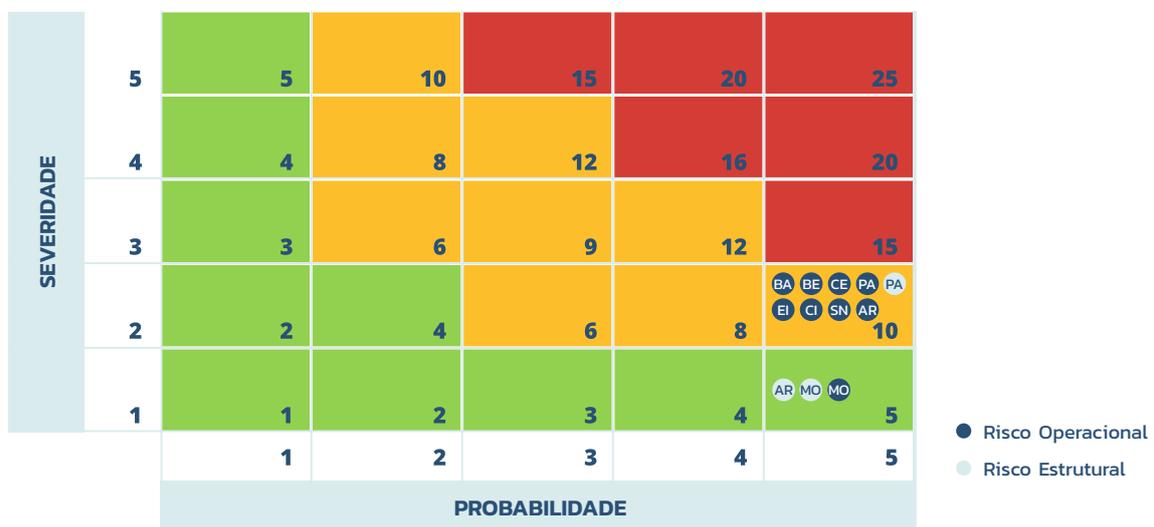


Figura 17: Matriz de Risco Futuro relacionado a eventos de Chuvas Fortes e às infraestruturas portuárias (Canal Externo=CE, Canal Interno=CI, Bacia de Evolução=BA, Sinalização Náutica=SN, Molhes=MO, Berços=BE, Pátio de Armazenamento=PA, Armazéns=AR e Equipamentos de Içamento=EI).

Os riscos climáticos futuros relacionados aos ventos fortes apresentaram aumento dos valores, portanto sua ocorrência também se intensificará nos próximos 30 anos. Contudo esses riscos mantiveram seus limiares, onde os riscos baixos e os riscos moderados permaneceram entre as infraestruturas avaliadas. Exceto para os equipamentos de içamento onde seu risco operacional mudou de patamar, indo de moderado para alto, além disso seu risco estrutural se manteve em um nível elevado.

EVENTO CLIMÁTICO 2: VENTOS FORTES								
Infraestrutura	Probabilidade do evento (0 a 5) P = 4					→	5	
	Exposição (interação)	Severidade do Impacto (0 to 5)		Risco Presente			Risco Futuro	
Acesso aquaviário	S/N	E(Estrutural)	O(Operacional)	R(E)	R(O)		R(E)	R(O)
Canal externo	S	-	2	0	8		0	10
Canal interno	S	-	2	0	8		0	10
Bacia de evolução	S	-	2	0	8		0	10
Sinalização náutica	S	1	2	4	8		5	10
Molhes	N	-	-	0	0		0	0
<b>Infraestrutura portuária</b>								
Berço	S	-	2	0	8		0	10
Pátio de armazenamento	S	1	2	4	8		5	10
Armazéns	S	2	2	8	8		10	10
Equipamentos de içamento	S	4	3	16	12		20	15

Tabela 32: Análise do risco climático de ventos fortes sobre a infraestrutura para o Presente e Futuro.

A matriz a seguir apresenta os riscos estruturais e operacionais dos componentes de infraestruturas posicionados em relação ao aumento da probabilidade futura de ocorrência de ventos fortes.

SEVERIDADE		PROBABILIDADE				
		1	2	3	4	5
5	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20 EI
	3	3	6	9	12	15 EI
	2	2	4	6	8	10 BA BE CE PA CI SN AR AR
	1	1	2	3	4	5 SN PA
		1	2	3	4	5

● Risco Operacional  
● Risco Estrutural

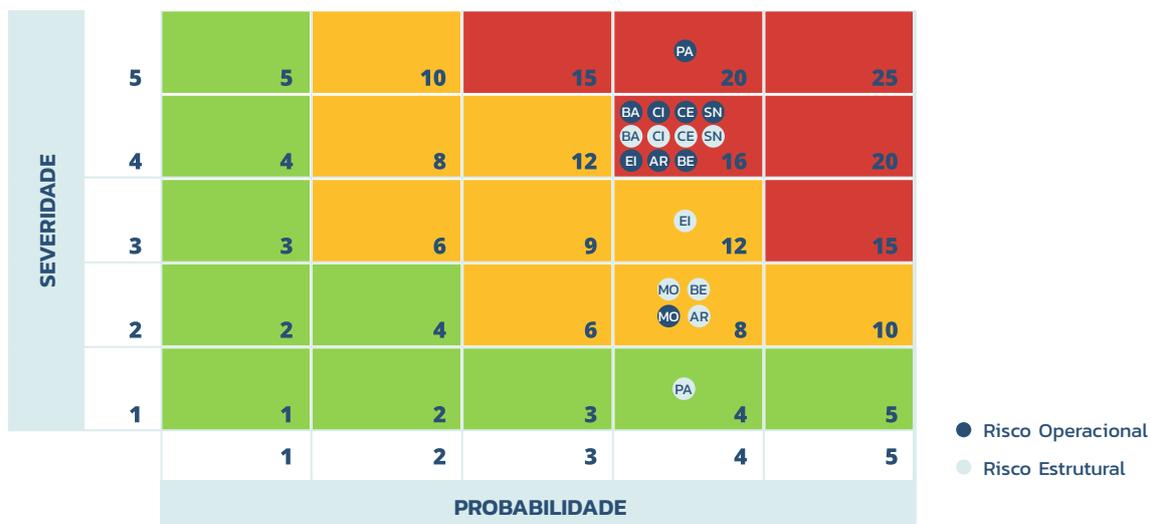
Figura 18: Matriz de Risco Futuro relacionado a eventos de Ventos Fortes e às infraestruturas portuárias (Canal Externo=CE, Canal Interno=CI, Bacia de Evolução=BA, Sinalização Náutica=SN, Molhes=MO, Berços=BE, Pátio de Armazenamento=PA, Armazéns=AR e Equipamentos de Içamento=EI).

Os riscos futuros associados aos eventos de enchente apresentaram aumento na probabilidade de ocorrência, indo de provável para altamente provável, com 16 a 29 ocorrências em um período de 30 anos. Devido a isso o risco relacionado as infraestruturas do acesso portuário subiram seus limiares (alto risco), tanto do ponto de vista operacional como estrutural, a única exceção foram os molhes que mantiveram seus limiares de risco no nível intermediário. As outras infraestruturas portuárias aumentaram seus limiares apenas no aspecto operacional, exceto para o pátio de armazenamento que manteve seus limiares de risco baixo na parte estrutural e risco alto no aspecto operacional.

EVENTO HIDROLÓGICO 3: ENCHENTE							
Infraestrutura	Probabilidade do evento (0 a 5) P =			4		5	
	Exposição (Interação)	Severidade do Impacto (0 a 5)		Riscos Atuais		Riscos Futuros	
Acesso aquaviário	S/N	Estrutural (E)	Operacional (O)	(E)	(O)	(E)	(O)
Canal externo	S	4	4	12	12	16	16
Canal interno	S	4	4	12	12	16	16
Bacia de evolução	S	4	4	12	12	16	16
Sinalização náutica	S	4	4	12	12	16	16
Molhes	S	2	2	6	6	8	8
Infraestrutura portuária							
Berço	S	2	4	6	12	8	16
Pátio de armazenamento	S	1	5	3	15	4	20
Armazéns	S	2	4	6	12	8	16
Equipamentos de içamento	S	3	4	9	12	12	16

Tabela 33: Análise do Risco Climático atual e Futuro de Enchentes sobre a infraestrutura.

A matriz a seguir apresenta os riscos estruturais e operacionais dos componentes de infraestruturas posicionados em relação ao aumento da probabilidade futura de ocorrência de enchentes para o Porto de Itajaí.



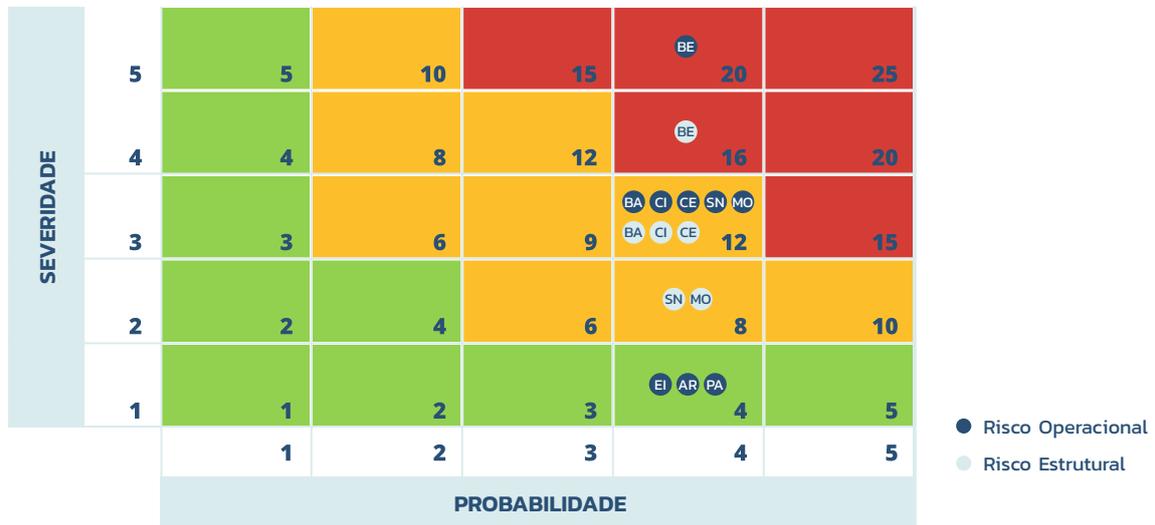
**Figura 19:** Matriz de Risco Futuro relacionado a eventos de Enchentes e às infraestruturas portuárias (Canal Externo=CE, Canal Interno=CI, Bacia de Evolução=BA, Sinalização Náutica=SN, Molhes=MO, Berços=BE, Pátio de Armazenamento=PA, Armazéns=AR e Equipamentos de Içamento=EI).

A mudança do risco futuro relacionado aos eventos de fortes correntezas mudou apenas o limiar do risco estrutural dos berços de atracação, nas outras infraestruturas somente os valores aumentaram, mas sem mudança no limiar, mantendo seus níveis ou em risco baixo ou risco moderado.

EVENTO HIDROLÓGICO 4: FORTE CORRENTEZA								
Infraestrutura	Probabilidade do evento (0 a 5) P = 4					5		
	Exposição (Interação)	Severidade do Impacto (0 a 5)		Riscos Atuais		Riscos Futuros		
Acesso aquaviário	S/N	Estrutural (E)	Operacional (O)	(E)	(O)	(E)	(O)	
Canal externo	S	3	3	9	9	12	12	
Canal interno	S	3	3	9	9	12	12	
Bacia de evolução	S	3	3	9	9	12	12	
Sinalização náutica	S	2	3	6	9	8	12	
Molhes	S	2	3	6	9	8	12	
<b>Infraestrutura portuária</b>								
Berço	S	4	5	12	15	16	20	
Pátio de armazenamento	N/S	-	1	0	3	0	4	
Armazéns	N/S	-	1	0	3	0	4	
Equipamentos de içamento	N/S	-	1	0	3	0	4	

**Tabela 34:** Análise do Risco Climático Atual e Futuro de Fortes Correntezas sobre a infraestrutura.

A matriz a seguir apresenta os riscos estruturais e operacionais dos componentes de infraestruturas posicionados em relação ao aumento da probabilidade futura de ocorrência de fortes correntezas para o Porto de Itajaí.



**Figura 20:** Matriz de Risco Futuro relacionado a eventos de Fortes Correntezas e às infraestruturas portuárias (Canal Externo=CE, Canal Interno=CI, Bacia de Evolução=BA, Sinalização Náutica=SN, Molhes=MO, Berços=BE, Pátio de Armazenamento=PA, Armazéns=AR e Equipamentos de Içamento=EI).

Analisando os mesmos riscos, pelo ponto de vista da infraestrutura portuária, observa-se que há uma preponderância dos riscos operacionais, com os berços de atracação sendo o componente mais exposto, seguido das infraestruturas portuárias dos canais, da bacia de evolução e sinalização náutica, onde as enchentes e as fortes correntezas são as principais ameaças. Os equipamentos de içamento, a sinalização náutica e os canais e bacia de evolução apresentaram a maior vulnerabilidade estrutural. A tabela a seguir apresenta os valores destes riscos, com seus somatórios e a intensidade dos riscos destacada. O mesmo somatório aplicado sobre as ameaças climáticas, enaltece, sequencialmente, a importância das adaptações relacionadas às enchentes, forte correnteza, vento forte e chuva.

AMEAÇA CLIMÁTICA		Chuva Intensa		Vento Forte		Enchente		Forte Correnteza		Somatório	
		R(E)	R(O)	R(E)	R(O)	R(E)	R(O)	R(E)	R(O)	R(E)	R(O)
Acesso aquaviário	Canal externo	0	8	0	8	12	12	9	9	21	37
	Canal interno	0	8	0	8	12	12	9	9	21	37
	Bacia de evolução	0	8	0	8	12	12	9	9	21	37
	Sinalização náutica	0	8	4	8	12	12	6	9	22	37
	Molhes	4	4	0	0	6	6	6	9	16	19
Infraestrutura portuária	Berço	0	8	0	8	6	12	12	15	18	43
	Pátio de armazenamento	8	8	4	8	3	15	0	3	15	34
	Armazéns	4	8	8	8	6	12	0	3	18	31
	Equipamentos de içamento	0	8	16	12	9	12	0	3	25	35
Somatório		16	68	32	68	78	105	51	69		

Tabela 35: Riscos estruturais e operacionais do Porto de Itajaí em relação às ameaças climáticas

Avaliando estes somatórios e os principais riscos atuais juntamente com a escala financeira dos custos de manutenção, podemos observar que a estrutura dos berços, canal externo, canal interno, bacia de evolução estão entre a escala grave (3) e catastrófica (5), a exceção fica para a sinalização náutica que está no nível moderado (2). Cabe destacar que essa avaliação foi feita com os riscos atuais e os custos de manutenção, estipulados pelo valor presente conforme descrito anteriormente e o ordenamento destes riscos não varia nos cenários futuros.

INFRAESTRUTURA		SOMATÓRIO DOS RISCOS OPERACIONAIS	CUSTOS DE MANUTENÇÃO	ESCALA FINANCEIRA
Acesso Aquaviário	Canal externo	37	R\$ 1.000.000,00	5
	Canal interno	37	R\$ 500.000,00	4
	Bacia de evolução	37	R\$ 1.700.000,00	5
	Sinalização náutica	37	R\$ 85.000,00	2
	Molhes	19	R\$ 50.000,00	1
Infraestrutura portuária	Berço	43	R\$ 100.000,00	3
	Pátio de armazenamento	34	R\$ 100.000,00	3
	Armazéns	31	R\$ 10.000,00	1
	Equipamentos de içamento	35	R\$ 260.000,00	3

Tabela 36: Riscos climáticos operacionais (somatório) e custos de manutenção.

Os riscos operacionais enaltecem a importância da manutenção das estruturas essenciais ao funcionamento do Porto de Itajaí, principalmente os canais e bacia de evolução, uma vez que estes apresentam os maiores valores na escala financeira de custos de manutenção (4 e 5).

Em relação aos maiores riscos estruturais e os custos construtivos observa-se que os equipamentos de içamento, seguido da sinalização náutica, canal interno e externo e a bacia de evolução estão entre a escala leve (1) e grave (3).

INFRAESTRUTURA		SOMATÓRIO DOS RISCOS ESTRUTURAIS	CUSTOS DE MANUTENÇÃO	ESCALA FINANCEIRA
Acesso Aquaviário	Canal externo	21	R\$ 130.000.000,00	3
	Canal interno	21	R\$ 30.000.000,00	1
	Bacia de evolução	21	R\$ 150.000.000,00	3
	Sinalização náutica	22	R\$ 2.500.000,00	1
	Molhes	16	R\$ 1.100.000.000,00	5
Infraestrutura portuária	Berço	18	R\$ 600.000.000,00	4
	Pátio de armazenamento	15	R\$ 550.000.000,00	4
	Armazéns	18	R\$ 15.000.000,00	1
	Equipamentos de içamento	25	R\$ 160.000.000,00	3

**Tabela 37:** Riscos climáticos estruturais (somatório) e custos construtivos.

Os dois maiores riscos estruturais são os equipamentos de içamento e a sinalização náutica, portanto trata-se de equipamentos e dispositivos de operação, geralmente são mais rápidos, baratos e fáceis de repor, e suas tecnologias são frequentemente renovadas e otimizadas, em relação as outras infraestruturas portuárias. No entanto as estruturas de acesso aquaviário, canais e bacia de evolução, que estão em terceiro lugar empatados, apresentam custos maiores e operações construtivas mais complexas.

## 8 :: Medidas de Adaptação

As medidas de adaptação têm como finalidade reduzir os impactos e consequências da mudança do clima ao longo dos anos sobre a infraestrutura avaliada. O objetivo de avaliar a adaptação é identificar e priorizar as opções mais apropriadas para serem incorporadas no empreendimento. Isto inclui a identificação de estratégias para minimizar os danos projetados devido à mudança do clima e se beneficiar das oportunidades que a mudança do clima pode apresentar (MMA, 2016).

A análise de dados corporativos demonstram uma relação positiva entre a gestão efetiva de riscos e a média da performance das empresas, ou seja, companhias com baixa performance frequentemente não conseguem lidar com qualquer exposição a riscos, por outro lado companhias com alta performance conseguem lidar com todos os tipos de risco, incluindo desastres, riscos econômicos, riscos operacionais e riscos estratégicos. Uma gestão efetiva de riscos consiste na habilidade de lidar com volatilidades externas de mercado e suavização das entradas e saídas nos fluxos de caixa e de recursos (Roggi et al, 2012).

Durante as últimas oficinas de trabalho, o grupo se reuniu para discutir quais seriam as possíveis medidas de adaptação para os riscos identificados, seguindo o passo a passo do protocolo e realizando uma “chuva de ideias”. Medidas já executadas ou em curso também foram compiladas e estruturadas em uma matriz de avaliação. O PIEVC estabelece as seguintes etapas para identificar as medidas de adaptação:

- Os riscos mais altos;
- Suas pontuações para o risco atual e futuro;
- A identificação do componente da infraestrutura;
- O parâmetro climático;
- Os impactos;
- Os resultados/consequências;
- As medidas de adaptação que já são realizadas e as potenciais medidas;
- Custos de adaptação: baixo, médio ou alto;
- Efeito de adaptação: baixo, médio ou alto;
- Tempo de implementação: curto, médio ou longo prazo;
- Barreiras à ação: p. ex. custos, falta de informação, controles, etc.;
- Equipamento ou departamento responsável pela adaptação;
- Parceiros ou partes interessadas que possam apoiar o gerenciamento;
- Dificuldade de implementação: baixa, média ou alta.

As infraestruturas portuárias expostas aos riscos climáticos foram avaliadas, sendo analisadas inicialmente conforme o tipo do risco climático, seus potenciais impactos e consequências, após isto medidas de adaptação existentes ou potenciais foram elencadas e avaliadas segundo custo, efeito, tempo de implementação, dificuldades, desafios, equipe responsável e parceiros.

COMPONENTES DA INFRAESTRUTURA	PRINCIPAL AMEAÇA CLIMÁTICA	IMPACTOS	CONSEQUÊNCIAS
Equipamento de Içamento	Ventos > 40km/h	1. Rompimento do Cabo	1. Acidente de Trabalho
		2. Danos Operacionais 3. Parada do Equipamento 4. Tombamento do Equipamento	2. Diminuição da Produtividade dos Equipamentos 3. Tombamento de Carga 4. Queda do Container
Pátio de Armazenamento	Enchentes	5. Queda do Container	5. Acidente Ambiental 6. Diminuição da Receita
		1. Danos mecânicos pela inundação 2. Movimentação do Equipamento pela corrente	1. Parada operacional 2. Acidente de trabalho 3. Dano na estrutura do equipamento 4. Diminuição da Receita 5. Acidente Ambiental 6. Queda do Container 7. Tombamento de Carga
Pátio de Armazenamento	Enchentes	1. Alagamento do Pátio 2. Contribui para entupimento da rede de drenagem 3. Inundação das áreas segregadas para produtos perigosos (áreas IMO)	1. Paralisação da Operação 2. Reação de Produtos Químicos 3. Emergência Ambiental 4. Danos às instalações elétricas 5. Perda de Mercadorias 6. Danos ao Patrimônio 7. Aumento do Risco à Saúde e Segurança dos Trabalhadores 8. Evacuação da Área 9. Perda de receita 10. Superlotação posterior 11. Fragiliza o pavimento 12. Diminuição da Receita 13. Acidente Ambiental 14. Queda do Container 15. Tombamento de Carga

COMPONENTES DA INFRAESTRUTURA	PRINCIPAL AMEAÇA CLIMÁTICA	IMPACTOS	CONSEQUÊNCIAS
Bergos de Atracação	Correnteza Intensa	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rompimento dos Cabos de Amarração dos Navios</li> <li>2. Erosão do leito e dos bergos</li> <li>3. Fechamento da Barra</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Acidentes de Trabalho</li> <li>2. Danos estruturais aos cabeços</li> <li>3. Defensas e a própria estrutura do cais e de vizinhos (Portonave)</li> <li>4. Acidente Ambiental (p.ex. Rompimento do Casco do Navio, etc.)</li> <li>5. Paralisação parcial das operações;</li> <li>6. Instabilidade da fundação do cais</li> <li>7. Ruína/Colapso da estrutura do cais e da retroárea</li> <li>8. Interrupção parcial/total das atividades do porto</li> <li>9. Perda ou dano das cargas</li> <li>10. Diminuição da receita</li> <li>11. Danos ao patrimônio</li> <li>12. Paralisação das Manobras de Acesso ao porto</li> <li>13. Paralisação da operação e diminuição de receita</li> <li>14. Superlotação de carga</li> </ol>
	Enchentes	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fechamento da Barra</li> <li>2. Desatracação dos navios</li> <li>3. Assoreamento</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Paralisação parcial/total das operações</li> <li>2. Custos adicionais com dragagem</li> <li>3. Diminuição da receita</li> <li>4. Superlotação de carga</li> <li>5. Paralisação das Manobras de Acesso ao porto</li> </ol>
Armazéns	Enchentes	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alagamento do Armazém</li> <li>2. Erosão do solo sob o piso</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Perda de mercadorias</li> <li>2. Perda de receita</li> <li>3. Dano no patrimônio</li> <li>4. Paralisação da Operação</li> </ol>

**Tabela 38:** Impactos e consequências dos riscos climáticos – Infraestrutura portuária.

Constata-se que os equipamentos de içamento nos eventos de ventos fortes podem impactar o rompimento dos cabos, danos operacionais, parada de operação do equipamento, tombamento do equipamento e queda de container. Estes impactos podem se desdobrar em acidentes de trabalho, diminuição da produtividade dos equipamentos, tombamento de carga, queda de container, acidente ambiental e diminuição da receita. Nos casos de enchentes podem ocorrer danos mecânicos pela inundação e movimentação do equipamento pela corrente, podendo se desdobrar em paradas operacionais, acidentes de trabalho, danos as estruturas dos equipamentos, diminuição de receita, acidente ambiental, queda de container e tombamentos de carga.

No caso do pátio de armazenamento em eventos de enchente, o impacto direto é o alagamento do próprio pátio, contribuição no entupimento da rede de drenagem e inundação das áreas segregadas para produtos perigosos (áreas IMO), isto pode se desdobrar nas seguintes consequências: paralisação da operação, reação de produtos químicos, emergência ambiental, danos às instalações elétricas, perda de mercadorias, danos ao patrimônio, aumento do risco à saúde e segurança dos trabalhadores, a evacuação da área, perda de receita, superlotação posterior, fragilização do pavimento, diminuição de receita, acidentes ambientais, queda e tombamento de cargas.

Os berços de atracação em eventos de correnteza forte podem ser impactados pelo rompimento dos cabos de amarração dos navios, a erosão do leito e dos berços, e o fechamento da barra. Estes impactos podem gerar as seguintes consequências: acidentes de trabalho, danos estruturais aos cabeços, defensas e a própria estrutura do cais e de vizinhos (Portonave), acidente ambiental (p.ex. Rompimento do Casco do Navio, etc.), paralisação parcial das operações; instabilidade da fundação do cais, ruína/colapso da estrutura do cais e da retro área, interrupção parcial/total das atividades do porto, perda ou dano das cargas, diminuição da receita, danos ao patrimônio, paralisação das manobras de acesso ao porto, paralisação da operação e diminuição de receita, e superlotação de carga. Nas enchentes pode haver o fechamento da barra, desatracação dos navios e assoreamento, isso pode gerar paralisação das operações, custos adicionais com dragagem, diminuição da receita, superlotação de cargas e paralisação das manobras de acesso ao porto.

COMPONENTE DA INFRAESTRUTURA	PRINCIPAL AMEAÇA HIDROLÓGICA	IMPACTOS	CONSEQUÊNCIAS
Canal externo	Enchentes	Assoreamento	Paralisa / restringe as operações
Canal interno			Diminuição de receitas
Bacia de Evolução			Custos adicionais com dragagem
Sinalização Náutica		Danos na sinalização náutica flutuante	

**Tabela 39:** Impactos e consequências dos riscos climáticos – Acesso aquaviário.

No caso das estruturas do acesso aquaviário, verifica-se um número menor de impactos e consequências nos eventos extremos de enchentes, tais como assoreamento dos canais e da bacia, e danos à sinalização náutica flutuante, acarretando em paralisação e/ou restrição das operações, diminuição de receitas e custos adicionais com dragagens.

A partir desses impactos e consequências listadas pela equipe, foram listadas as medidas de adaptação para cada uma das infraestruturas em questão. Estas medidas foram classificadas em potenciais ou realizadas, nível de custos (1 a 5, igual a escala financeira elaborada previamente), tempo de implementação (curto, médio e longo) e barreiras à ação. Cabe citar que outras características foram elaboradas para cada medida, tais como equipe ou departamento responsável pela ação, parceiros ou partes interessadas que podem apoiar as ações e responsáveis pelo monitoramento e avaliação, estas características estão detalhadas nas planilhas em anexo.

Foi possível compilar 11 medidas adaptativas para os impactos e consequências nos equipamentos de içamento decorrentes de ameaças relacionadas aos ventos fortes e as enchentes, cerca de 7 destas medidas já são realizadas pelo Porto de Itajaí e o restante foi pensado como possíveis ações futuras. A Tabela 40 a seguir apresenta as medidas e suas características.

MEDIDAS ADAPTATIVAS	REALIZADAS (R) OU POTENCIAIS (P)	CUSTOS	DIFICULDADE DE IMPLEMENTAÇÃO (ALTA, MÉDIA, BAIXA)	TEMPO DE IMPLEMENTAÇÃO (CURTO, MÉDIO, LONGO)	BARREIRAS À AÇÃO
Monitoramento do Vento pelo Equipamento de Içamento	R	1	b	c	n/a
Sistema de Ancoragem no Equipamento de Guindar/Içar	R	1	b	c	n/a
Plano de Emergência	R	2	b	c	n/a
Base de Emergência Contratada	R	5	m	c	custo
Seguro para os Equipamentos	R	5	b	c	custo
Seguro de Vida para os trabalhadores	R	5	b	c	custo
Monitoramento do Vento nas Praças de Carga e na Área Portuária/Operacional	P	3	m	m	custo, prazo
Sistema de Alerta para Segurança das Pessoas	P	1	b	m	custo, prazo
Instalar Equipamentos - Anemômetro/Estação Meteorológica	P	2	m	m	custo, prazo
Institucionalizar / Sistematizar os Procedimentos de Combate ao Risco e as Emergências / Comitê Gestor de Riscos	P	1	b	c	custo, prazo
Plano de manutenção e contingência dos equipamentos	R	1	b	c	n/a

**Tabela 40:** Avaliação das medidas adaptativas para o risco de ventos fortes e enchentes sobre os equipamentos de içamento.

No caso de enchentes sobre o pátio de armazenamento, foi possível compilar 19 medidas adaptativas para os impactos e consequências, cerca de 12 destas medidas já são realizadas pelo Porto de Itajaí e o restante foi pensado como possíveis ações futuras. A tabela a seguir apresenta as medidas e suas características.

MEDIDAS ADAPTATIVAS	REALIZADAS (R) OU POTENCIAIS (P)	CUSTOS	DIFICULDADE DE IMPLEMENTAÇÃO (ALTA, MÉDIA, BAIXA)	TEMPO DE IMPLEMENTAÇÃO (CURTO, MÉDIO, LONGO)	BARREIRAS À AÇÃO
Licença Ambiental para Projeto de Drenagem Aprovada	R	2	b	c	controles ambientais atualizados
Planos de Emergência considerando cenários de enchente	R	2	b	c	n/a
Monitoramento das Condições Climáticas, Chuvas e Cheias	R	1	b	c	n/a
Contrato com Empresa de Emergência (Base de Emergência Ambiental)	R	5	m	c	custo
Rede de Parcerias com Atores Articulados exclusivamente para Emergências	R	1	b	c	n/a
Seguro Patrimonial	R	5	b	c	custo
Retirada das Cargas	R	1	b	c	custo
Uso dos EPIs Exclusivos para Áreas Alagadas/ Emergência	R	1	b	c	n/a
Contratação de Empresa para Manutenção e Reparo da Pavimentação	R	4	b	c	custo, prazo, burocracia, disponibilidade de material
Sala de Crise	R	1	b	c	n/a
Sala de Crise Alternativa - Convênio com a Univali	R	1	b	c	n/a
Implantação de um Sistema de Geradores	R	2	b	c	custo, prazo
Implementação e Execução do Novo Projeto/Sistema de Drenagem	P	4	m	m	custo, prazo, burocracia
Adequação das Subestações e Geradores	P	3	m	m	custo, prazo, burocracia, operação
Aprimorar Sistema de Drenagem	P	3	m	m	custo
Implementação de Rede de Hidrantes na Área Portuária/Combate à Incêndios	P	3	a	m	custo, prazo e falta de informação disponível*
Parcerias entre instituições para Monitoramento e Troca de Experiências	P	1	b	c	n/a
Contrato de limpeza e desentupimento da drenagem	P	1	b	c	n/a
Plano de contingência para materiais perigosos	P	1	b	c	n/a

**Tabela 41:** Avaliação das medidas adaptativas para o risco de enchentes sobre pátio de armazenamento.

Através da análise dos impactos e consequências do risco de forte correnteza e enchentes nos berços de atracação, foi possível compilar 13 medidas, em que 11 destas medidas já são realizadas pelo Porto de Itajaí e o restante foi pensado como possíveis ações futuras. A tabela a seguir apresenta as medidas e suas características.

MEDIDAS ADAPTATIVAS	REALIZADAS (R) OU POTENCIAIS (P)	CUSTOS	DIFICULDADE DE IMPLEMENTAÇÃO (ALTA, MÉDIA, BAIXA)	TEMPO DE IMPLEMENTAÇÃO (CURTO, MÉDIO, LONGO)	BARREIRAS À AÇÃO
Planos de Emergência considerando cenários de condições adversas de tempo (NR29)	R	2	b	c	n/a
Plano de Contingência	R	2	b	c	n/a
Monitoramento das Condições Climáticas, Chuvas e Cheias	R	5	b	c	n/a
Contrato com Empresa de Emergência (Base de Emergência Ambiental)	R	5	m	c	n/a
Rede de Parcerias com Atores Articulados exclusivamente para Emergências	R	1	b	c	n/a
Seguro Patrimonial	R	5	b	c	n/a
Contratação de Empresa para Avaliação e Reparo estrutural	R	5	b	c	burocracia
Parcerias entre instituições para Monitoramento e Troca de Experiências	R	1	b	c	n/a
Levantamento Batimétrico	R	5	b	c	n/a
Dragagem	R	5	b	c	n/a
Aprimoramento do sistema de monitoramento (em tempo real) das condições meteorológicas	R/P	3	b	m	prazos
Criar sistemas de gestão/ferramenta que monitore a ocupação de área, e a entrada e saída nos gates	P	2	b	c	prazos
Novas tecnologias de operação e atracação dos navios (p.ex. Cabeços de amarração automatizados, inclinômetros nos berços e estacas)	P	5	a	l	custo, prazo, burocracia

**Tabela 42:** Avaliação das medidas adaptativas para o risco de forte correnteza sobre os berços de atracação.

As consequências e impactos de enchente sobre os armazéns possibilitaram elencar 3 medidas adaptativas, sendo 1 já realizada e as outras duas como medidas potenciais futuras. A tabela a seguir demonstra estas medidas e suas características.

MEDIDAS ADAPTATIVAS	REALIZADAS (R) OU POTENCIAIS (P)	CUSTOS	DIFICULDADE DE IMPLEMENTAÇÃO (ALTA, MÉDIA, BAIXA)	TEMPO DE IMPLEMENTAÇÃO (CURTO, MÉDIO, LONGO)	BARREIRAS À AÇÃO
Novo armazém, em área com menos risco de erosão e alagamento, com tamanho otimizado	P	4	m	m	custo e área (depende da expansão portuária)
Plano de contingência	P	1	b	c	n/a
Plano de emergência	R	1	b	c	n/a

**Tabela 43:** Avaliação das medidas adaptativas para o risco de enchentes sobre os armazéns.

As medidas de adaptação das estruturas aquaviárias em casos extremos de enchente estão ligadas principalmente às operações de dragagem, tanto de manutenção e emergencial, sendo 2 medidas já executadas e as outras duas em planejamento. Cabe citar que apesar destes custos estarem no nível catastrófico, segundo a escala financeira, eles são naturalmente mais elevados que os outros custos, pois os volumes de dragagem são geralmente grandes e fundamentais para a operação portuária. Ressalta-se que deveria haver um preparo maior da União para essas situações, uma vez que basta um grande assoreamento decorrente de uma enchente para interromper toda a operação de um porto como o de Itajaí, fato já comprovado em eventos pretéritos. A adoção deste tipo de medida no planejamento, como por exemplo um seguro para desastres ou outras provisões orçamentárias, poderiam dar celeridade à recuperação, diminuindo o impacto no funcionamento de portos estratégicos, tanto regionalmente como nacionalmente.

MEDIDAS ADAPTATIVAS	REALIZADAS (R) OU POTENCIAIS (P)	CUSTOS	DIFICULDADE DE IMPLEMENTAÇÃO (ALTA, MÉDIA, BAIXA)	TEMPO DE IMPLEMENTAÇÃO (CURTO, MÉDIO, LONGO)	BARREIRAS À AÇÃO
Dragagem de manutenção	R	5	b	m	Dificuldade de disponibilidade de draga no momento certo
Dragagem emergencial	P	5	a	m	Custo e dificuldade de disponibilidade de draga no momento certo
Plano de dragagem emergencial (maior que existente na Licença Ambiental)	P	3	b	m	Adequação à licença ambiental
Reposicionamento dos sinais náuticos	R	3	b	c	n/a

**Tabela 44:** Avaliação das medidas adaptativas para o risco de enchentes sobre as infraestruturas aquaviárias.

## 9 :: Conclusões e Recomendações

A aplicação do protocolo PIEVC no Porto de Itajaí, mostrou-se como um estudo oportuno para todos os envolvidos, uma vez que possibilitou a geração de informações inéditas tanto para o setor portuário, como para a própria metodologia, uma vez que é a primeira vez que esse protocolo é aplicado em um porto. Isto confere um certo ineditismo, tanto nacional como internacional, a essa iniciativa, tornando-a uma referência para o setor portuário brasileiro e para o desenvolvimento sustentável de Santa Catarina.

Uma diferença tácita identificada durante a execução deste estudo foi a complexidade da governança portuária, pois esta envolve uma gama de atores variados com diversas atribuições, relações e interesses que devem ser considerados na tomada de decisão na gestão portuária, pois toda a operação e planejamento portuário decorre da relação intrincada de diversos atores sociais, que vão desde operadores portuários, alfandegários até a comunidade, o governo e os próprios funcionários. Este fato deve ser considerado no planejamento de ações que visam prevenir ou mitigar riscos climáticos.

Devido ao histórico de desastres naturais que acometem toda a região, não é novidade a gestão destes riscos para a equipe do Porto de Itajaí, no entanto a metodologia permitiu ampliar a visão sobre os riscos climáticos, principalmente a evolução destes nos próximos 30 anos, conferindo uma série de reflexões importantes a serem consideradas e incorporadas no planejamento portuário, sendo duas novas medidas de adaptação sendo tomadas durante o próprio período de aplicação desta metodologia. Cabe citar que toda a experiência acumulada da equipe foi essencial para a elaboração do estudo e reflexão dos possíveis impactos e consequências das ameaças climáticas. Além disso, devido a todas estas características, as medidas já adotadas pela equipe do porto podem ser consideradas como um benchmark a ser seguido por outros terminais e portos nacionais em termos de risco climático.

É importante ressaltar que a metodologia pode ser reaplicada e seus resultados reavaliados constantemente. A internalização desta prática é um dos pontos centrais, uma vez que toda a análise de risco deve ser periodicamente revista e ajustada às necessidades e aos cenários que podem emergir. Segundo os participantes os aprendizados e insights mais significativos gerados durante o processo e a dinâmica da metodologia PIEVC foi o maior conhecimento sobre todas as estruturas do Porto de Itajaí bem como os impactos e probabilidades de cada evento climático sobre estas. Os mesmos citaram que o entendimento das necessidades das infraestruturas juntamente com parâmetros operacionais possibilita a transmissão de todos os aspectos prioritários durante um evento climático extremo.

No caso da premência da mudança climática nas próximas décadas, torna-se essencial a incorporação deste tipo de análise, uma vez que o funcionamento adequado do Porto de Itajaí, depende de boas condições climáticas. E apesar da sua capacidade em operar mesmo em condições climáticas desfavoráveis, alguns eventos podem acarretar atrasos ou restrições na operação, e em eventos extremos, a paralização operacional pode ser considerada por um breve período. O entendimento das possíveis mudanças, traz consigo um raciocínio estratégico e essencial para uma boa performance institucional e, conseqüentemente, a garantia de um bom posicionamento dentro do contexto econômico da região sul brasileira.

Foi identificado que a intensidade de ocorrência dos eventos climáticos extremos poderá aumentar e, conseqüentemente, deverão ser tomadas medidas de adaptação que evitem, previnam ou mitiguem os impactos decorrentes. Observa-se que alguns destes eventos podem ocorrer em sobreposição, tais como as enchentes, chuvas fortes e o aumento da correnteza. Com base na melhor informação disponível, estima-se que as ameaças climáticas levantadas se tornarão mais frequentes, aumentando assim os riscos. Portanto a equipe do Porto de Itajaí terá mais um desafio a ser enfrentado, incorporando novas medidas de adaptação ao seu complexo planejamento.

Os relatórios dos serviços climáticos selecionados para análise foram importantes nas conclusões sobre a evolução das mudanças climáticas na região. Oliveira (2019) sugere a utilização dos fluxos de umidade (12 e 14g/kg) e calor (média de 18° C) como indicadores e limiares de eventos causadores de enchentes para as Frentes Frias e Pré-Frontais, além dos altos volumes de chuvas. Medeiros (2019) observa que os extremos de temperaturas máximas diárias aumentam, com alta confiança, em todas as projeções, passando a ocorrer em cerca de mais de 20% dos dias do ano, já no início do século, assim como as projeções de chuvas extremas acumuladas em 5 dias, indicadas pelo RX5day. Tavares (2019) identifica que existe uma tendência de aumento dos eventos de chuvas intensas e dos regimes de ventos na região do Vale do Itajaí nos próximos anos, e sugere reanálises e aprimoramentos dos modelos utilizados, a fim de diminuir incertezas e refinar os resultados obtidos. Recomenda-se o uso de um conjunto (ensemble) maior de modelos climáticos com intuito de caracterizar a variabilidade entre modelos e minimizar as incertezas físicas da modelagem, além de contribuir, de modo geral, para refinamento da consistência do sinal da mudança.

Recomenda-se a revisão periódica destes resultados e projeções, assim como a incorporação da análise de outros eventos climáticos que possam afetar o Porto de Itajaí. A participação de todos os atores foi muito importante na consideração dos riscos e cenários possíveis para os serviços climáticos, ressalta-se a importância da comunicação destes resultados, tanto internamente com as equipes e direção do porto, como dos atores e partes interessadas. Esta comunicação deve auxiliar no entendimento e alinhamento dos atores sobre a importância das medidas adaptativas e a compreensão do possível aumento da ocorrência dos eventos climáticos extremos.

## 10 :: Referências Bibliográficas

BRASIL. Plano Nacional de Adaptação a Mudança do Clima: Estratégia Geral. Brasília: Ministério do Meio Ambiente (MMA), 2016. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80182/PNA\\_Volume%20I.pdf](http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80182/PNA_Volume%20I.pdf)>. Acesso em: 10 ago. 2017.

Chaffe, P.L.B; Santos, C.I.; Gomes da Silva, P., Chagas, V.B.P.; MMA; GIZ. Produto 2 – Relatório sobre a base de dados de vazão da bacia do Itajaí. Ampliação dos Serviços Climáticos para Investimentos em Infraestrutura (CSI). Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). Brasília, DF, 2019a.

Chaffe, P.L.B; Gomes da Silva, P.; MMA; GIZ. Produto 4 – Relatório de resultados da análise de distribuição de probabilidade conjunta de eventos extremos de vazão e nível do mar e padrões atmosféricos que causam os eventos compostos. Ampliação dos Serviços Climáticos para Investimentos em Infraestrutura (CSI). Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). Brasília, DF, 2019b.

Chaffe, P.L.B; Gomes da Silva, P.; MMA; GIZ. Produto 5 – Relatório de resultados da análise de distribuição de probabilidade de eventos de nível e vazão para o clima futuro. Ampliação dos Serviços Climáticos para Investimentos em Infraestrutura (CSI). Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). Brasília, DF, 2019c.

CHOU, S. C. et al. Downscaling of South America present climate driven by 4-member HadCM3 runs. *Climate Dynamics*, 2012.

DI GIULIO, G.M.; LAPOLA, D. M. ; TORRES, R. R. ; LEMOS, M. C. ; FERREIRA, L.C. ; Ferreira, L.C. ; MARENGO, J. ; SOBRAL, M. C. M. ; MALHEIROS, T. ; RODRIGUEZ, D. A. ; VASCONCELLOS, M. P. ; MARTINS, A. M. B. B. . Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima: possibilidades e desafios. *Jornal da Ciência*, v. 24, p. 3, 2016.

ENGINNERS CANADA. PIEVC Engineering Protocol For Infrastructure Vulnerability Assessment and Adaptation to a Changing Climate. PRINCIPLES and GUIDELINES, 2016. Disponível em: <[https://pievc.ca/sites/default/files/pievc-protocol-principles-guidelines-june-2016-part\\_1-e.pdf](https://pievc.ca/sites/default/files/pievc-protocol-principles-guidelines-june-2016-part_1-e.pdf)>. Acesso em: 14 nov. 2019.

FALCAO, Viviane Adriano; CORREIA, Anderson R.. Eficiência portuária: análise das principais metodologias para o caso dos portos brasileiros. *J. Transp. Lit.*, Manaus , v. 6, n. 4, p. 133-146, Dec. 2012.

Gomes da Silva, P., Chaffe, P.L.B; MMA; GIZ. Produto 3 – Relatório sobre a base de dados com os valores de máximas do nível do mar na costa de Santa Catarina e uma série específica para a localização do Porto de Itajaí. Ampliação dos Serviços Climáticos para Investimentos em Infraestrutura (CSI). Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). Brasília, DF, 2019a.

International Monetary Fund. 2020. Global Financial Stability Report: Markets in the Time of COVID-19. Washington, DC, April.

IPCC, 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

Kulp, S.A.; Strauss; B.H. New elevation data triple estimates of global vulnerability to sea-level rise and coastal flooding. *Nature Communications* 10, 4844, 2019. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12808-z>

Lam, J.S.L.; Ng, A.K.Y. & Fu, X. 2013. Stakeholder management for establishing sustainable regional port governance. *Research in Transportation Business & Management* 8, 30-38.

Queiroz, Bernardo Lanza; Barbieri, Alisson Flávio ; CONFALONIERI, U. . Mudanças Climáticas, Dinâmica Demográfica e Saúde: Desafios para o Planejamento e as Políticas Públicas no Brasil. *Revista Política e Planejamento Regional*, v. 3, p. 93-116, 2016.

Maraun, D., et al. (2010), Precipitation downscaling under climate change: Recent developments to bridge the gap between dynamical models and the end user, *Rev. Geophys.*, 48, RG3003, doi:10.1029/2009RG000314.

Mastrandrea MD, Mach KJ, Plattner G-K, Edenhofer O, Stocker TF, Field CB, Ebi KL, Matschoss PR (2011) The IPCC AR5 guidance note on consistent treatment of uncertainties: a common approach across the working groups. *Clim Chang* 108:675–691.

Medeiros, G.S.; Tavares, P.S.; Resende, N.; Chou, S.C.; MMA; GIZ. Produto 8 Relatório apresentando as médias e extremos de temperatura, precipitação, radiação e umidade relativa e tendências, para áreas de interesse de Santa Catarina a partir dos resultados do Eta 20km forçado pelo HadGEM2 ES, MIROC5 e CanESM2 e do Eta 5km SC forçado pelo HadGEM2ES ambos considerando o Baseline e os cenários RCP4.5 e RCP8.5. Ampliação dos Serviços Climáticos para Investimentos em Infraestrutura (CSI). Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). Brasília, DF, 2019.

Moss, R. H. et al. The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, 2010.

Neves, C. F. & Muehe, D. (2008) – Vulnerabilidade, impactos e adaptação a mudanças do clima: a zona costeira. *Parcerias Estratégicas*, 27:217-296, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), Brasília, DF, Brasil. Disponível em <http://www.cgee.org.br/parcerias/p27.php>.

Roggi, Oliviero; Damodaran, Aswath & Garvey, Maxine, 2012. *Risk Taking: A Corporate Governance Perspective*.

Stainforth, D. A.; Downing, T. E; Washington, R.; Lopez, A. & New, M.; 2007. Issues in the interpretation of climate model ensembles to inform decisions. *Phil.Trans.R.Soc.A*.

Tavares, P.S.; Medeiros, G.S.; Resende, N.; Chou, S.C.; MMA; GIZ. Produto 8 – Relatório contendo a análise dos índices de instabilidade (Frentes Frias FF e passagens Pré Frontais PF) para as principais áreas de interesse em Santa Catarina a partir dos resultados do Eta 20km forçado pelo modelo HadGEM2 ES, MIROC5 e CanESM 2 , e do Eta 5km forçado pelo HadGEM2 ES, ambos considerando o baseline, RCP4.5 e RCP8.5. Ampliação dos Serviços Climáticos para Investimentos em Infraestrutura (CSI). Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). Brasília, DF, 2019b.

Tavares, P.S.; Medeiros, G.S.; Resende, N.; Chou, S.C.; MMA; GIZ. Produto 6 -Relatório contendo os Índices de Instabilidade Atmosférica (IIA) calculados a partir das reanálises, identificando os valores típicos e ajustando os limiares dos eventos de tempestades severas ocasionados por passagens de Frentes Frias (FF) e sistemas Pré Frontais (PF). Ampliação dos Serviços Climáticos para Investimentos em Infraestrutura (CSI). Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). Brasília, DF, 2019a.

Tavares, P.S.; Medeiros, G.S.; Resende, N.; Chou, S.C.; MMA; GIZ. Produto 8 – Relatório contendo a análise dos índices de instabilidade (Frentes Frias FF e passagens Pré Frontais PF) para as principais áreas de interesse em Santa Catarina a partir dos resultados do Eta 20km forçado pelo modelo HadGEM2 ES, MIROC5 e CanESM 2 , e do Eta 5km forçado pelo HadGEM2 ES, ambos considerando o baseline, RCP4.5 e RCP8.5. Ampliação dos Serviços Climáticos para Investimentos em Infraestrutura (CSI). Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). Brasília, DF, 2019b.

Wang, J. J., & Slack, B. (2004). Regional governance of port development in China: A case study of Shanghai International Shipping Center. *Maritime Policy and Management*, 31(4), 357–373.

## 11 :: Anexos

COMPONENTES DA INFRAESTRUTURA	DESCRIÇÃO	DIMENSÕES (APROX)	CAPACIDADE	CUSTOS		CICLO DE VIDA	SEGURO	JÁ FOI IMPACTADA POR ALGUM EVENTO CLIMÁTICO?	ADAPTAÇÕES CONTRA EMERGÊNCIAS/ RISCOS CLIMÁTICOS	GASTOS DECORRENTES DE IMPACTOS CLIMÁTICOS	
				CUSTOS CONSTRUTIVOS	CUSTOS MANUTENÇÃO						
Acesso Aquaviário	Canal externo	Canal localizado após a foz e molhes do Rio Itajaí-Açú, formado e mantido pelas dragagens de manutenção	Compr. = 5.760 m larg. = 190 m prof. = 14 m	Navios com até 350 m de Loa	Aproximadamente: R\$ 130.000.000,00	Aproximadamente R\$ 1.000.000,00/mês	Só requer manutenção	Não possui	Sim	Não	Aproximadamente: R\$ 20.000.000,00
	Canal interno	Canal localizado na porção interior do rio a partir da foz do Rio Itajaí-Açú, contido entre os molhes e as margens do rio	Compr. = 1.120 m larg. mín = 170 m prof. = 14 m	Navios com até 350 m de Loa	Aproximadamente: R\$ 30.000.000,00	Aproximadamente R\$ 500.000,00/mês	Só requer manutenção	Não possui	Sim	Não	Aproximadamente: R\$ 10.000.000,00
	Bacias de Evolução	Porção mais larga e profunda do rio para realização de manobras com os navios	02 Bacias: Diâmetros: 400 e 500m prof. = 14 m	Navios com até 350 m de Loa	Aproximadamente: R\$ 150.000.000,00	Aproximadamente R\$ 1.700.000,00/mês	Só requer manutenção	Não possui	Sim	Não	Aproximadamente: R\$ 40.000.000,00
	Sinalização Náutica	Dispositivos de sinalização, localizados sobre as infraestruturas ou fixados nos corpos de água (rio e foz)	Extensão de 9.420 m	Navios com até 350 m de Loa	Aproximadamente: R\$ 2.500.000,00	Aproximadamente R\$ 85.000,00/mês	10 anos	Não possui	Sim	Não	Muito baixos
	Molhes	Estruturas de rocha construídas para proteção das manobras dos navios e estabilização das margens do rio	Molhes e Guias Correntes: extensão 3.100,00 m	Navios com até 350 m de Loa	Aproximadamente: R\$ 1.100.000.000,00	Aproximadamente R\$ 50.000,00/mês	200 anos	Não possui	Sim	Não	Aproximadamente: R\$ 20.000.000,00

**Tabela 45:** Descrição da infraestrutura portuária (dimensões capacidades, custos, ciclo de vida, seguro, histórico de impactos, adaptações e gastos decorrentes de impactos climáticos) – Acesso aquaviário.

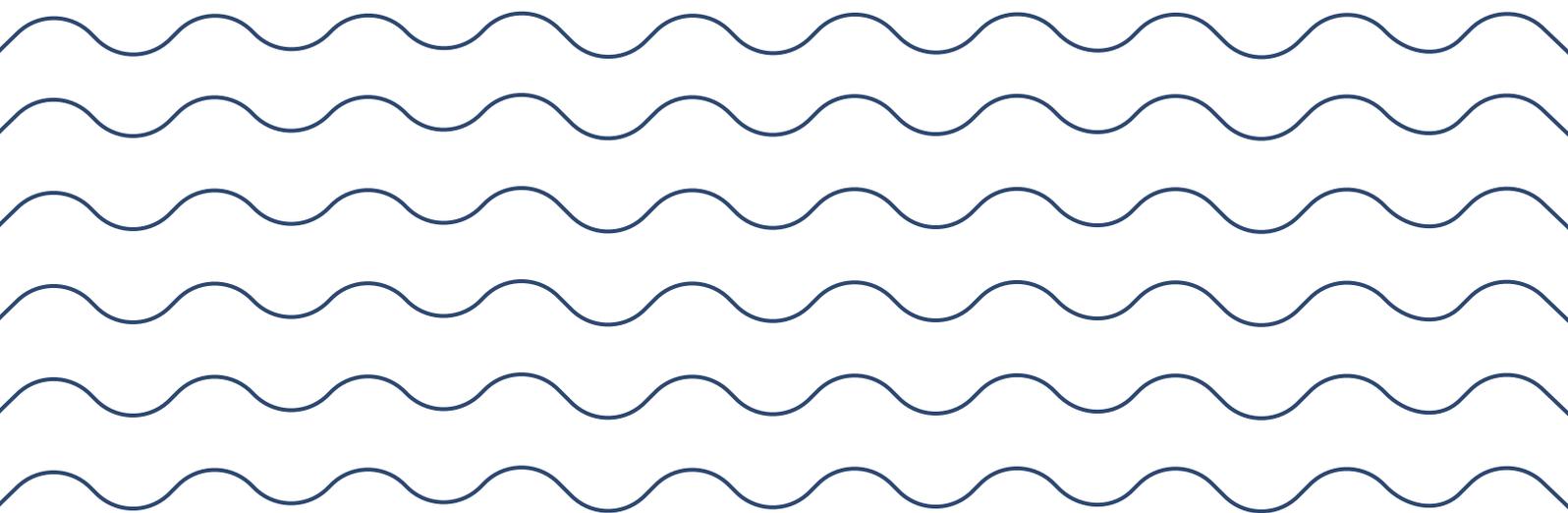
COMPONENTES DA INFRAESTRUTURA	DESCRIÇÃO	DIMENSÕES (APROX)	CAPACIDADE	CUSTOS		CICLO DE VIDA	SEGURO	JÁ FOI IMPACTADA POR ALGUM EVENTO CLIMÁTICO?	ADAPTAÇÕES CONTRA EMERGÊNCIAS/ RISCOS CLIMÁTICOS	GASTOS DECORRENTES DE IMPACTOS CLIMÁTICOS	
				CUSTOS CONSTRUTIVOS	CUSTOS MANUTENÇÃO						
Infraestrutura Portuária	Berços	Locais de atracação e operação dos navios para carga e descarga	Extensão total: 1047,30 m	5,00 Tf/m²	Aproximadamente: R\$ 600.000.000,00	Aproximadamente R\$ 100.000,00/mês	100 anos	Parcial	Sim	Sim (cortinas de estacas prancha)	Aproximadamente: R\$ 380.000.000,00
	Pátios de Armazenamento	Espaços logísticos de armazenamento	182.168,44 m²	14.571 TEUs	Aproximadamente: R\$ 550.000.000,00	Aproximadamente R\$ 100.000,00/mês	Só requer manutenção	Parcial	Sim	Sim (cortinas de estacas prancha nos berços)	Aproximadamente: R\$ 5.000.000,00
	Armazéns	Locais de armazenamento de carga	7.093,16 m²	17.102 m³	Aproximadamente: R\$ 15.000.000,00	Aproximadamente: R\$ 10.000,00/mês	50 anos	Parcial	Sim	Sim (cortinas de estacas prancha nos berços)	Aproximadamente: R\$ 500.000,00
	Equipamentos de Içamento	Máquinas e guindastes especializados para carregamento dos navios	02 Portêineres STS e 02 MHC ***	104 ton. MHC e 100 ton. STS	Aproximadamente: R\$ 160.000.000,00	Aproximadamente: R\$ 260.000,00/mês	STS 20 anos MHC 10 anos	Sim	Não	C/ ventos superiores a 42 m/s, paralisa a operação e possui dispositivo para resgate em altura	Não

**Obs:** 1) \*\*\* Equipamentos do operador portuário; 2) As informações de custos apresentadas são ordem de grandeza e não devem ser utilizados como referência de preços para outras obras.

**Tabela 46:** Descrição da infraestrutura portuária (dimensões capacidades, custos, ciclo de vida, seguro, histórico de impactos, adaptações e gastos decorrentes de impactos climáticos) – Infraestrutura portuária.

TÍTULOS NOME DO RISCO	DESCRIPTIVO	ENCHENTES	FORTES CORRENTEZAS	ASSOREAMENTO	ONDAS E RESSACAS	VENTOS FORTES	NEBLINA	ELEVAÇÃO DO NÍVEL DO MAR
PRIORIDADE	PRIORIDADE - PORTO ITAJAÍ	1	2	3	4	5	6	7
<b>Descrição do Risco</b>	Descrição Qualitativa do risco usualmente contendo quatro elementos: fontes, causas, eventos e consequência. Também incluem tamanho, tipo, número e dependências.	Risco decorrente de forte precipitação nas bacias hidrográficas a montante	Risco decorrente de forte precipitação nas bacias hidrográficas a montante	Risco decorrente da deposição natural de sedimentos	Risco decorrente da entrada de frentes de leste e sul	Risco decorrente de fortes rajadas de ventos	Risco decorrente da perda de visibilidade ocasionada pela neblina	Risco decorrente da elevação do nível do mar
<b>Quantificação do Risco</b>	Tamanho do potencial das perdas e ganhos	Alto	Alto	Médio	Médio	Baixo	Baixo	Baixo
	Consequências de ambas as ameaças e oportunidades (alto, médio e baixo)	Alto	Alto	Médio	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
	Probabilidade de ameaças apenas (provável, possível, remota)	Possível	Possível	Provável	Possível	Possível	Possível	Remoto
<b>Tratamento do Risco e mecanismos de controle</b>	Meios primários pelo quais os riscos são correntemente manejados	Monitoramento dos rios, melhorias de infraestrutura	Monitoramento pluviométrico e do rio, melhorias de infraestrutura	Dragagem de manutenção e monitoramento batimétrico e da vazão do rio	Monitoramento das ondas e marés	Monitoramento dos ventos e das chuvas	Monitoramento climático	Monitoramento climático
	Níveis de Confiabilidade nos controles existentes	Médio	Médio	Alto	Alto	Médio	Alto	Médio
	Identificação de protocolos para monitorar e revisar	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Médio	Médio
<b>Ações Potenciais para melhoria</b>	Responsável pelo Risco	Comitê de Crise	Comitê de Crise	Comitê de Crise	Comitê de Crise	Comitê de Crise	Marinha/Praticagem	Comitê de Crise

Tabela 47: Descrição qualitativa dos riscos/ameaças climáticas e hidrológicas.



Por ordem do



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

da República Federal da Alemanha

Por meio da

**giz** Deutsche Gesellschaft  
für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

 **PROADAPTA | CSI**  
Adaptação à Mudança do Clima



MINISTÉRIO DO  
MEIO AMBIENTE

MINISTÉRIO DA  
INFRAESTRUTURA

MINISTÉRIO DA  
ECONOMIA

