



Secretaria de Estado do Meio Ambiente e da Economia Verde de Santa Catarina - SEMAE
Diretoria de Clima, Economia Verde, Energia e Qualidade Ambiental - Gerência de Clima e Energia
Fundação de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de Santa Catarina - FAPESC

Riscos climáticos e adaptação em Santa Catarina: estratégias para uma agenda resiliente

Região Geográfica de Criciúma - Santa Catarina, Brasil

Florianópolis, agosto de 2024

Expediente

Jorginho Mello

Governador do Estado de Santa Catarina

Marilisa Boehm

Vice-Governadora do Estado de Santa Catarina

Guilherme Dallacosta

Secretário do Meio Ambiente e da Economia Verde - SEMAE

Gabriela Brasil dos Anjos

Diretora de Clima, Economia Verde, Energia e Qualidade Ambiental

Cristiane Casini Bitencourt

Gerente de Clima e Energia

Autoria

Francisco Arenhart da Veiga Lima, Geógrafo, Mestre em Gestão Costeira, Doutor em Geografia - Pesquisador FAPESC em Mudança Climática e Sustentabilidade - Edital nº 41/2022 – Programa de Apoio à Pesquisa Aplicada nas Áreas de Meio Ambiente, Serviços Ecossistêmicos, Biodiversidade, Mudanças Climáticas e Desenvolvimento Sustentável da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e da Economia Verde (SEMAE).

Revisão

Ana Leticia Araujo de Aquino Bertoglio - Secretária do Meio Ambiente e da Economia Verde do Estado de Santa Catarina - SEMAE. Gerência de Clima e Energia.

Cristiane Casini Bitencourt - Secretária do Meio Ambiente e da Economia Verde do Estado de Santa Catarina - SEMAE. Gerência de Clima e Energia.

Daisy Zambiasi - Secretária do Meio Ambiente e da Economia Verde do Estado de Santa Catarina - SEMAE. Gerência de Economia Verde.

Igor Polla Marcelino - Secretária do Meio Ambiente e da Economia Verde do Estado de Santa Catarina - SEMAE. Gerência de Clima e Energia.

Citação recomendada

Veiga Lima, Francisco A. da. (2024). Riscos climáticos e adaptação em Santa Catarina: estratégias para uma agenda resiliente. Região Geográfica de Criciúma - Santa Catarina, Brasil. Governo do Estado de Santa Catarina. Secretária do Meio Ambiente e da Economia Verde do Estado de Santa Catarina - SEMAE. Diretoria de Clima, Economia Verde, Energia e Qualidade Ambiental. Gerência de Clima e Energia. Fundação de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de Santa Catarina - FAPESC. Florianópolis. 77 p. 2024.

1. Apresentação

A Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), Lei nº 12.187/2009, oficializa o compromisso voluntário do Brasil junto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a redução de emissões de gases de efeito estufa e a promoção de ações de adaptação, incluindo a construção de planos nacionais para adaptação. Neste sentido, o país instituiu o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA), Portaria nº 150/2016, que tem como objetivo promover a redução da vulnerabilidade nacional à mudança do clima e realizar uma gestão do risco associada a esse fenômeno (MMA, 2016). O PNA, denominado Plano Clima - Adaptação, encontra-se em atualização pelo Governo Federal e conta com a participação de 20 ministérios, e será composto por 15 planos setoriais que trarão metas, formas de implementação e meios de financiamento necessários.

O Estado de Santa Catarina conta com a Política Estadual de Mudanças Climáticas e Desenvolvimento Sustentável Lei nº 14.829/2009, o Fórum Catarinense de Mudanças Climáticas Globais e de Biodiversidade e o Fundo Catarinense de Mudanças Climáticas. Na Figura 1 é apresentado o esboço de atribuições da agenda climática nas esferas nacional, estadual e local.



Figura 1. Fluxograma das atribuições das diferentes esferas governamentais. Elaboração: Francisco Veiga Lima.

Neste sentido, o presente trabalho intitulado **Riscos climáticos e adaptação em Santa Catarina: estratégias para uma agenda resiliente** - Região Geográfica de Criciúma, desenvolvido no âmbito da Gerência de Clima e

Energia da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e da Economia Verde de Santa Catarina - SEMAE/SC, visa subsidiar a construção do Programa Ação Climática SC, que consiste no instrumento de planejamento de diretrizes e ações para a identificação de riscos climáticos prioritários, as vulnerabilidades que potencializam os riscos, aumento da resiliência de cidades e setores, e construção de uma agenda de adaptação para o estado. Ademais, entende-se que as diretrizes e informações que compõem o documento poderão auxiliar municípios e regiões metropolitanas a estruturarem seus planos locais de ação climática.

O enfrentamento da crise climática vem cada vez mais tomando o devido espaço nas agendas de governança do setor público e privado, devido a intensificação de impactos, o que demonstra a relevância da adaptação para o país, estados e municípios. Tem-se como exemplo prático a observação de perdas de vidas e danos à saúde e ao bem-estar humano a cada evento de desastre provocado por chuvas extremas, perdas de safras agrícolas, comprometimentos do abastecimento de água e da geração de energia em situações de seca ou chuvas concentradas, além de danos à infraestrutura por vendavais, deslizamento de encostas, alagamentos e inundações, entre tantos outros.

Como instrumento de planejamento e implementação, os Planos de Adaptação e Resiliência Climática tem como objetivo a redução de riscos e vulnerabilidades de territórios, atividades, ecossistemas e comunidades, por meio de respostas e ações concretas para minimizar e evitar danos e prejuízos, para aumentar a sua resiliência e explorar oportunidades de desenvolvimento socioeconômico sustentável. A compreensão da dimensão sobre os riscos climáticos, como resultados de processos e fenômenos climáticos e socioeconômicos, que evoluem e interagem ao longo do tempo, é imprescindível para o correto e eficiente endereçamento de estratégias e ações de adaptação, aos quais diferentes setores, governos e comunidades estão expostos.

Para tanto, instrumentos e estratégias devem necessariamente priorizar a redução do risco climático, bem como o fomento à justiça climática, e a integração de ações, tomadas de decisão, investimentos e financiamentos aplicados nos diferentes níveis de governança, setores e horizontes temporais, de forma a englobar riscos atuais e futuros. Contudo, esse planejamento ainda requer avanços quanto ao desenvolvimento em escalas sub-regionais e locais, que geralmente possuem limitados recursos técnicos e financeiros a serem direcionados à agenda climática.

Como embasamento metodológico, o presente relatório utilizou o “ciclo da adaptação” da UNFCCC (2019), composto basicamente por quatro principais etapas (Figura 2) que subsidiarão o planejamento e implementação de medidas de adaptação e sua integração no planejamento e governança.

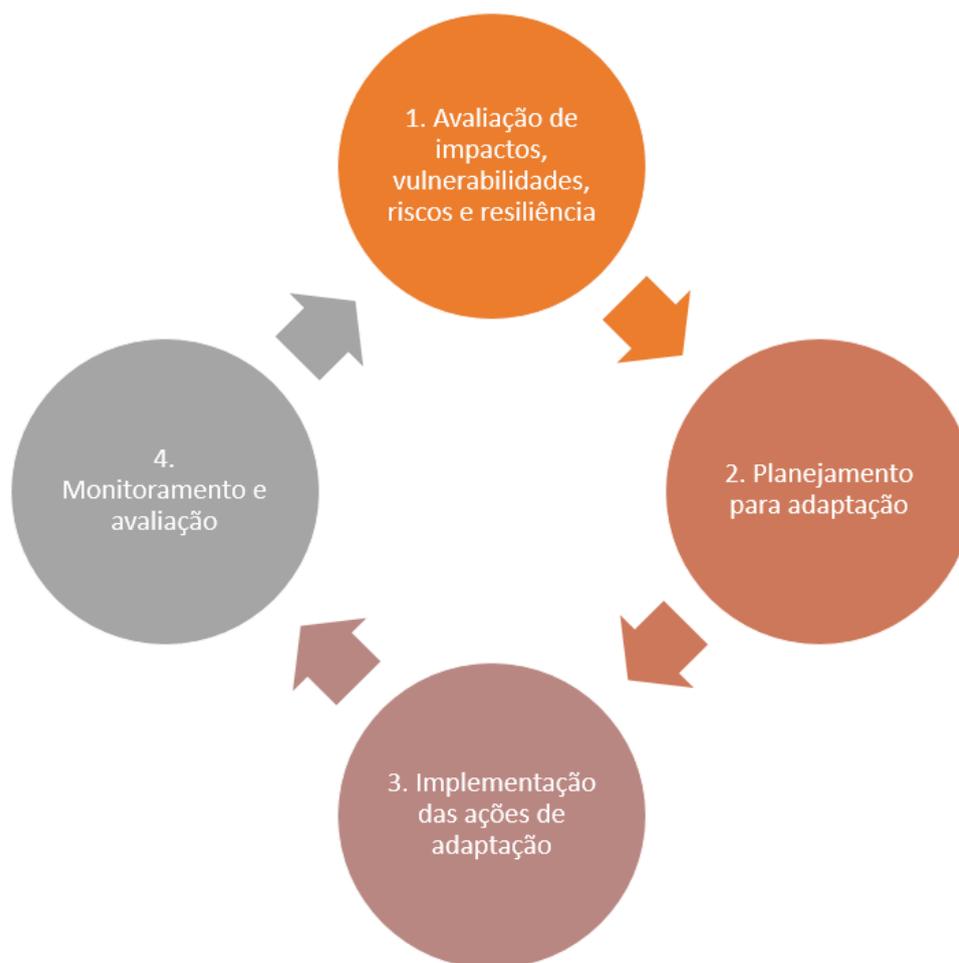


Figura 2. Ciclo das etapas de adaptação à mudança do clima. Fonte: UNFCCC, 2019.

A seguir, são detalhadas as etapas presentes no ciclo (UNFCCC, 2019).

1) Avaliação de impactos, vulnerabilidade e riscos: avaliação inicial baseada em observações e na ciência mais atualizada de como a mudança do clima está impactando ou pode impactar os sistemas naturais e humanos. Também inclui uma avaliação da capacidade dos sistemas de se adaptarem. Deve ser atualizada periodicamente a partir de novos dados, informações e métodos de análise. Utiliza conhecimento de tendências climáticas históricas e projeções futuras, assim como análise de dados e interpretação.

2) Planejamento para a adaptação: a partir da etapa anterior, são identificadas potenciais ações de adaptação, que passarão por um processo de avaliação e priorização. Essa etapa também contempla a identificação de sinergias com outros objetivos de desenvolvimento existentes, de co-benefícios com estratégias de mitigação, entre outros.

3) Implementação das ações de adaptação: as iniciativas elencadas no plano passam a ser implementadas em diferentes níveis, como local, regional ou nacional, e por meios variados, como

políticas, programas, projetos ou estratégias. A adaptação deve ser incorporada na definição de orçamentos, políticas setoriais e outros instrumentos da gestão.

4) Monitoramento e avaliação: um processo contínuo de monitoramento e avaliação deve ser promovido para garantir que os esforços sejam bem-sucedidos e que as informações e conhecimentos gerados retroalimentem o ciclo de forma a alcançar melhorias futuras. O monitoramento dos resultados da implementação busca manter um registro, enquanto a avaliação auxilia na identificação da efetividade das ações.

Destaca-se que o relatório de **Riscos climáticos e adaptação em Santa Catarina: estratégias para uma agenda resiliente** - Região Geográfica de Criciúma, avançou até a fase 2 do Ciclo de Adaptação, devido a seu caráter técnico-científico, dependendo assim de ações e articulações político-institucionais para o avanço nas etapas 3 e 4, de implementação de medidas de adaptação e monitoramento, respectivamente.

1.1 Objetivo

O objetivo deste trabalho consiste na identificação de componentes do risco climático e na proposição de medidas de adaptação para o Estado de Santa Catarina, com especial enfoque para a Região Geográfica de Criciúma.

2. Mudança do clima no contexto brasileiro

O aquecimento do sistema climático global é inequívoco e a temperatura global já aumentou 1,1°C, com aumento nas temperaturas globais médias do ar e dos oceanos, derretimento generalizado de neve e gelo, e aumento global do nível do mar, conforme evidencia o IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (2022). De acordo com o último relatório AR6, para limitarmos o aumento de temperatura em 2°C em relação aos níveis pré-industriais, serão necessárias reduções de emissões globais de gases de efeito estufa (GEE) de forma a atingirmos emissões líquidas zero (net zero) até 2050. O Brasil ocupa a sexta colocação no ranking de emissões de GEE no planeta, sendo que cerca de 80% das emissões são provenientes do uso da terra, em especial do desmatamento de florestas nativas e a conversão para o uso agrícola e pastagens. Para mudar este cenário, o Brasil deve direcionar esforços para cumprir o Acordo de Paris. Contudo, os esforços de adaptação devem ser colocados em prática independentemente das metas e ações de mitigação climática, devido ao fato de que os impactos da mudança do clima já são amplamente observados e sentidos na atualidade e devem se intensificar ao longo dos próximos anos e décadas.

Análises realizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2022), evidenciam em diversas regiões e cidades do país, mudanças na variabilidade climática e dos extremos meteorológicos nos últimos sessenta

anos, como o aumento das temperaturas e da precipitação. Já se tem registro da intensificação e do aumento da frequência de eventos extremos e das temperaturas no Brasil nos últimos anos (MMA, 2016). Em algumas regiões do país, precipitações violentas provocaram deslizamentos, enchentes e inundações. Em outras, períodos de seca extrema comprometeram o abastecimento de água, a produção agrícola e a geração de energia. E são nas cidades onde esses efeitos se concentram e causam mais danos, afinal elas abrigam 61% da população brasileira, aproximadamente 124,1 milhões de pessoas (IBGE, 2022). Nas cidades costeiras, o aumento do nível do mar associado às tempestades, ressacas e ventos fortes causam danos às infraestruturas, salinização de corpos hídricos e prejuízos socioeconômicos. Em resumo, os efeitos adversos da mudança do clima impactam os sistemas naturais, humanos, produtivos e de infraestrutura.

No Brasil, o processo de expansão urbana desordenado resultou na concentração de populações mais vulneráveis nas denominadas “áreas de risco”, que são áreas suscetíveis a inundações e deslizamentos de terra. Essas áreas têm um alto grau de exposição, ou seja, as populações estão expostas tanto a eventos de ocorrência súbita (como deslizamentos de terra, enxurradas, etc.), quanto a eventos de natureza gradativa (como cheias e inundações), conforme aponta o relatório do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas - PBMC (2016). Levantamento do MDR (2022) aponta que a deflagração de eventos climáticos pode levar até 3 milhões de brasileiros à pobreza extrema a partir de 2030. Soma-se a isso, o fato de que dos 5570 municípios brasileiros, um total de 3.679 possui capacidade adaptativa baixa ou muito baixa frente a ocorrência de eventos geohidrológicos, o que denota a necessidade urgente da construção de ferramentas e políticas de combate aos desastres e gestão de riscos climáticos, desde a escala nacional, à estadual e local.

O conhecimento sobre a implicação das ameaças climáticas sobre o território são fundamentais para elaboração de políticas públicas transversais que atuem desde o planejamento regional até a adoção de respostas para atividades setoriais, de modo a garantir uma sociedade mais resiliente. Neste sentido, destacam-se as análises de risco dos impactos da mudança do clima, como abordagens cruciais para auxiliar na identificação de medidas de adaptação efetivas. Para tais análises, diversos conjuntos de dados e produtos de clima estão disponíveis. No entanto, a aplicação adequada destes dados e produtos ainda é uma tarefa desafiadora.

Diante deste desafio, é fundamental adquirir conhecimento sobre os impactos e riscos da mudança do clima sobre o território e culturas da região sul catarinense, como forma de apoiar as ações necessárias à incorporação de medidas de prevenção, controle e resposta. Neste âmbito, a Gerência de Clima e Energia desenvolveu um relatório abrangendo a identificação de ameaças climáticas, dos riscos de impacto e de medidas de adaptação.

A identificação de medidas de adaptação e sua posterior implementação estão respaldadas pelo PNA (MMA, 2016), que no seu art. 4º, inciso V, estabelece a necessidade de implementação de medidas para promover a adaptação à mudança do clima por parte das três esferas da Federação. O plano prevê que todos os setores

vulneráveis aos impactos da mudança climática devem desenvolver estratégias adequadas para a gestão do risco climático. A atualização da política de adaptação brasileira, denominada Plano Clima - Adaptação, prevê metas, ações e diretrizes para 15 setores e temas estratégicos, segundo a Resolução nº 3 de 14 de setembro de 2023, sendo eles: Agricultura e pecuária, Biodiversidade, Cidades e mobilidade, Gestão de Riscos e Desastres, Indústria, Transportes, Energia, Povos e comunidades Tradicionais, Povos Indígenas, Igualdade Racial e combate ao racismo, Recursos Hídricos, Saúde, Segurança Alimentar e nutricional, Turismo, Oceanos e Zonas Costeiras. O plano aponta ao mesmo tempo para a necessidade de uma abordagem setorial da adaptação, considerando a transversalidade de certos temas como nas áreas de segurança alimentar e nutricional, hídrica e energética, e incluindo também diretrizes sobre o uso de Soluções baseadas na Natureza (SbN) e Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE) e a necessidade de se criar estratégias específicas para populações vulneráveis (MDR, 2022).

Ainda na esfera nacional, a quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC) (MCTI, 2021) discute em detalhes e com base em uma abordagem integrada, a proposição de políticas e ações de adaptação, no capítulo IVA - Impactos, Vulnerabilidades e a Adaptação. Assim como o PNA (MMA, 2016), a NDC também fortalece a utilização da abordagem das SbN e AbE como formas de fortalecer sinergias das medidas de adaptação, já que elas exercem tanto o papel de favorecer o equilíbrio climático dos territórios onde são aplicadas quanto promover a prevenção de enchentes e deslizamentos, por exemplo. Outro importante passo à frente na matéria refere-se ao Projeto de Lei 4129/21, que estabelece diretrizes para a formulação do plano nacional e dos planos estaduais e municipais de adaptação às mudanças climáticas. O IPCC, através de seu último relatório AR6 (2022), também reforça como matéria prioritária nas agendas públicas e privadas globais, o investimento e esforço para planejamento, implementação e monitoramento de medidas de adaptação.

A elaboração do estudo visa ainda articular seu alcance com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) no Brasil, especialmente relacionados aos ODS 11, 13, 15 e 17, e indiretamente com os ODS 04, 06, 07, 09, 10, 14 e 17, conforme indicado na figura 3 a seguir.



Figura 3. Fluxograma das atribuições das diferentes esferas governamentais. Elaboração: Francisco Veiga Lima.

2.1 Região Geográfica de Criciúma - sul de Santa Catarina

Como escala de análise do estudo, optou-se por trabalhar com recorte territorial de “regiões geográficas intermediárias” do IBGE (2017), abrangendo, portanto, a Região Geográfica de Criciúma, sul do Estado de Santa

A região, assim como todo o território catarinense, está entre as mais atingidas, quanto a frequência e impactos, por diversos tipos de eventos ao longo de sua história, de acordo com a Defesa Civil de Santa Catarina (DCSC, 2022). O estado ocupa a 5ª posição entre os estados com maiores danos materiais e prejuízos por desastres socioambientais (DCSC, 2022), e contabiliza R\$43,14 bilhões, e um total de 336 óbitos e 341.690 desabrigados e desalojados (MDR, 2024). Considerando a divisão da tipologia de ameaças climáticas avaliadas pela DCSC entre 1991 e 2019, para ocorrências envolvendo eventos hidrológicos (enxurradas, inundações, movimentos de massa) Santa Catarina ocupa a 1ª posição (2.945 registros), e a 2ª (1.189 registros) para eventos meteorológicos - granizo, tornado, vendavais (ciclones e tempestades), enquanto para eventos climatológicos de seca e estiagem ocupa a 9ª posição (1.342 registros). Esse quadro resulta em significativos danos humanos à toda sociedade catarinense, com aproximadamente 1 milhão de pessoas desabrigadas e desalojadas, número que coloca o estado no topo neste quesito em todo o país. Na avaliação de registros, foram contabilizados aproximadamente 5.500 ocorrências de desastres socioambientais que afetaram mais de 11 milhões de pessoas direta ou indiretamente. A Figura 5 detalha o total de ocorrências registradas para cada tipologia de ameaças climáticas, bem como os números relacionados a perdas e danos (DCSC, 2022).

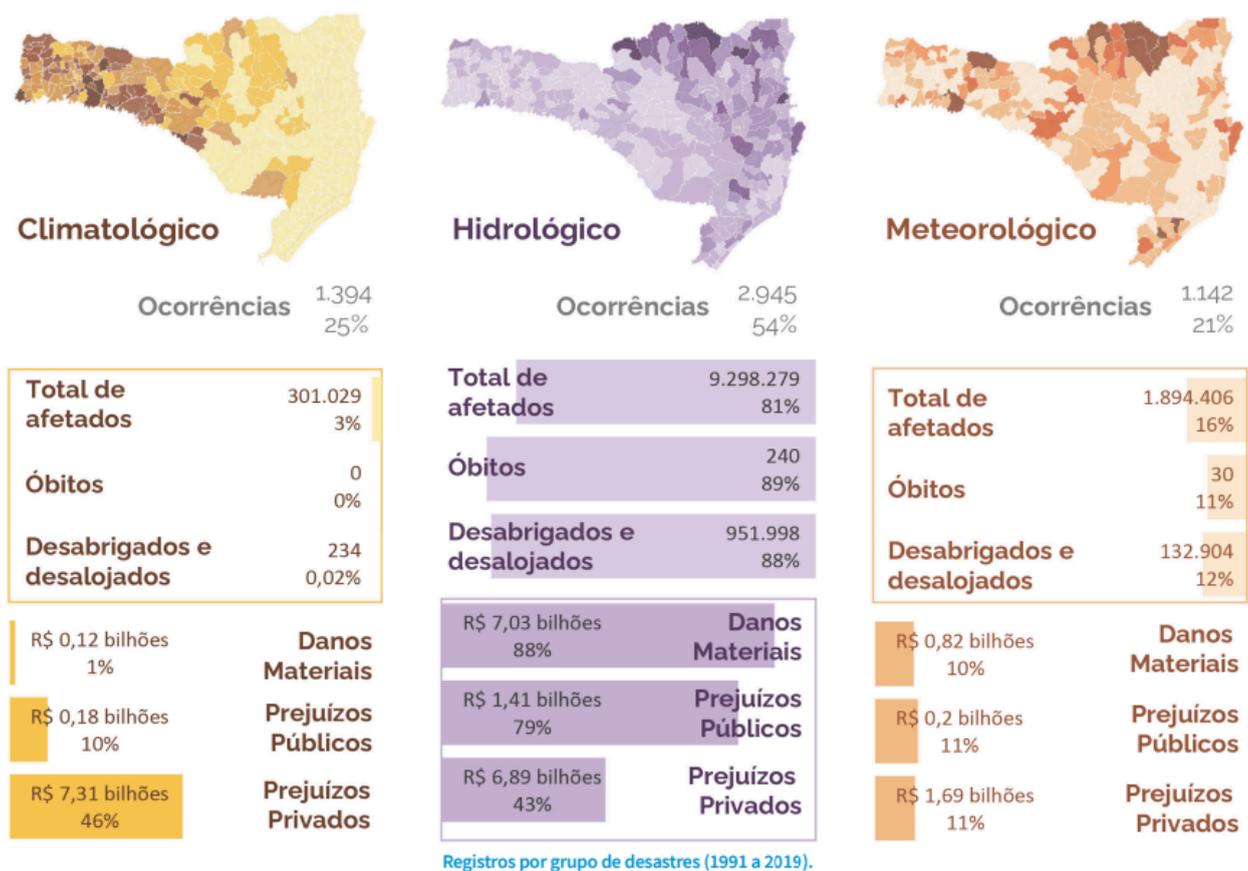


Figura 5. Registros por grupo de desastres (1991 a 2019). Fonte: Baseado em Atlas Digital de Desastres no Brasil (MDR, 2024) e Relatório de Danos Materiais e Prejuízos decorrentes de desastres naturais no Brasil (1995-2019) (Banco Mundial, 2020 em DCSC, 2022).

A ocorrência de eventos climatológicos, hidrológicos e meteorológicos ameaçam não somente o desenvolvimento econômico do território, através de danos às infraestruturas, indústrias e agricultura, mas também a qualidade de vida da população e do meio ambiente (PBMC, 2016). De acordo com levantamento e monitoramento do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais - CEMADEN, no escopo do Plano Nacional de Gestão de Riscos e Respostas a Desastres (2012), dos 959 municípios monitorados pelo centro, para eventos de movimentos de massa e/ou decorrentes de processos hidrológicos (inundações, enxurradas, alagamentos), 15 deles estão localizadas na Região Geográfica de Criciúma, Santa Catarina, sendo eles: Criciúma, Araranguá, Tubarão, Imbituba, Braço do Norte, Forquilha, Garopaba, Morro da Fumaça, Nova Veneza, Turvo, Jacinto Machado, Rio Fortuna, Timbé do Sul, Meleiro e Maracajá. A figura 6 destaca os municípios mais atingidos por eventos e desastres na Região Geográfica de Criciúma.

Em levantamento realizado pelo Tribunal de Contas Estadual de Santa Catarina (TCE, 2024), a partir de dados da Defesa Civil e municípios, dos 100 municípios mais vulneráveis do estado, 11 estão localizados na região sul (Jacinto Machado, Timbé do Sul, Turvo, Meleiro, Forquilha, Nova Veneza, Criciúma, Maracajá, Araranguá, Tubarão e Capivari de Baixo). Destes, dois sequer possuem órgãos de proteção e defesa civil formalizados, são eles Jacinto Machado e Maracajá, o que acentua a vulnerabilidade à ocorrência de desastres, considerando a baixa capacidade de resposta a eventos de deslizamentos de solo e de inundações.

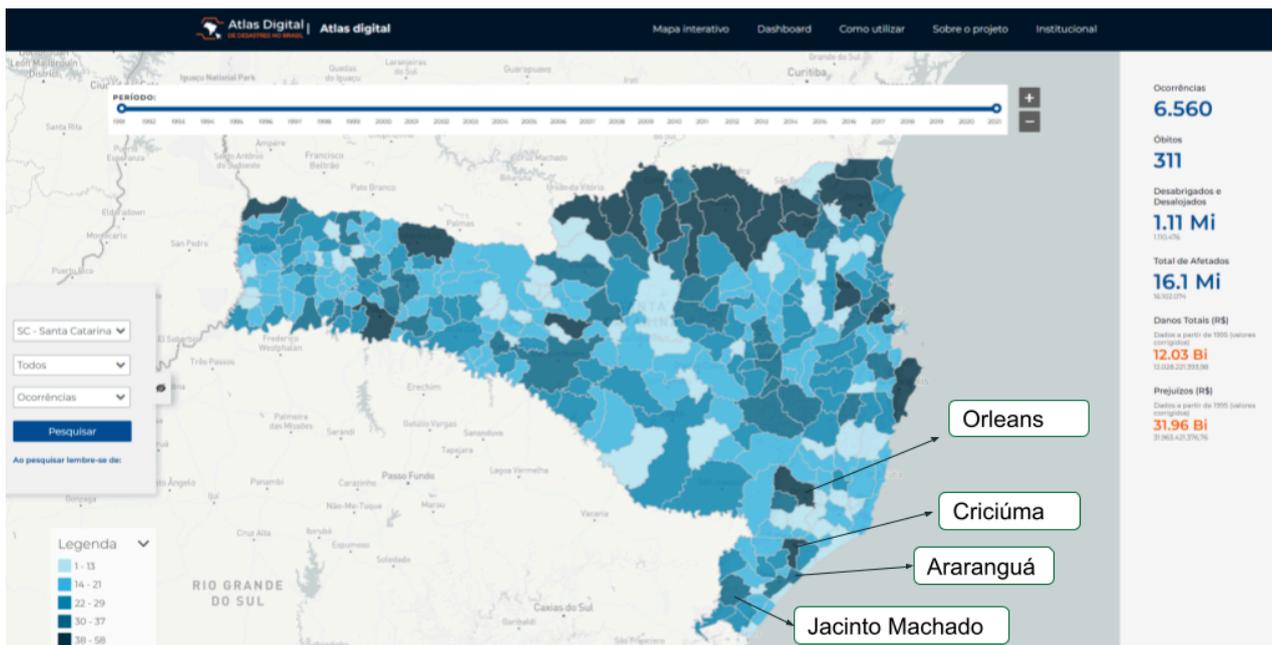


Figura 6. Mapa contendo registro de ocorrências de desastres no Estado de Santa Catarina. Destaque realizado pelo autor, para o número de eventos nos municípios mais afetados na região Sul Catarinense: Orleans (42), Criciúma (38), Araranguá (34) e Jacinto Machado (32). Fonte: Adaptado de Brasil (2023).

Além dos eventos citados, a região está exposta a uma diversidade muito grande de ameaças climáticas, por estar localizada justaposta à cadeia de montanhas da Serra do Mar, na interface entre terra – mar – lagoas. Estas características resultam na ocorrência de eventos de inundação e erosão costeira, pela ocorrência de

marés de tempestade e do aumento do nível do mar, além da ocorrência de precipitações extremas, vendavais e tornados, causando inundações, destelhamentos, entre outros. Considerando a tendência de intensificação da mudança do clima e da ocorrência de eventos extremos, tais efeitos adversos ao território e à sociedade catarinense tendem a aumentar em frequência e intensidade (PBMC, 2016).

Os efeitos climáticos ainda são potencializados pela expansão da malha urbana avançando cada vez mais em direção à orla marítima e fluvial, sobre remanescentes florestais e áreas de risco, o que resulta em alterações bruscas no uso e ocupação do solo, e afeta diretamente a qualidade de vida da sociedade, os meios de produção e a biodiversidade, bem como em áreas de encostas. Além de cidades, diversas atividades setoriais, a exemplo do setor agrícola, ficam comprometidas por enchentes provocadas por chuvas intensas, resultando numa maior incidência de doenças nas culturas, dificuldades para realização de colheita e transporte da produção (CDP, 2021), além de perdas a longo prazo por morte de plantas perenes, como da fruticultura. A junção entre o aumento da ocorrência e intensidade de fenômenos naturais, a alta exposição de comunidades, infraestruturas e atividades econômicas, com vulnerabilidades socioeconômicas, acentuam de forma significativa o risco de impactos climáticos na região. Estas características têm ajudado a formar cenários de risco cada vez mais complexos, que demandam especial atenção por parte dos gestores públicos e implementação de medidas de adaptação integradas.

2.2 Observações históricas e projeções climáticas

Para promover uma adequada adaptação à mudança do clima, tão importante quanto observar a exposição atual dos sistemas de interesse aos eventos climáticos e a ocorrência de eventos históricos, é avaliar a exposição futura. Essa avaliação é possível através do uso de uma série de técnicas e ferramentas, como a projeção de cenários e a utilização de modelos climáticos globais e regionais. As observações científicas já constataam aumento nas temperaturas globais médias do ar e dos oceanos, derretimento generalizado de neve e gelo e aumento global do nível do mar, evidenciando que o aquecimento do sistema climático global é inequívoco (IPCC, 2022).

Possíveis impactos para o Brasil e a América do Sul consistem na extinção de habitats e de espécies, principalmente na região tropical; substituição de florestas tropicais por savanas e vegetação semiárida por árida; aumento de regiões em situação de estresse hídrico, ou seja, sem água suficiente para suprir as demandas da população, aumento de pragas em culturas agrícolas e de doenças, como a dengue e malária, além do deslocamento e migração de populações, e aumento da insegurança energética e hídrica (PBMC, 2014; MMA, 2016).

O Brasil possui um vasto território com regiões pronunciadamente diferentes, das quais algumas são particularmente vulneráveis a eventos climáticos extremos. Dados do INMET (2022) demonstram através de observações históricas (1991-2020) o aumento significativo da ocorrência de chuvas extremas (50mm, 80mm e

100mm) no Brasil, trazendo riscos de impacto por inundações severas e movimentos de massa para diversas localidades, de norte a sul do país. Assim sendo, as projeções de clima futuro fornecem informações valiosas constituindo-se em ferramentas úteis ao planejamento estratégico e à tomada de decisão visando minimizar impactos potencialmente desastrosos nas atividades socioeconômicas e no próprio meio ambiente. Os relatórios do PBMC (2016), do World Bank Group (2021), do IPCC-AR6 (2022) e BPBES (2023), são unânimes em revelar que já são observados registros da mudança do clima na América do Sul e no Brasil, além dos modelos climáticos que preveem demais alterações em padrões climáticos e efeitos adversos para sociedade e meio ambiente:

- Aumento de temperatura de até 2,5°C na região costeira do Brasil entre 1901 e 2012;
- Aumento do número de dias com chuvas acima de 30 mm na região sudeste;
- Incremento em ocorrência, intensidade e duração das ondas de calor marinhas, o que impactará o clima ao longo da costa no Brasil, especialmente no Sul, provocando o fenômeno de tropicalização e mudanças na salinidade;
- Aumento na ocorrência, intensidade e influência dos eventos de El Niño Oscilação Sul (ENOS) no clima continental do país (El Nino Pacifico Leste Equatorial, La Nina e El Nino Pacifico Central);
- Aumento de eventos climáticos e eventos extremos, aumentando a exposição de milhões de pessoas a insegurança alimentar e escassez hídrica;
- Aumento de períodos de seca e eventos de inundação, associados a cenários de desnutrição e insegurança alimentar;
- Aumento do risco de epidemias de dengue, colocando bilhões de pessoas sob risco de saúde;
- Mudança no alcance territorial das espécies de flora e fauna;
- Alterações na estrutura dos ecossistemas.

O PBMC (2016) aponta ainda que, em estudos sobre a variabilidade climática de longo prazo na Região Sul do Brasil, foi observado que a quantidade de ondas de frio diminuiu nas últimas décadas, afetando culturas que dependem de épocas mais frias como plantações de café, uva, entre outras. Ademais, são observados nos últimos anos registros de intensificação de eventos extremos e de redução das taxas de retorno destes eventos (aumento de frequência), corroborando com resultados rodados por modelos climáticos globais com forçantes de aumento de concentração de emissões de GEE (MMA, 2016).

Projeções para região sul do Brasil

Segundo dados do PNA (2016), taxas de precipitação mais intensas são projetadas no Centro-Sul do Brasil até o final do século. Para a região sul do Brasil já se espera o aumento das chuvas mais destacadamente no verão (DJF) e na primavera (SON). Este aumento das chuvas ocorre de 2011 a 2040 e se intensifica até o final do século. Outro estudo elaborado no âmbito do MMA (2017) intitulado Impactos da Mudança Climática na Mata

Atlântica, indica que as principais projeções para o bioma na região sul do Brasil, incluindo a área objeto do presente estudo, referem-se a:

- Aumento na ocorrência de inundações, devido ao aumento dos extremos de precipitação;
- Aumento na ocorrência de erosão hídrica, principalmente no verão;
- Aumento na ocorrência de deslizamentos, principalmente em regiões serranas;
- Diminuição da disponibilidade de água no solo;
- Aumento na distribuição de vetores de doenças, principalmente no verão, devido à elevação dos extremos de temperatura e precipitação.

Estudos feitos pela equipe da Epagri/Ciram mostram que o aumento de temperatura média em Santa Catarina, em especial à noite, está alterando lentamente o mapa das plantações. Ademais, o IPCC (2022) aponta que extremos climáticos ainda existirão na região sul catarinense como, por exemplo, falta de chuvas em alguns anos e excesso de frio em alguns invernos.

O incremento em ocorrência, intensidade e duração das ondas de calor marinhas, deverá impactar o clima especialmente ao longo do litoral sul do país, provocando o fenômeno de tropicalização, segundo BPBES (2023). Tal fenômeno suscitará mudanças na distribuição geográfica e na redução da abundância de espécies e na quantidade de pescado. Além disso, como manifestação do aumento das temperaturas do Oceano Atlântico, é projetada a tendência de aumento da probabilidade da ocorrência de ciclones e que poderiam repetir eventos semelhantes ao Catarina de março de 2004, considerado o primeiro furacão já observado no Atlântico Sul, com chuvas fortes e ventos estimados em cerca de 150 quilômetros por hora (km/h), que levou a óbito onze pessoas no continente e no oceano e destruição em dezenas de municípios.

Diferentes projeções climáticas regionalizadas “*downscaling*” e modelos rodados pelo MCTI/INPE - Plataforma PClima - Projeções Climáticas no Brasil, demonstram o aumento expressivo de precipitação para a região sul do Brasil e Estado de Santa Catarina, bem como o aumento da temperatura máxima. As figuras 7, 8 e 9 apresentam os resultados dos diferentes modelos e experimentos climáticos disponibilizados pela plataforma - HADGEM2-ES, MIROC5, CANESM2 e BESM - corroboram (com variações) para a projeção de aumento de precipitação na região sul do Brasil.

Projeto Eta – Eta/HadGEM2–ES
Anomalia Anual de Precipitacao – RCP8.5 – Medio (2041–2070)

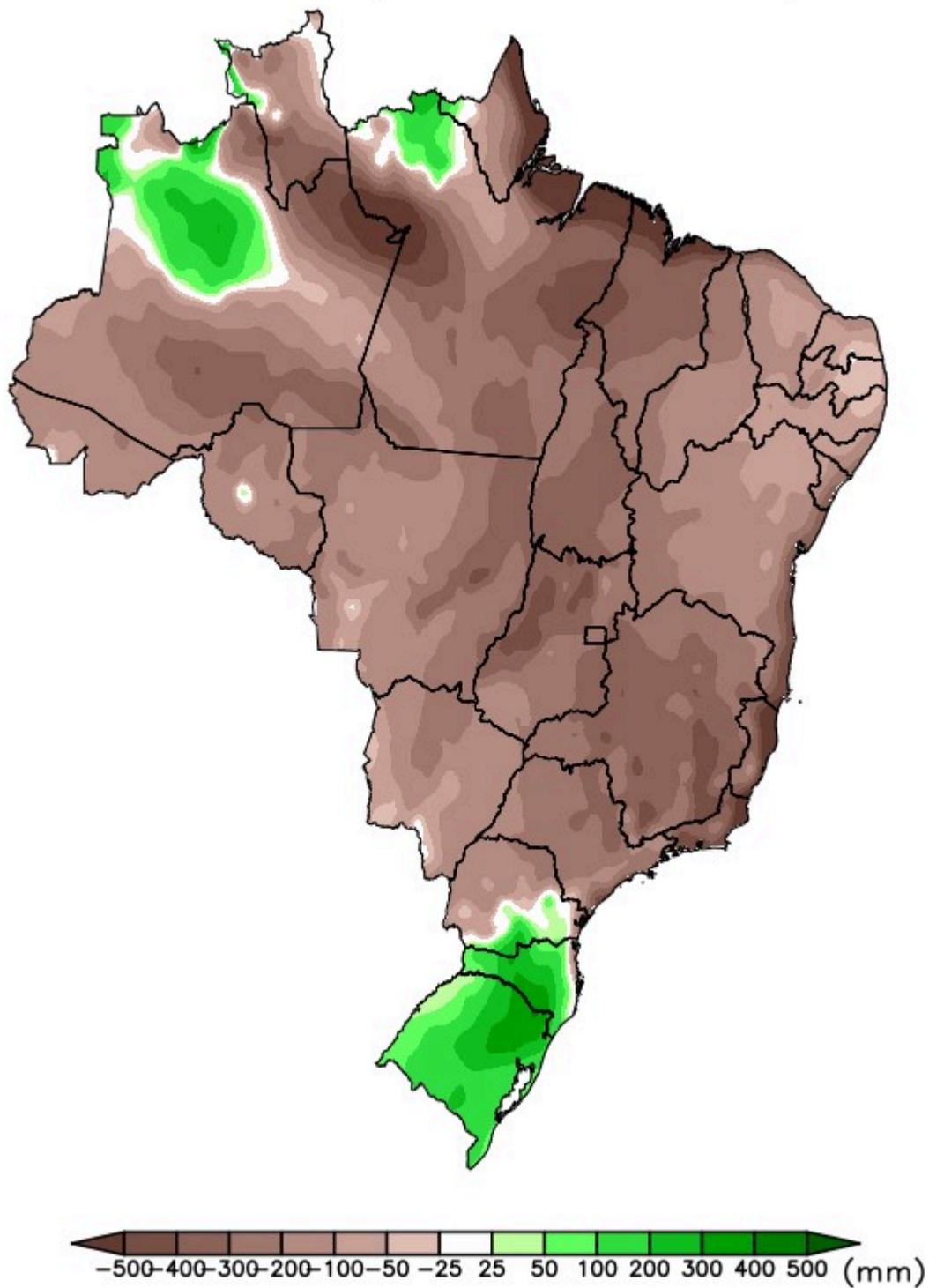


Figura 7. Projeção climática para precipitação total, período médio 2041-2070, no cenário RCP 8.5 (mais pessimista - caracterizado pelo aumento nas emissões sem sua estabilização, ou seja, as emissões continuam a crescer, bem como a concentração de gases de efeito estufa ao longo do tempo). Destaque para a projeção de aumento acentuado de precipitação em Santa Catarina. Fonte: PClima/INPE.

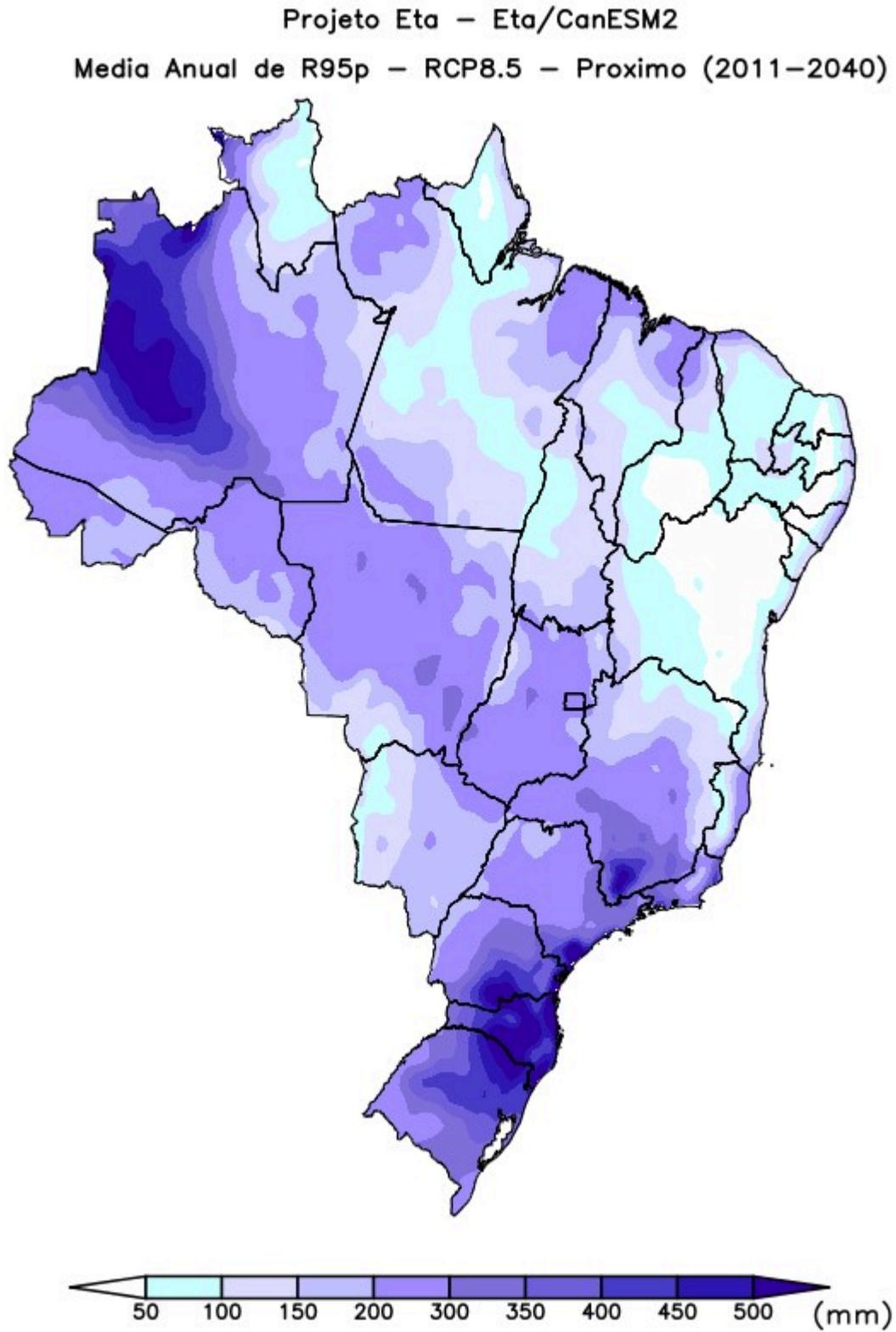


Figura 8. Projeção climática para média anual > percentil 95, período 2011-2040, no cenário RCP 8.5. Destaque para a projeção de aumento de precipitação na região sul do Brasil. Fonte: PClima/INPE.

Projeto Eta – Eta/HadGEM2–ES
Anomalia Anual de Temperatura Máxima – RCP8.5 (2041–2070)

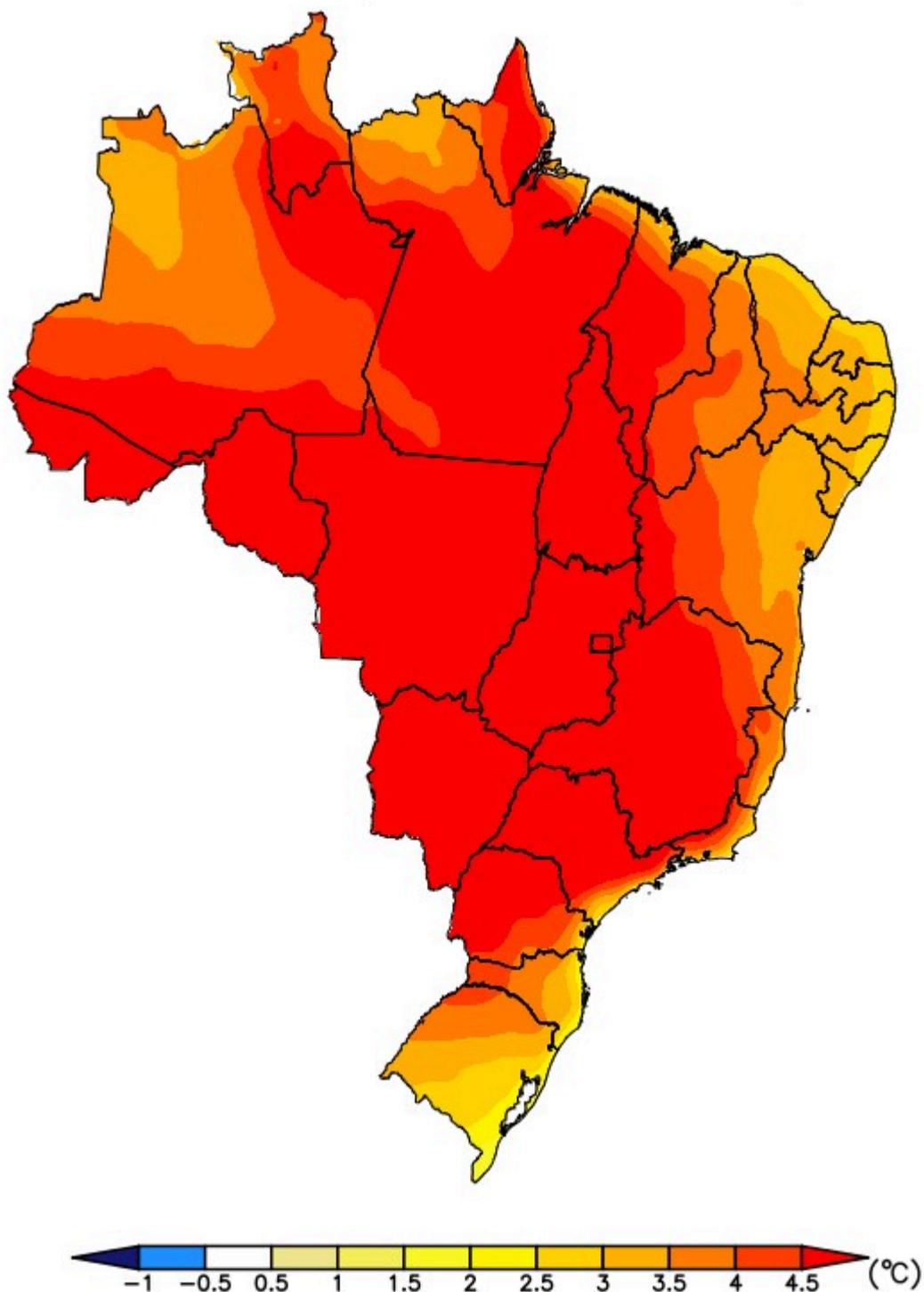


Figura 9. Projeção climática para anomalia de temperatura máxima, período 2041-2070, no cenário RCP 8.5. Destaque para a projeção de aumento de temperatura de 1.5° a 3.5° no território de Santa Catarina. Fonte: PClima/INPE.

No entanto, cabe ressaltar que a análise e exploração dos resultados de projeções e modelos climáticos não constitui objetivo central deste estudo, apenas busca demonstrar as projeções apontadas pelas plataformas de serviços climáticos disponíveis para o país. Ademais, as observações históricas, apresentadas nos parágrafos

anteriores, já denotam a necessidade da elaboração de análises de risco climático e implementação de medidas de adaptação para o território sul catarinense.

Por fim, segundo dados de pesquisa realizada pela Defesa Civil (2021), no âmbito do Plano Estadual e Defesa Civil de Santa Catarina (PPDC-SC) utilizando indicadores municipais de gestão de riscos e desastres, apenas 2% (5 municípios) possuem planos municipais de redução de riscos, que constituem importantes instrumentos de gestão territorial, integrando medidas de planejamento, engajamento interinstitucional, bem como ações preventivas e de enfrentamento de riscos e desastres. Por outro lado, um total de 84% dos municípios catarinenses (247 municípios) possuem mapeamento de áreas de risco, outra ferramenta que auxilia gestores públicos na prevenção de riscos e desastres. Somado a isso, aproximadamente metade dos municípios (51%) indicam possuir sistemas de monitoramento e alerta precoce de eventos (150 municípios). Neste sentido, este cenário traz oportunidades claras para melhoria da gestão de riscos e desastres, bem como para adaptação à mudança do clima, por parte do estado e municípios, a partir da integração entre instituições, elaboração de análises de risco climático e proposição de estratégias de adaptação em curto, médio e longo prazo.

3. Análise de Risco Climático

A identificação das necessidades de adaptação requer a análise dos fatores que determinam a natureza da vulnerabilidade, da exposição, da probabilidade e da intensidade das ameaças climáticas, ou seja, da Análise de Riscos Climáticos (ARC).

A ARC objetiva identificar fatores que contribuem para o estabelecimento de riscos climáticos na Região Geográfica de Criciúma, ecossistemas e seus serviços produzidos. Com estes dados, pode-se reunir elementos para qualificação e quantificação dos futuros problemas, definindo estratégias e medidas de adaptação para fazer face às futuras demandas relacionadas à mudança do clima, sendo esta estratégia também uma forma de aperfeiçoamento dos processos de gestão dos recursos naturais renováveis. Desta forma, as ARC tornam-se importantes contribuições para outros instrumentos de planejamento (Planos Diretores, Planos de Bacia, Planos regionais e setoriais) responsáveis pela melhor qualidade de vida das futuras gerações.

De acordo com o IPCC (2014), eis o conceito de risco climático introduzido no 5º Relatório de Avaliação (AR5, na sigla inglesa):

“Risco como o potencial para consequências (impactos), onde algo de valor está em jogo e onde o resultado é incerto. O risco de impactos relacionados ao clima resulta da interação entre ameaça, vulnerabilidade, exposição de sistemas humanos e naturais”.

Risco é frequentemente representado pela probabilidade de ocorrência de ameaças climáticas, ou de suas tendências, multiplicado pelos possíveis impactos ao acontecer tais ameaças. Neste caso, o risco é

frequentemente associado com o potencial de consequências adversas sobre vidas, meios de subsistência, saúde, ecossistemas e espécies, ativos econômicos, sociais e culturais, serviços (inclusive ecossistêmicos) e infraestrutura. A composição do risco de impacto climático leva em consideração a interação de três dimensões (IPCC, 2014): i) ameaça climática; ii) vulnerabilidade; e iii) exposição. Estas dimensões se inserem em um arcabouço metodológico (*framework*) (Figura 10) que combina conceitos utilizados por GALLOPÍN (2006) e pelo IPCC (2014).



Figura 10. Representação dos componentes do risco climático, através da “flor de risco”. Fonte: IPCC (2014).

Ameaça Climática consiste em eventos climáticos extremos com intensidade e/ou duração além do que seria considerado normal dentro da variabilidade climática de um determinado sistema socioecológico (GALLOPÍN, 2006). Incluem-se chuvas intensas, secas prolongadas, ondas de calor, ressacas, ciclones, furacões, etc. Os eventos extremos podem gerar perdas e danos significativos para a sociedade e para os ecossistemas.

Na temática das mudanças climáticas, o termo **vulnerabilidade** é entendido como a suscetibilidade potencial a danos, para uma mudança ou uma transformação do sistema socioecológico em análise, quando confrontado com uma determinada ameaça climática, e não o resultado desse confronto. A vulnerabilidade é considerada como específica para cada ameaça climática que afeta um determinado sistema socioecológico. Em outras palavras, um sistema socioecológico pode ser vulnerável a certos distúrbios e não a outros. Além disso, a vulnerabilidade está vinculada às situações de **sensibilidade** e **capacidade adaptativa** do sistema socioecológico em análise (GALLOPÍN, 2006).

Sensibilidade refere-se ao grau em que um sistema socioecológico é afetado, adversamente ou benéficamente, por efeitos relacionados ao clima, de forma direta ou indireta. A sensibilidade é uma propriedade inerente a um sistema socioecológico, existente antes da ameaça climática e independente (separada) da exposição (GALLOPÍN, 2003).

A **capacidade adaptativa** está associada a habilidade do sistema socioecológico de se preparar e se ajustar às alterações climáticas ou danos climáticos potenciais, visando diminuir os impactos negativos, aproveitar as oportunidades ou responder às suas consequências (GALLOPÍN, 2003 e 2006; IPCC, 2014).

Exposição representa o grau, duração e/ou extensão do contato entre o sistema socioecológico e a ameaça climática, ou seja, é um conceito que relaciona ambiente de análise e componente climática. A exposição a uma ameaça climática particular pode existir independentemente da vulnerabilidade que o sistema socioecológico apresenta (GALLOPÍN, 2003; IPCC, 2014).

3.1 Análises de Riscos Climáticos para setores da Região Geográfica de Criciúma

A ocorrência de desastres socioambientais associados a eventos climáticos extremos (como estiagens, chuvas intensas, inundações, movimentos de massa, granizos, geadas, vendavais, ciclones e erosão costeira) além de causar perdas de bens materiais e colocar em risco vidas humanas, causam impactos negativos nas atividades socioeconômicas (Santa Catarina, 2022). Segundo dados da plataforma governamental AdaptaClima, do Ministério do Meio Ambiente e Mudança Climática (2023) e do Atlas Brasileiro de Desastres Naturais do CEPED-UFSC (2013), a região sul do país é crítica em termos de diversidade de ameaças climáticas, entre estiagem, aumento do nível do mar, tempestades, vendavais, ciclones e até com a ocorrência de furacão. Estes aspectos tornam ainda mais urgente o desenvolvimento de uma estrutura de combate a desastres e gestão de riscos, o planejamento territorial, setorial e de adaptação às mudanças do clima.

Segundo levantamento do IBGE (2018) para População em áreas de risco no Brasil, a Região Geográfica de Criciúma concentra preocupantes cenários para municípios como Criciúma e Tubarão, os dois mais populosos da região (Figura 11). Como resposta a este cenário, pode-se destacar que tanto Criciúma como Tubarão aderiram ao Programa “Construindo Cidades Resilientes - 2030” (do inglês *Making Cities Resilient - MCR 2030*), iniciativa liderada pelo Escritório das Nações Unidas para a Redução de Riscos (UNDRR) que promove a resiliência local por meio da defesa política, da troca de conhecimentos e experiências e do estabelecimento de redes de aprendizagem entre as cidades, promovendo, simultaneamente, o fortalecimento das capacidades técnicas, a conexão de vários níveis de governo e as alianças estratégicas (MDR, 2024). Além das cidades citadas, Araranguá é outro município da região que integra o programa.

A partir do levantamento destas ameaças, foram selecionados seis setores-chave para a realização de análises de risco preliminares, de modo a avançar na compreensão entre as ameaças climáticas, vulnerabilidades e exposição dos territórios, sociedade e atividades, com os potenciais impactos. Os setores analisados nesta pesquisa foram: i) cidades; ii) indústria; iii) agricultura; iv) zona costeira; v) transporte; e vi) biodiversidade. Na Tabela 1 são apresentados os principais impactos potenciais e observados advindos da mudança do clima para os seis setores-chave. Por fim, a partir do conhecimento sobre esta inter-relação de causa e efeito, pretendeu-se propor medidas de adaptação para minimização dos riscos de impactos identificados (Capítulo 5).

Tabela 1. Exemplos de impactos climáticos sobre setores-chave. Fonte: Adaptado de AdaptaClima.

Setor	Ameaça Climática	Impactos potenciais e observados
Cidades	Chuva extrema	perdas de vidas humanas e bens materiais e interdições de vias por inundação e deslizamentos
	Seca e estiagem	ilhas de calor e desconforto térmico
	Seca e estiagem	acionamento e falta de 'água de qualidade
	Ciclones e furacões	danos à infraestrutura pública e privada
	Chuva extrema	aumento de doenças de veiculação hídrica
	Ondas de calor e de frio	superlotação de hospitais por ondas de calor
	Temperatura média, ondas de calor e de frio, e chuva extrema	migração populacional (refugiados climáticos)
Agricultura	Seca e estiagem	perda de safras e danos a pecuária e demais culturas
	Chuva extrema	inundação de plantações e aumento dos preços dos alimentos
	Elevação do nível médio do mar	intrusão salina e diminuição de recurso hídrico
	Temperatura média e ondas de calor e de frio	aumento da ocorrência e severidade de pragas
Indústria	Ciclones e furacões	queda de árvores e linhas de transmissão e prejuízo na geração e acesso a energia
	Chuva extrema	interrupção da cadeia logística
	Seca e estiagem	interrupção da operação/acesso a recursos e suprimentos
	Vendaval (ventos severos)	prejuízo sobre infraestrutura de indústrias e estoque
	Seca e estiagem	diminuição da produtividade e vendas/negócios
	Ondas de calor e de frio	diminuição do conforto térmico e qualidade e segurança dos trabalhadores
Zona costeira	Ciclones e furacões	aumento da erosão costeira e da intensidade e frequência de inundações costeiras
	Elevação do nível médio do mar	perdas de terrenos naturais e urbanizados
	Elevação do nível médio do mar	salinização de corpos hídricos
	Ciclones e furacões	interrupção de operações portuárias
	Temperatura da superfície do oceano	comprometimento de recursos pesqueiros e biodiversidade marinha
	Elevação do nível médio do mar	perda de serviços ecossistêmicos de proteção costeira

Biodiversidade	Temperatura média	perda de áreas naturais e consequente diminuição da biodiversidade
	Temperatura média	transformação de ecossistemas pelo aumento da temperatura
	Elevação do nível médio do mar	perda ou diminuição da oferta de serviços ecossistêmicos de provisão, regulação, cultura e de suporte
	Temperatura da superfície do oceano	aumento de mortalidade de espécies e diminuição de taxas reprodutivas, levando a extinção
	Acidificação do oceano	declínio de rodolitos e arrecifes de corais e cardumes para pesca
Transporte	Chuvas extremas e persistentes	alagamentos, quedas de barreiras e interrupção de vias de transporte rodoviário, ferroviário e aeroviário
	Elevação do nível médio do mar	degradação de infraestruturas de transporte
	Chuvas extremas e persistentes	aumento no custo de fretes por inundações de vias
	Chuvas extremas e persistentes	prejuízos na mobilidade urbana

É possível observar a diversidade de impactos diretos e indiretos causados pela ocorrência de fenômenos climáticos, meteorológicos e hidrológicos. A este quadro, soma-se a tendência de aumento da magnitude e frequência de eventos extremos, capazes de incrementar exponencialmente a extensão de danos e perdas para os seis setores destacados, bem como para demais áreas como saúde, educação, energia, turismo, entre outros. É importante destacar que vulnerabilidades externas associadas a cada setor/território/comunidade atua como fator que potencializa os efeitos advindos de eventos e fenômenos climáticos. A exemplo, tem-se o estabelecimento de conflitos de uso da água, degradação das bacias hidrográficas, desigualdade social e falta de saneamento, que conduzem ao incremento do risco climático por ameaças de estiagem e chuvas extremas.

Referente aos dados e informações utilizadas para o desenvolvimentos das análises, destaca-se que os relacionados aos riscos de chuva extrema, inundações e movimentos de massa e marés de tempestade, e aumento do nível do mar foram compilados do Plano Nacional de Adaptação - PNA (Portaria nº 150 de 2016), que constitui o principal instrumento de adaptação elaborado pelo governo federal em colaboração com a sociedade civil, setor privado e governos estaduais, com o objetivo de promover a redução da vulnerabilidade nacional à mudança do clima e realizar uma gestão do risco associada a esse fenômeno.

Ademais, foram utilizadas informações de distintas plataformas e relatórios governamentais, como a plataforma AdaptaBrasil do MCTI-INPE (2023); as Normas Climatológicas do Brasil (INMET, 2022); o PBMC (2016); o AdaptaClima, CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais); o Atlas de Desastres no Brasil, do Centro de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPED, 2013); o Atlas Digital de Desastres do Brasil (MDR, 2024); o Zoneamento Ecológico Econômico de Santa Catarina (ZEE-SC/RH-9, 2022); o Plano Estadual de Proteção e Defesa Civil de Santa Catarina (2022); o relatório de mudanças climáticas para indústrias da FIESC (Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina, 2017); o relatório de impactos da mudança do clima na Mata Atlântica (Ministério do Meio Ambiente, 2018); e do Plano Municipal da Mata Atlântica de Santos/SP (2021).

3.1.1 Cidades - Risco do aumento de inundações em áreas urbanas devido às chuvas extremas

O aumento da frequência de eventos extremos será inevitável à medida que se materializam as previsões de aumento na temperatura média global. Quanto mais alta a temperatura média global, mais frequentes e intensos serão os eventos extremos de precipitação. Segundo o levantamento da Confederação Nacional de Municípios (CNM, 2024), os municípios brasileiros tiveram prejuízos na ordem de R\$ 639,4 bilhões com desastres, dos quais R\$ 191 bilhões por chuvas e R\$ 347,4 bilhões por estiagens e secas, compreendendo o período entre 2013 e 2023. O Painel Brasileiro para Mudanças Climáticas (2016) indica em suas análises que para a região costeira do Brasil a exposição a enchentes é alta em praticamente todos os estados. Diversos municípios da região sul de Santa Catarina vêm reiteradamente sofrendo com os efeitos de chuvas extremas e persistentes (**ameaças**), que desencadeiam eventos de alagamentos e inundações, além de processos de movimento de massa, erosão e de assoreamento em rios e canais de drenagem.

A localização geográfica, na interface entre o Oceano Atlântico, planície costeira, Serra Geral, associados às características do relevo, tipo de solo, condições pluviométricas e ocupações irregulares em áreas de várzea ou sob matas ciliares, e presença de comunidades e ativos socioeconômicos (**exposição**) compõe importantes fatores de risco para o desencadeamento de inundações, que podem levar a perda de vidas, danos materiais e mudanças na paisagem. Eventos de chuvas intensas e extremas (volume/tempo de precipitação e dias consecutivos com chuva) têm se tornado mais frequentes, o que tem desencadeado inundações severas nos rios Tubarão (Figura 12), D'Una, Araranguá e Urussanga, gerando riscos à vida das pessoas e, perdas e danos materiais. O volume e correntezas das águas geradas pelo aumento da precipitação e chuvas extremas afetam diretamente as populações que vivem às margens dos rios, equipamentos públicos e infraestruturas privadas, assim como ao tráfego local e federal, via BR-101, a principal do estado.

Segundo dados do Atlas Digital de Desastres (Brasil, 2024), os municípios da região sul do estado com maior número de registros de ocorrência de inundações, alagamentos, enxurradas e chuvas intensas são: Orleans (26), Criciúma (19 registros), Içara (19), Araranguá (20) e Timbé do Sul (21), resultando em prejuízos somados na ordem de R\$ 279.193.723,00.

A ocorrência de **ameaças climáticas**, como eventos extremos e a modificação contínua no uso e ocupação do solo (fator de **sensibilidade**) tendem a intensificar os impactos advindos de chuvas extremas, enxurradas e inundações. A retirada histórica de remanescentes florestais da Mata Atlântica para expansão da malha urbana, indústrias, somado à falta de obras de drenagem e a retificação das calhas de rios e córregos se caracterizam como fatores de **vulnerabilidade** do território. O carreamento de resíduos sólidos e o

extravasamento de calhas de drenagem e tubulações de esgotamento sanitário das cidades potencializam a proliferação de doenças, mal cheiro e desconforto para a população.



Figura 12. Inundação do Rio Tubarão. Fonte: Tatiana Dornelles | Destino Mundo Afora.

Ademais, eventos de chuvas extremas, ao invés de representarem maiores disponibilidades hídricas para o uso urbano, rural e industrial, tem como consequência um acréscimo brusco no escoamento superficial. Esse resultado acaba favorecendo processos erosivos responsáveis pelo assoreamento e pela deterioração da qualidade da água, além de dificultar o armazenamento da água no subsolo.

Como resultado da expansão urbana tem-se a consequente impermeabilização do solo, que contribui para a diminuição da infiltração da água no solo, no aumento da velocidade do escoamento da chuva sobre o território e a exposição do solo frente a força das correntes. A falta de áreas naturais alagáveis, o desmatamento de matas ciliares e a deterioração e perda de serviços ecossistêmicos essenciais ofertados pela natureza, diminuem a funcionalidade do ecossistema, o que representa um fator de **sensibilidade**. A exemplo tem-se a diminuição da retenção de sedimentos e percolação no solo, a atenuação das forças das correntezas dos rios. O estabelecimento destas sensibilidades ecológicas deixa comunidades mais expostas aos riscos e impactos adversos do clima sobre as atividades econômicas da região, com a perda de bens materiais e riscos à saúde humana. Portanto, aspectos de uso e ocupação do solo potencializam os impactos de alagamentos e inundações sobre o território e no dia a dia da população.

Por fim, a falta ou precariedade de planos de contingência para desastres de inundações, enxurradas e alagamentos, assim como o baixo nível de implementação e articulação de planos municipais de saneamento básico e a precária fiscalização sobre o uso e ocupação do solo constituem baixas **capacidades adaptativas** dos

municípios da região afetados por enchentes e inundações, conforme dados apresentados pela plataforma AdaptaBrasil (2024) (Figuras 13 e 14).

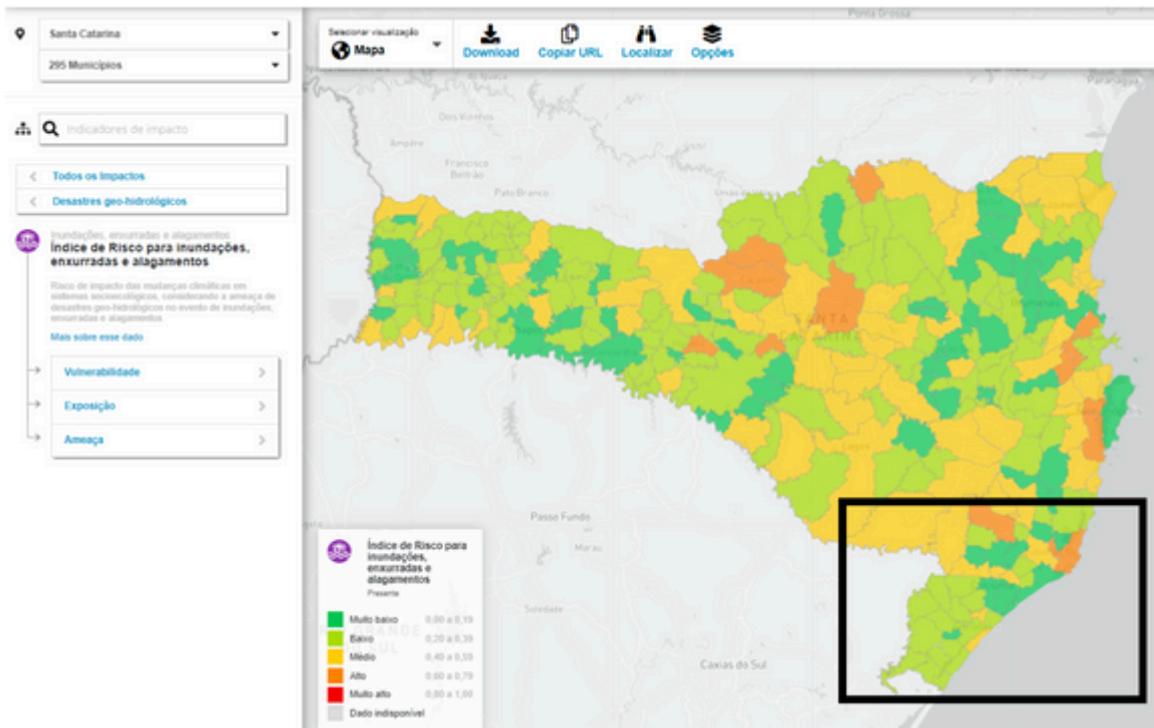


Figura 13. Mapa de risco de inundações, enxurradas e alagamentos - presente. Destaque para Região Geográfica de Criciúma, sul do Estado de Santa Catarina. Fonte: AdaptaBrasil - MCTI-INPE (2024).

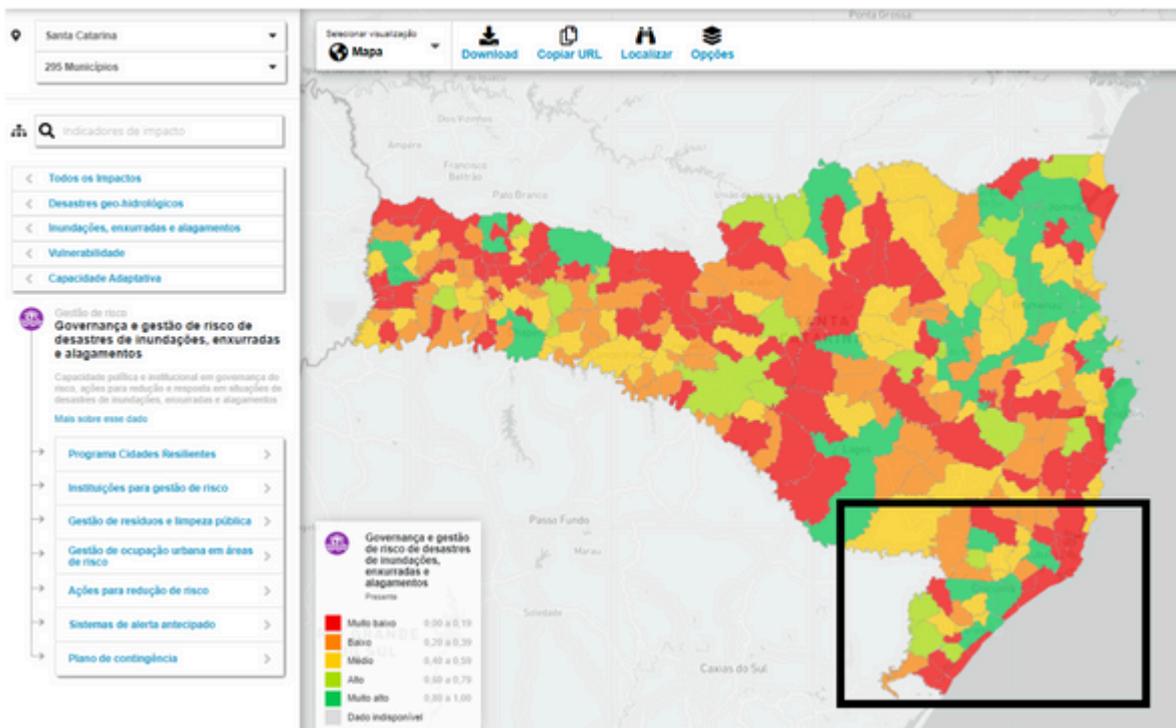


Figura 14. Mapa de risco - Capacidade adaptativa - gestão de risco de inundações, alagamentos e enxurradas - Projeção 2050, cenário pessimista. Destaque para Região Geográfica de Criciúma, sul do Estado de Santa Catarina. Fonte: AdaptaBrasil - MCTI-INPE (2024).

3.1.2 Zona Costeira - Risco do aumento de erosões e inundações devido ao aumento do nível médio do mar e eventos extremos

Eventos de ressaca e marés de tempestade são fenômenos comuns nas zonas costeiras ao redor do mundo, e geram inundações temporárias ou permanentes, além de causar processos erosivos sobre a orla marítima e consequente redução das faixas de areia. Combinados com o aumento do nível médio do mar (NMM), estes eventos tendem a trazer riscos ainda mais substanciais, gerando impactos de maior magnitude à faixa costeira.

No Brasil, o litoral de Santa Catarina se destaca pelo alto índice de vulnerabilidade costeira, já que diversos municípios costeiros estão submetidos a processos de erosão costeira (PBMC, 2016). Anualmente, o estado experiencia os efeitos de ressacas e ciclones extratropicais, que agem como forçantes, tanto sobre os ambientes naturais, como praias, dunas e restingas, bem como sobre infraestruturas expostas na orla, como passeios marítimos, vias urbanas, residências, bares, restaurantes e barracas de praia. Demais estruturas que também servem como proteção da orla, como muros de contenção, molhes e equipamentos públicos são afetados pela ação das ondas e marés, causando danos e perdas materiais, além de forçar a interrupção do acesso e às manobras dos navios nos portos de Imbituba (região Sul), Itajaí e Navegantes (ambos na Região do Vale do Itajaí). Segundo dados do Atlas Digital de Desastres no Brasil e pesquisa realizada por Dutra et al (2024), os prejuízos na zona costeira entre 1978 e 2022, alcançaram a ordem de R\$1 bilhão.

Considerando as **ameaças climáticas** de tempestades e o aumento do nível médio do mar, há uma tendência de aumento nos processos erosivos e inundações costeiras na região (Nicolodi e Petermann, 2010). Com a subida do nível do mar, praias e remanescentes florestais poderão simplesmente desaparecer em curto período de anos, afetando diretamente ativos sociais, culturais, ambientais e econômicos para os municípios litorâneos. Ademais, perderão a capacidade de ofertar serviços ecossistêmicos, como a proteção costeira de infraestruturas públicas e privadas localizadas à retaguarda de dunas e restingas, e de corpos hídricos utilizados como importantes fontes de água para comunidades. Outro impacto associado refere-se ao aumento dos processos erosivos, que pela força das ondas, amplitude de marés meteorológicas e correntes litorâneas levará a um maior volume de sedimentos carregados, reduzindo a faixa de areia e, portanto, afetando a qualidade de praia para o turismo e gerando perdas e riscos às edificações na orla.

Os efeitos negativos sobre a malha urbana e portuária devem ser cada vez mais severos e extensos, além de causar a interrupção da cadeia logística envolvendo portos, rodovias e ferrovias. A intensificação destas ameaças, sejam isoladas ou ainda mais intensas de forma simultânea, colocam sob risco atividades econômicas e a vida de pessoas que usufruem e necessitam destes equipamentos e ambientes, seja para lazer ou trabalho.

Tendo parte de sua economia atrelada ao desenvolvimento e operação portuária, os impactos associados à elevação do nível do mar sobre o Porto de Imbituba podem desencadear impactos multi-escalares, trazendo

prejuízos tanto para a economia do município, quanto para região Sul do Estado de Santa Catarina. O porto movimenta carga containerizada, carga geral, granel líquido, gasoso e sólido, sendo registradas, em média, 5.109.742 toneladas movimentadas por ano. O aumento do NMM e a ocorrência de eventos meteorológicos extremos poderão afetar diretamente a operação e infraestrutura do porto público e arrendatários, especialmente por se tratar de um porto situado em mar aberto.

A ocorrência de ressacas mais frequentes e com altura de ondas maiores devem causar com mais frequência o fechamento do canal de acesso ao porto, bem como trazer riscos à segurança e à operação de carga de descarga de mercadorias. Estes eventos, somados a mudanças no padrão de correntes marinhas trazem efeitos sobre a sedimentação costeira, assoreando berços de atracação de navios e canal de navegação, resultando na necessidade de obras de dragagem com maior frequência, por sua vez incrementando os custos para a Autoridade Portuária e toda cadeia logística que depende do porto (Figura 15).



Figura 15. Imagem aérea do Porto de Imbituba - destaque para a infraestrutura de molhes para proteção costeira. Fonte: SCPar Porto de Imbituba.

Segundo levantamento de riscos climáticos para os portos públicos do Brasil (ANTAQ, 2021), para os cenários RCP4.5 e RCP 8.5, para 2030 e 2050, o porto de Imbituba está classificado como risco alto para o aumento do nível do mar (Figura 16). Simulações regionalizadas da plataforma *Sea level projection tool* da NASA - Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço dos Estados Unidos, para o município de Imbituba, no cenário

SSP 8.5 (*Shared Socioeconomic Pathways*), a para os períodos de 2050 e 2100, a projeção de aumento do NMM é de 0.25m e 0.81m, respectivamente.

Como fatores de **vulnerabilidade** do litoral sul, o adensamento populacional, a expansão urbana sobre áreas naturais, e a falta de sistema de drenagem adequados, fazem o território estar cada vez mais vulnerável aos riscos da subida do nível do mar, dos efeitos de ressacas e consequentes processos de erosão costeira. A consolidação e crescente urbanização sobre a faixa litorânea, através de rodovias, construção na orla para passeios marítimos e outras edificações, na maioria das vezes pouco resilientes as novas tendências climáticas, descaracterizam os componentes naturais da paisagem costeira, como praias, dunas e remanescentes florestais, e tornam o território cada vez mais suscetível à ameaças climáticas.

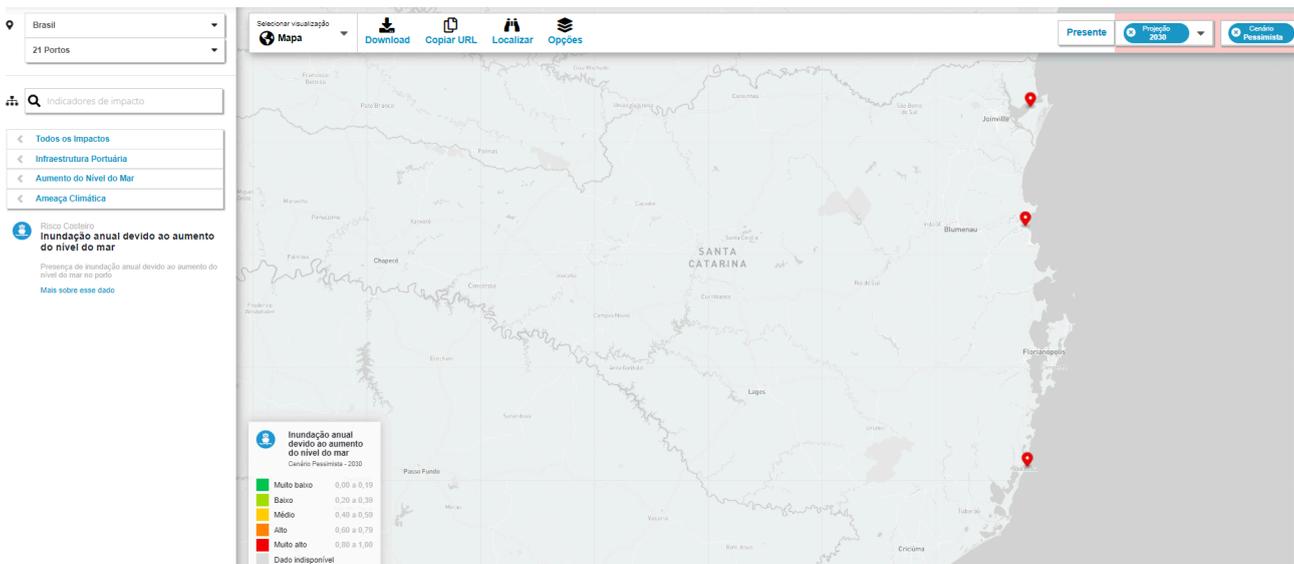


Figura 16. Mapa de risco de aumento do nível do mar em infraestruturas portuárias - projeção climática 2030 e cenário de emissões pessimistas. Os três portos públicos de Santa Catarina apresentam risco alto, incluindo o Porto de Imbituba, integrante da Região Geográfica de Criciúma. Ademais, em projeções para ameaça climática de vendaval e para a ameaça de tempestade, o porto apresenta risco muito alto e alto, respectivamente - cenário pessimista 2030. Fonte: AdaptaBrasil - MCTI-INPE (2024).

A supressão de ecossistemas de restinga e dunas costeiras para expansão da malha urbana e construção de vias de acesso representam as principais **sensibilidades** ecológicas do território, diminuindo e até extinguindo a oferta de serviços ecossistêmicos à sociedade e às atividades econômicas. A manutenção destes ecossistemas-chave promove uma maior resiliência do território frente às forças do clima, a partir da prestação dos serviços ecossistêmicos de proteção costeira contra inundações, alagamentos e ressacas; atenuação da força das ondas; espraiamento da energia das ondas e marés; fluxo e retenção de sedimentos; entre outros benefícios. Permissões de urbanização em ambientes costeiros frágeis, falta de estudos e mapeamento de áreas de risco e a falta do cumprimento do zoneamento ambiental e urbano e áreas de preservação, constituem importantes falhas na **capacidade adaptativa** dos municípios costeiros, que o poder público deve enfrentar.

3.1.3 Transportes - Risco do aumento de movimentos de massa devido às chuvas extremas

Os movimentos de massa estão relacionados a condicionantes geológicos e geomorfológicos, aspectos climáticos e hidrológicos, vegetação e à ação do homem relativa às formas de uso e ocupação do solo. Esse tipo de desastre assume grande importância em função de sua interferência na evolução das encostas e pelas implicações socioeconômicas associadas aos seus impactos (CEPED - UFSC, 2013). Relatório do Ministério dos Transportes (MTR, 2022) destaca entre os principais riscos ao setor de transportes terrestres (rodoviários e ferroviários) a ocorrência de deslizamentos de terra.

Para a Região Geográfica de Criciúma, municípios que envolvem a serra são os mais expostos a estes eventos, e segundo dados do Atlas Digital de Desastres (MDR, 2024), os municípios com maior número de registros de ocorrência de movimentos de massa são Orleans (05 ocorrências) e Lauro Muller (09), que culminam em perda de vidas, danos materiais, interrupção de rodovias e mudanças na paisagem.

Assim como ocorre para o risco à inundação, por conta de seu relevo, tipologia de solo existente e condições pluviométricas, infraestruturas públicas como rodovias, e comunidades localizadas em áreas de risco se tornam ainda mais vulneráveis a movimentos de massa durante período de chuvas fortes (**ameaça**). O potencial aumento de eventos extremos de precipitação, tanto em termos de intensidade (volume de precipitação em pouco tempo) quanto em termos de duração (dias consecutivos com chuva), que deixam os solos saturados de água desencadeando os movimentos de massa, deixam não só a população e seus bens materiais expostos, como também parte de importantes trechos da malha viária. A Figura 17 apresenta o grau de capacidade adaptativa do estado, com recorte para a Região Geográfica de Criciúma, frente ao risco de desastre de deslizamento de terra. Pode-se observar a reduzida governança dos municípios frente a esta tipologia de eventos. Já a Figura 18 destaca o risco ao setor rodoviário, sobretudo à principal rodovia do estado, a BR-101, a partir da projeção de risco de alagamentos e inundação para o trecho sul da rodovia.

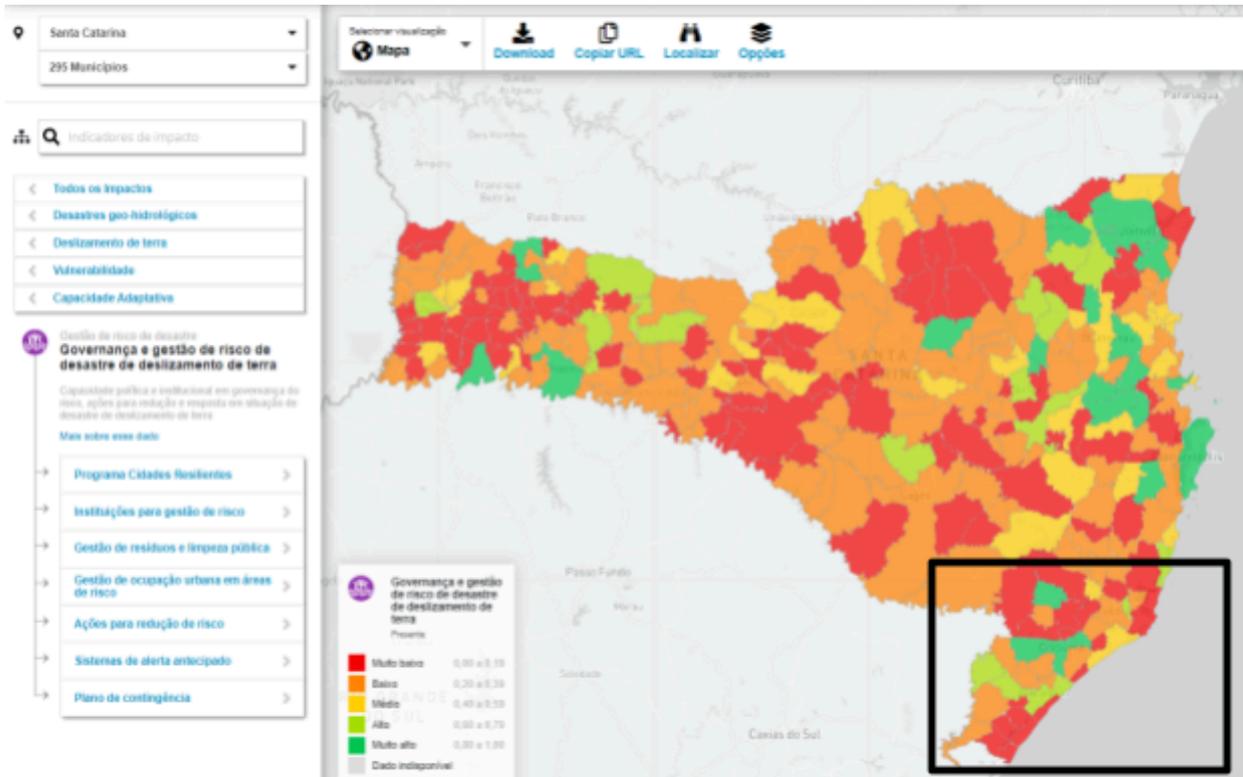


Figura 17. Capacidade adaptativa - governança e gestão de risco de desastre de deslizamento de terra - presente. Destaque para Região Geográfica de Criciúma. Fonte: MCTI-INPE (2023).

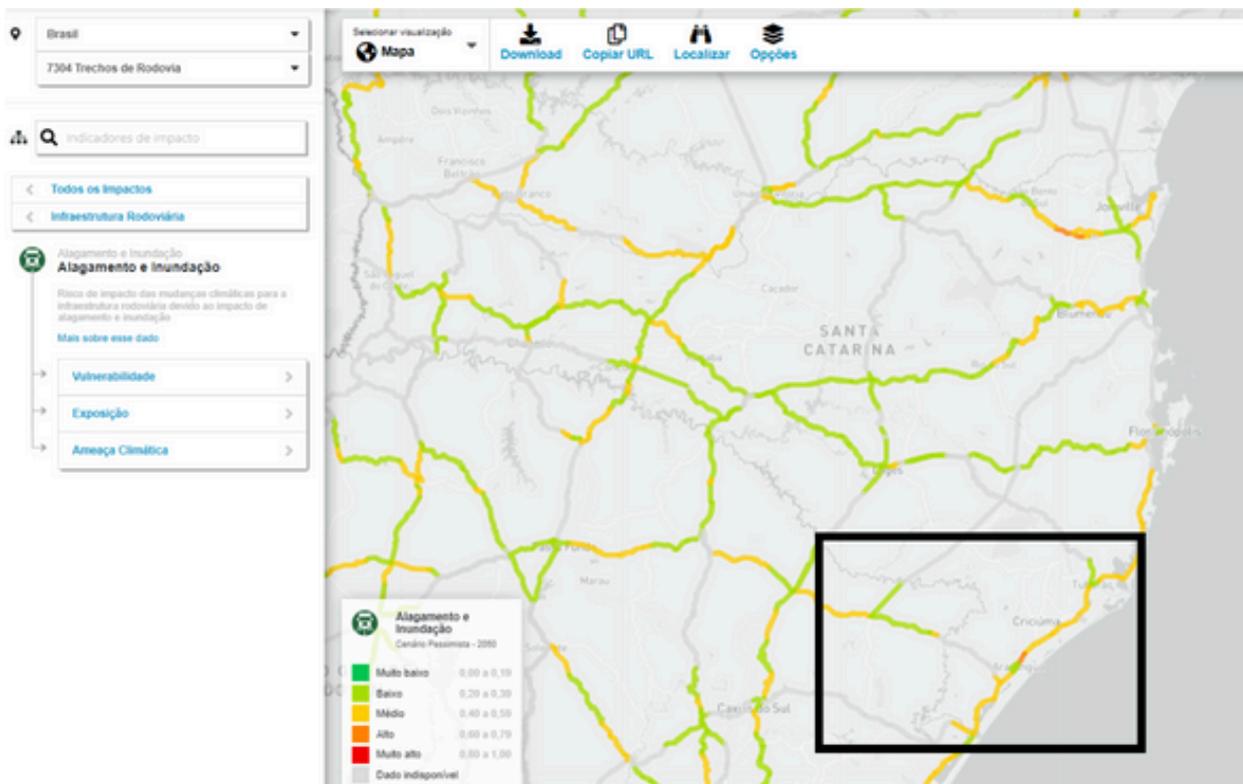


Figura 18. Mapa de risco de alagamentos e inundações para malha rodoviária do Brasil - projeção para 2050 no cenário de emissões pessimistas. Destaque para a rodovia Federal BR-101 no trecho da Região Geográfica de Criciúma, sul do Estado de Santa Catarina, apresenta níveis médio, alto e muito alto. Fonte: AdaptaBrasil - MCTI-INPE (2024).

Movimentos de massa são potencializados pelas características de uso e ocupação do território, principalmente quando carecem de um planejamento prévio e são constituídos na sua maioria por sub-moradias construídas em cortes irregulares e abruptos na vertente, acúmulo de resíduos sólidos, local desmatado e sem rede coletora de esgoto, falta de drenagem superficial que acabam por agravar ainda mais a situação tornando esses bairros mais vulneráveis a desastres. No âmbito do planejamento de transportes, a realização de cortes abruptos e construção de trechos rodoviários em regiões escarpadas de alta declividade, constituem vulnerabilidades ao setor, sendo que por vezes, mesmo que não ocorram a ocupação de áreas ao redor, eventos de deslizamentos ocorrem pela alteração da vegetação, somado a altos volumes de precipitação e reduzida manutenção em encostas e falta de previsão de obras de contenção e drenagem (**vulnerabilidades**).

Essa lista de fatores de risco, em conjunto ou de forma isolada, contribui de forma decisiva para rebaixar o nível de estabilidade das encostas e desencadear movimentos gravitacionais de massa, como deslizamentos, quedas e rolamentos de bloco, e corridas de massas. Muitas vezes estas áreas possuem taludes que são ocupados de forma desordenada pela população de baixa renda (fator de baixa **capacidade adaptativa**). A maioria dessas ocupações têm características como carência de infraestrutura básica, impermeabilização do solo, lançamento de esgoto em vários pontos da encosta ocasionando infiltração, moradias de baixo padrão construtivo, pouco resistentes a intempéries e que não seguem as normas urbanísticas estabelecidas pelos planos diretores municipais, execução de obras de drenagem e estabilização feitas sem técnica adequada construtiva. Tais características constituem **sensibilidades** do território e que provocam o escoamento superficial da água das chuvas, ocasionando ravinamentos, o que aumenta a susceptibilidade a deslizamentos. Quando serviços ecossistêmicos importantes para a estabilidade do solo - tais como lixiviação da água da chuva e retenção de sedimentos – são perdidos em razão de ocupações irregulares, ou cortes abruptos em áreas de risco e desmatamentos, aponta-se para a implementação medidas de SbN, já que a cobertura vegetal pode restabelecer tais funções e serviços, diminuindo área de solo exposto.

3.1.4 Indústria - Risco de danos às infraestruturas industriais devido a eventos extremos

A atividade industrial é composta por uma grande diversidade de sub-setores. Em Santa Catarina é representada principalmente pela indústria metal-mecânica, automobilística, construção civil, tecnologia, têxtil, cerâmica, agroindústria, náutica e mineração. O setor foi responsável pela movimentação de R\$ 95,4 bilhões em 2021, o que representa 27,5% do PIB catarinense (Santa Catarina, 2022). Por outro lado, segundo dados da FIESC (2017), o setor atingiu prejuízos que somam R\$1.7 bilhões entre 1995 e 2014. Essas informações refletem também os diferentes níveis de **exposição** a que cada setor está exposto, bem como a quais componentes de risco climático estão associadas, a depender da sua localização geográfica, da tipologia de infraestrutura, de serviços prestados e de insumos necessários (Brasil, 2016). Plantas industriais e empresas

localizadas em áreas de topografia acentuada, planícies de baixa altitude e zonas costeiras estão mais expostas a movimentos de massa, inundações e ao aumento do nível do mar, o que torna conseqüentemente todo o sistema logístico e os trabalhadores envolvidos, mais **expostos** à deflagração de eventos climáticos.

Vendavais, tempestades, ciclones, tornados e secas são algumas das **ameaças climáticas** deflagradoras de eventos de alagamento, enxurradas e inundações, destelhamentos e escassez hídrica, respectivamente, e que geram danos e perdas significativas ao setor industrial. Segundo o estudo encomendado pela Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina (FIESC, 2017), as empresas e indústrias catarinenses apontam como principais causas de impactos adversos sobre a produção, operação e infraestrutura, a ocorrência de chuvas extremas e vendavais (tempestades severas). Estes eventos geram **impactos climáticos** subsequentes como enchentes, inundações em áreas de baixa altitude e deslizamentos de terra em áreas escarpadas. Por conseguinte, desencadeiam diversos impactos biofísicos, como a interrupção do abastecimento de água e energia, devido a queda da rede de transmissão elétrica, queima de geradores, ruptura de adutoras de água, e alto índice de materiais em suspensão nos reservatórios hídricos, o que contribui para a diminuição do volume disponível ofertado pelas companhias de água e saneamento.

Como **sensibilidade** aos efeitos da ocorrência de eventos extremos, pode-se indicar o tipo de materiais utilizados em galpões, infraestruturas e parques fabris, com padrões de construção antigos, sistemas de drenagem com limiares de chuvas desatualizados, entre outros. Além disso, há uma forte dependência por recursos naturais suscetíveis a variação climática, como água, biomassa e minerais para o fornecimento de matéria prima para a indústria, bem como de infraestrutura de saneamento, abastecimento hídrico, energia, logística, etc, potencialmente afetada por eventos climáticos, até mesmo o acesso de trabalhadores e disponibilidade de mão de obra necessária para operação de suas instalações (MMA, 2016).

A baixa diversificação de matrizes de energia, por exemplo, pode gerar a paralisação momentânea das operações, devido a queda no sistema público de geração elétrica. No mesmo modo, a baixa implementação de tecnologias ou baixo índice de reuso de água consistem em vulnerabilidades que potencializam os efeitos de escassez hídrica. A inexistência ou mal dimensionamento de Planos de Contingência Industrial e Análises de Risco consistem em falhas na capacidade adaptativa do setor, o que confere mais um componente de risco.

Por fim, este conjunto de fatores geram impactos socioeconômicos que colocam em risco o desenvolvimento das atividades industriais, como a diminuição ou paralisação parcial ou total das operações industriais, devido a danos na infraestrutura em parques industriais e em vias de escoamento, que acabam por afetar todo o sistema logístico, assim como pela escassez de insumos e indisponibilidade hídrica e energética, componentes-chave para o pleno funcionamento do setor. A composição deste cenário leva ao aumento dos custos operacionais, de investimento e da contratação de seguros que, conseqüentemente, geram um aumento no custo final dos produtos e serviços prestados pelo setor e na competitividade do setor.

3.1.5 Agricultura- Risco de aumento nos preços de cultivos devido a chuvas intensas e estiagem

A variabilidade climática representa um fator intrínseco ao setor agrícola, que condiciona em grande escala - associado a outros fatores - o nível de produtividade da atividade. Com o advento das mudanças climáticas, esta dependência direta do volume de chuvas e incidência solar para fotossíntese de cultivos, torna a gestão do risco sobre o setor ainda mais desafiadora, sobretudo a partir da tendência de intensificação em extensão e magnitude de perdas e danos no desempenho da produção. No contexto de Santa Catarina, pela característica produtiva composta por pequenas propriedades e agricultura familiar, os desafios à estabilidade econômica dos produtores e ao atendimento da demanda crescente por alimentos, se tornam ainda mais complexos. Segundo dados da Epagri/SC (2022) e SUSEP (2023), os prejuízos na agricultura catarinense devido às chuvas extremas de outubro de 2023 atingiram R\$1.6 bilhões, com aproximadamente 49 mil propriedades afetadas em 162 municípios, sendo 16 da região sul do estado. Já referente à estiagem, os prejuízos superaram os R\$4.2 bilhões. No contexto nacional, no ano agrícola 2021/2022, a forte estiagem levou as indenizações a crescerem mais de quatro vezes em relação à safra anterior, segundo dados da Superintendência de Seguros Privados (Susep) (CPI, 2023).

A alteração da distribuição das chuvas ao longo do ano, a ocorrência de chuvas extremas e prolongadas e períodos de seca, associadas ao aumento de temperatura exemplificam as **ameaças** que impactam o setor. Produtores, cooperativas, indústrias agropecuárias e cultivos estão **expostos** a uma diversidade de ameaças e seus efeitos negativos, como a perda da produção devido à inundações e enxurradas, a partir do aumento do nível de rios e córregos que cortam as propriedades, e causam a erosão de terras, a lixiviação do solo, e o arraste de que por sua vez afetam a qualidade e produtividade de terras agricultáveis, com prejuízos de curto e médio prazo para produtores.

Terras com alto índice de pisoteio pelo manejo pecuário e deterioração da vegetação nativa ao longo de cursos d'água e nascentes, por exemplo, constituem significativas **sensibilidades** biofísicas do setor, o que potencializa os impactos observados, haja vista a presença de uma baixa cobertura vegetal e de proteção dos solos, deixando-os expostos aos efeitos da chuva. O uso indiscriminado de práticas de irrigação em grandes áreas, sem controle de outorgas (baixa **capacidade adaptativa**), potencializa a ocorrência de conflitos pelo uso da água com pequenos produtores, o que constitui um gargalo na integração entre a gestão de recursos hídricos com setor de agricultura. Somado a isso, o uso excessivo de agrotóxicos e pesticidas carregados para córregos e rios, também constitui importante componente que aumenta a vulnerabilidade do setor, a partir da diminuição da qualidade dos recursos hídricos e a prestação de serviços ecossistêmicos, como a polinização.

Por outro lado, eventos de seca e estiagem, como ocorreram em 2021 e 2022 no sul do país, potencializados pelo fenômeno La Niña, geram **impactos climáticos** de indisponibilidade hídrica e diminuição da qualidade do solo, com diminuição drástica na produção de grãos, frutas e hortaliças, bem como a falta de água para dessedentação dos animais, que tem como consequências a redução do crescimento, do bem-estar e da saúde e o aumento do estresse dos animais. O aumento de temperatura e alteração dos volumes de precipitação impactam também sobre o aumento de pragas e insetos, gerando problemas de natureza fitossanitária e interferindo na qualidade e volume da produção.

O reduzido acesso a financiamentos para implementação de irrigação e tecnologias na lavoura, somado ao alto custo e baixo índice de contratação de seguros agrícolas, e insuficiente orientação técnica do uso e aplicação de boas práticas aos pequenos produtores, constituem uma reduzida **capacidade adaptativa**, que aumenta substancialmente a **vulnerabilidade** do setor. Este conjunto de fatores incide no aumento dos preços dos alimentos, à medida que a produção é diretamente afetada e se torna cada vez mais suscetível aos eventos climáticos extremos, gerando assim risco à segurança alimentar tanto aos pequenos produtores, cooperativas e toda a sociedade. O risco se torna mais acentuado, especialmente para comunidades mais vulneráveis, onde o aumento no preço dos produtos e a desigualdade social são fatores de **sensibilidade** que potencializam a insegurança alimentar.

O alto custo da implementação de sistemas de irrigação ainda constitui uma limitação do setor, que, associado a baixa adoção de práticas sustentáveis, como rotação de culturas, descanso do solo, proteção e recuperação de encostas e mata ciliares (que tem o objetivo de manter a qualidade dos serviços ecossistêmicos relacionados à agricultura), dentre outras, representam uma reduzida **capacidade adaptativa**, o que contribui para o aumento da **vulnerabilidade** da atividade agropecuária.

A disponibilidade hídrica nas proximidades de áreas produtoras, como reservatórios, terras irrigadas e mananciais preservados são aspectos biofísicos fundamentais para reduzir o risco na produção agropecuária. Dessa forma, a manutenção de áreas de preservação permanente (APP) através da aplicação do Código Florestal Estadual, da implementação do Cadastro Ambiental Rural (CAR), e da adoção de diretrizes e orientações contidas no Plano ABC+ reforçam habilidades em direção ao aumento da resiliência do setor, por meio do incentivo ao preparo técnico de produtores, e ganho de escala na aplicação de práticas sustentáveis, que contribuem minimização do risco do setor frente à mudança do clima.

3.1.6 Biodiversidade - Risco de perda de serviços ecossistêmicos devido ao aumento de temperatura e ondas de calor

A biodiversidade, assim como zona costeira, não é caracterizada e analisada como um setor socioeconômico como demais setores analisados anteriormente, mas como uma temática-chave para todos os demais

setores, pois fornece matéria-prima e condições para o pleno desenvolvimento de praticamente todas as atividades da sociedade. Além disso, os efeitos da mudança do clima na biodiversidade podem ser mais difíceis de observar e perceber, haja vista que a mudança nos ecossistemas, em suas funções e serviços não ocorrem de um dia para o outro (salvo exceções), ao contrário da ocorrência de eventos extremos agudos como tempestades, capazes de gerar impactos facilmente perceptíveis sobre o setor da indústria, cidades e transportes, por exemplo. Por conta desta característica, torna-se de suma importância o pleno conhecimento e monitoramento dos riscos climáticos sobre a biodiversidade catarinense.

Como **ameaça climática** sobre a biodiversidade, destaca-se aumento de temperatura média global e regional, que por sua vez intensifica o desencadeamento da ocorrência de Ondas de Calor mais intensas e frequentes, assim como de estiagens, a partir do aumento dos dias consecutivos sem chuva. A ocorrência destas ameaças climáticas, tanto de forma individual ou em conjunto, podem desencadear uma sequência de impactos intermediários, como incêndios florestais, que geram prejuízos devastadores à biodiversidade. Entre os **impactos climáticos** pode-se destacar a perda de habitats e de espécies, incluindo espécies em extinção; e redução na oferta de serviços ecossistêmicos de regulação (ex. regulação climática, polinização), de provisão (ex. extrativismo, recurso hídrico), culturais (ex. patrimônio genético, medicinais) e de suporte (ex. produção primária, ciclagem de nutrientes). Estes impactos levam ao desencadeamento de impactos em cascata com prejuízos a setores econômicos como a agricultura e indústria, devido a diminuição da oferta de recursos hídricos e matérias-primas fundamentais para sua plena operação, ao aumento da temperatura e ilhas de calor, que afetam conjuntamente a saúde de trabalhadores e toda a sociedade.

Entre os elementos e territórios **expostos** a estas ameaças, podem ser destacadas as Unidades de Conservação e demais áreas legalmente protegidas, florestas urbanas e todos tipos de ecossistemas terrestres do bioma da Mata Atlântica, como remanescentes florestais, campos de altitude, ecossistemas aquáticos e litorâneos como restingas, marismas e manguezais.

A ação humana constitui o principal componente de **vulnerabilidade** sobre a biodiversidade, seja como fator de **sensibilidade** associada ao desmatamento, degradação do solo e aumento de espécies invasoras, e sobretudo pela reduzida **capacidade adaptativa** de fiscalizar, monitorar e regular ações antrópicas sobre territórios e ecossistemas. Entre as principais falhas e lacunas de gestão que contribuem para consolidação deste cenário de perda de biodiversidade, podem ser destacadas a carência de pessoal e recursos para realização das atividade de controle e planejamento, a baixa implementação de Planos de Manejo de Unidades de Conservação, o desrespeito as regulações municipais de zoneamento territorial, a continuidade da atividade de caça predatória e extrativismo ilegal, e a dificuldade da implementação de ações de restauração florestal de ecossistemas críticos.

Diversas ações implementadas pelo governo de Santa Catarina têm o potencial de combater não só os riscos de perda de serviços ecossistêmicos devido ao aumento de temperatura e ondas de calor, mas como demais

vulnerabilidades associadas à biodiversidade. No âmbito da SEMAE, destacam-se os programas Mais Verde, que promove a preservação ambiental e os serviços ecossistêmicos através de projetos que contemplem o pagamento por serviços ambientais - PSA); o FlorestaSC, que contempla o Inventário Florístico Florestal - IFFSC (2022), Monitora SC e o Educação Florestal, e objetiva inventariar os remanescentes florestais do estado para formulação da política florestal catarinense; a Reserva da Biosfera da Mata Atlântica; e o planejamento da Estratégia e Plano de Ação Estadual para Biodiversidade (EPAEB-SC).

3.2 Síntese análise de risco climático

Na **Tabela 2** e **Tabela 3** são apresentadas informações-síntese envolvendo as análises de risco simplificadas, elaboradas para a Região Geográfica de Criciúma, sul do Estado de Santa Catarina, com os números de ocorrências para cada um dos riscos abordados nas cinco Bacias Hidrográficas (BH) presentes na região, bem como impactos potenciais, principais municípios afetados e fatores de vulnerabilidade. Ademais, são sugeridos diferentes índices climáticos endereçados para mensuração, acompanhamento e evolução das ameaças climáticas associadas a cada um dos riscos abordados. A compilação desse conjunto de indicadores permite a realização de estudos e análises com maior nível de detalhamento para cada um dos municípios afetados, possibilitando o planejamento e implementação de medidas de adaptação específicas para cada localidade.

Tabela 2. Número de ocorrência de eventos de desastres, entre 1991 e 2023 na Região Geográfica de Criciúma para as tipologias de inundação, erosão e movimentos de massa.

Bacia Hidrográfica	Eventos de inundação	Eventos de erosão	Eventos de movimento de massa
BH Mampituba	18	07	-
BH Araranguá	30	08	01
BH Urussanga	03	-	01
BH Tubarão	23	02	09
BH D'una	01	-	01

Fonte: Adaptado de Brasil (2023).

Tabela 3. Síntese das análises de risco climático para a Região Geográfica de Criciúma, sul do Estado de Santa Catarina.

Risco	Grupo de eventos/desastres (Fonte: SEDEC, 2020)	Ameaça climática	Fatores de Vulnerabilidade	Municípios com maior número de ocorrências registradas (Fonte: BRASIL, 2023)	Impactos observados e potenciais	Índices climáticos para monitoramento (Fonte: CPTEC-INPE, 2017)
- Risco do aumento de inundações em áreas urbanas e rurais devido a chuvas extremas	Meteorológico e Hidrológico	Chuva extrema e persistente, aumento do volume da chuva média anual	Supressão de remanescentes florestais; urbanização de áreas de infiltração; sistemas de drenagem ausentes ou insuficientes; retificação das calhas de rios e córregos; assoreamento e erosão de margens; despejo de resíduos sólidos e líquidos não tratados em rios; falta ou precariedade de planejamento territorial urbano. falta ou precariedade de planos de contingência para desastres; falta de fiscalização sobre o uso e ocupação do	Orleans (26), Criciúma (19), Içara (19), Araranguá (20) e Timbé do Sul (21),	Perda de vidas humanas, Interrupção do tráfego, dificuldade de acesso a hospitais e escolas, danos e prejuízos socioeconômicos, avarias no sistema de captação e distribuição de água	<p>RX1day: Máxima precipitação anual em 1 dia (mm). Precipitação diária mais intensa ocorrida no ano. O índice reflete a intensidade de chuva que pode causar inundações bruscas.</p> <p>R95p: Precipitação anual total dos dias em que RR > percentil 95 (mm). Indica precipitação de intensidade extrema.</p> <p>R99p: Precipitação anual total dos dias em que RR > percentil 99 (mm). Indica precipitação de intensidade muito extrema.</p>

			solo.			Precipitação Máxima Anual em Um Dia
- Risco do aumento de erosões e inundações costeiras devido a tempestades e aumento do nível médio do mar	Meteorológico e Climatológico	Ciclones e furacões, Marés de tempestade, vendavais e aumento do nível do mar e aumento da temperatura média dos oceanos	Adensamento populacional e construção de infraestruturas fixas na orla marítima; supressão de ecossistemas de dunas, mangues e restinga; falta de sistema de drenagem adequado; falta de estudos e mapeamento de áreas de risco; falta do cumprimento do zoneamento ambiental e urbano e áreas de preservação permanente.	Balneário Rincão (9), Balneário Arroio do Silva (3), Araranguá (2), Balneário Gaivota (2), Passo de Torres (1), Laguna (1).	Deterioração de infraestruturas públicas e privadas, Interrupção do tráfego terrestre e marítimo, intrusão salina, prejuízo para turismo de sol e praia	Áreas de até 10m de altitude (baixas altitudes) % da população na faixa litorânea em Zona de Baixa Elevação (LEZ - <i>low elevation zones</i>) Velocidade máxima do vento igual ou superior a 90 percentil (empilhamento de ondas - inundação temporária)
- Risco do aumento de movimentos de massa devido a chuvas extremas persistentes	Meteorológico e Hidrológico	Chuva extrema e persistente	Ocupações irregulares em áreas de risco; Supressão de vegetação que presta serviço ecossistêmico de fixação do solo; carência de planejamento urbano; presença de	Lauro Muller (5), Orleans (5), Pedras Grandes (2)	Perda de vidas humanas, deterioração de infraestruturas públicas e privadas, interrupção do tráfego	RX5day: Máxima precipitação anual em 5 dias consecutivos (mm). Precipitação acumulada em 5 dias, máxima ocorrida em um ano. É um indicador para possibilidade de

			<p>moradias com baixa resiliência (baixo padrão construtivo); cortes irregulares e abruptos nas vertentes; acúmulo de resíduos sólidos; falta de saneamento; falta de sistema de drenagem superficial; impermeabilização do solo; falta de obras de estabilização de encostas; ravinamentos.</p>			<p>deslizamento.</p> <p>R50mm: Número de dias com chuva igual ou maior a 50mm</p> <p>CWD: Número máximo de dias consecutivos com chuva no ano (dias). Este índice reflete a duração de períodos chuvosos.</p> <p>R95p: Precipitação anual total dos dias em que RR > percentil 95 (mm). Indica precipitação de intensidade extrema.</p>
<p>- Risco de danos às infraestruturas industriais devido a eventos extremos</p>	<p>Meteorológico e Hidrológico</p>	<p>Chuva extrema, vendavais, ciclones e furacões, estiagem, ondas de calor</p>	<p>Reduzida implementação de tecnologias de reuso de água; inexistência ou mal dimensionamento de Planos de Contingência e Análises de Risco; tipologia de materiais e construções de infraestrutura; sistemas de</p>	<p>N/A</p>	<p>Interrupção do abastecimento de água e energia; diminuição ou paralisação parcial ou total das operações; danos na infraestrutura e em vias de escoamento; aumento dos custos operacionais e de investimento e da contratação de seguros; aumento</p>	<p>RX1day: Máxima precipitação anual em 1 dia (mm). Precipitação diária mais intensa ocorrida no ano. O índice reflete a intensidade de chuva que pode causar inundações bruscas.</p> <p>RX5day: Máxima precipitação anual</p>

			drenagem mal dimensionados (padrões desatualizados); dependência por recursos naturais suscetíveis a variação climática; dependência de infraestrutura de saneamento, abastecimento hídrico, energia potencialmente afetada por eventos climáticos		no custo final dos produtos e serviços; diminuição da competitividade do setor.	em 5 dias consecutivos (mm). Precipitação acumulada em 5 dias, máxima ocorrida em um ano. É um indicador para possibilidade de deslizamento. R95p: Precipitação anual total dos dias em que RR > percentil 95 (mm). Indica precipitação de intensidade extrema. Velocidade máxima do vento igual ou superior a 90 percentil
- Risco de aumento nos preços de cultivos devido a chuvas intensas e estiagem	Hidrológico e climatológico	Chuva extrema e persistente, estiagem e ondas de calor	Reduzida cobertura vegetal e de proteção dos solos; deterioração de remanescentes florestais; degradação de nascentes d'água; uso indiscriminado de irrigação em grandes áreas; reduzido controle de outorgas; conflitos	N/A	Diminuição na produção agrícola (volume e qualidade); falta de água para dessedentação de animais; redução do crescimento e do bem-estar animal; aumento de pragas e insetos; problemas de natureza fitossanitária;	CDD: Número máximo de dias consecutivos sem chuva no ano (dias). Este índice reflete a duração de períodos de estiagem. CWD: Número máximo de dias consecutivos com chuva no ano (dias). Este índice reflete a

			<p>pelo uso da água; uso excessivo de agrotóxicos e pesticidas; reduzido acesso a financiamentos; alto custo de seguros agrícolas; reduzida orientação técnica para aplicação de boas práticas; desigualdade social; indisponibilidade hídrica; degradação da qualidade do solo</p>		<p>insegurança alimentar para pequenos produtores.</p>	<p>duração de períodos chuvosos.</p> <p>R25mm: Número de dias no ano com RR \geq 25 mm (dias). Este índice reflete frequência de eventos de chuva $>25\text{mm}/\text{dia}$</p>
<p>Risco de perda de serviços ecossistêmicos devido ao aumento de temperatura e ondas de calor</p>	<p>Climatológico e meteorológico</p>	<p>Aumento da temperatura média, ondas de calor e estiagem</p>	<p>Desmatamento, degradação do solo, espécies invasoras, reduzida capacidade de fiscalização, monitoramento e regulação de atividades humanas; carência de equipe técnica e recursos; baixa implementação de Planos de Manejo de UCs; desrespeito ao zoneamento municipal; caça predatória e extrativismo ilegal; reduzida restauração florestal</p>	<p>N/A</p>	<p>Incêndios florestais; retração de ecossistemas; perda de habitats e de espécies; redução na oferta de serviços ecossistêmicos; prejuízos econômicos na agricultura; diminuição da oferta de recursos hídricos; aumento da temperatura e ilhas de calor.</p>	<p>WSDI: Número máximo de dias consecutivos no ano com TX $>$ percentil 90 (dias). Indica a duração das ondas de calor no ano.</p> <p>TN90p: Porcentagem anual de dias em que TN $>$ percentil 90 (%). Indica a frequência dos dias muito quentes durante o ano.</p> <p>TX90p: Porcentagem anual de dias em que TX $>$ percentil 90 (%). Indica a</p>

						frequência de dias muito quentes no ano.
--	--	--	--	--	--	--

Elaboração: Francisco Veiga Lima.

4. Adaptação à mudança do clima

A evidência científica é inequívoca: as mudanças climáticas são uma ameaça ao bem estar do ser humano e à saúde do planeta (IPCC, 2022). Neste sentido, a adaptação à mudança climática consiste num dos maiores desafios contemporâneos da humanidade em escala planetária, e pode ser definida como:

“Adaptação à mudança do clima relaciona-se ao processo de ajuste de sistemas naturais e humanos ao comportamento do clima no presente e no futuro. Em sistemas humanos, a adaptação procura reduzir e evitar danos potenciais; ou explorar oportunidades benéficas advindas da mudança do clima. Em sistemas naturais, a intervenção humana busca apoiar o ajuste destes sistemas ao clima atual e futuro e seus efeitos” (IPCC, 2021).

Ações de adaptação ganham relevância na medida em que são observadas evidências da ocorrência de impactos associados à mudança climática, que influenciam, sobretudo de forma negativa, os sistemas socioecológicos, produtivos e de infraestrutura pública e privada (MMA, 2016). O Plano Nacional de Adaptação aponta que o desafio para a gestão do risco associado à mudança do clima deve ser **promover a coordenação e cooperação entre as três esferas de governo** (nacional, estadual e municipal), **uma vez que os impactos da mudança do clima ocorrem em escala local, mas as medidas de enfrentamento dependem de financiamento e ações coordenadas e implementadas em diferentes estratégias setoriais ou temáticas** (MMA, 2016). O sucesso do enfrentamento à mudança do clima dependerá da promoção de ações cooperativas e coordenadas entre os diferentes setores e esferas de governo, os setores econômicos e a sociedade civil organizada, de modo a garantir a integração, implementação e a coerência de políticas públicas que contribuem para a redução dos efeitos adversos da mudança do clima e para o desenvolvimento da resiliência climática. Além disso, o PNA orienta o estabelecimento de um fórum permanente entre governos estaduais e representação de municípios, de modo a elaborar e propor diretrizes e recomendações técnicas para elaboração e implementação de medidas de adaptação.

A adaptação à mudança climática depende centralmente das ações nos centros urbanos, já que abrigam mais de metade da população mundial, e concentra a maior parte dos seus ativos e atividades econômicas. No Brasil, aproximadamente 160 milhões de pessoas, ou seja, 84,3% da população brasileira, vivem em centros urbanos (IBGE, 2022). Assim, é notório que as cidades e suas populações já começaram a sentir os efeitos preocupantes das mudanças climáticas. Segundo apontamento do Observatório do Clima (2022), “As cidades brasileiras estão passando por rápidos processos de urbanização exigindo um novo padrão de desenvolvimento que leve em conta a lente climática. A adoção desta agenda [...] precisa ser assumida [...] sobretudo em âmbito local, onde os efeitos e impactos das mudanças climáticas são sentidos direta e

claramente”. Com isso, compreender e antecipar essas mudanças ajudará as cidades e conglomerados urbanos a se prepararem para um futuro mais resiliente e sustentável no enfrentamento a longo prazo aos efeitos climáticos adversos.

Os centros urbanos possuem uma capacidade ímpar para enfrentar os desafios globais impostos pela mudança do clima (OECD, 2014), tanto por constituírem centros de riqueza e inovação tecnológica e científica, como por possuírem ferramentas e recursos com os quais é possível atuar nas frentes de mitigação e adaptação. Não obstante, aproximadamente 40% da população mundial reside a até 100km da costa, e há uma tendência natural de que as cidades se desenvolvam junto ao litoral ou em margens de rios e estuários, potencializando o componente de exposição a ameaças climáticas, o que as torna particularmente mais vulneráveis aos riscos de impacto. Este cenário se torna ainda mais preocupante ao se incorporar a elevação do nível do mar e o aumento em frequência e intensidade de marés e tempestades, denotando uma urgente necessidade de adaptação.

O leque de respostas de adaptação deve ser composto por fatores favoráveis comuns, como articulação institucional e governança, investimento em inovação, tecnologias e infraestrutura sustentável, fomento de meios de subsistência e sensibilização e mudanças no estilo de vida. Assim, as opções de adaptação devem sinalizar não apenas a forma de minimizar os efeitos adversos da mudança climática, mas também oportunidades para o fortalecimento do desenvolvimento sustentável e da melhoria do bem-estar de comunidades e populações, com especial enfoque àquelas que hoje se encontram em situação de vulnerabilidade.

Dados do relatório de 2019 da Comissão Global sobre Adaptação (da sigla em inglês GCA) indicam que para cada dólar investido em cinco áreas principais de adaptação (alertas precoces, infraestruturas resilientes, agricultura sustentável e áreas secas, conservação de manguezais e gestão de recursos hídricos) poderia gerar benefícios líquidos substanciais, variando entre 2 e 10 dólares. Estes números ratificam que a adoção de ações de adaptação consiste num excelente investimento para governos, municípios e empresas privadas. Segundo o mesmo relatório, a taxa geral de retorno dos investimentos em resiliência é extremamente atrativa, no qual “(...) investir US\$ 1,8 trilhão em todo o mundo entre 2020 e 2030 poderia gerar até US\$ 7,1 trilhões em benefícios líquidos totais”. Somado a isso, o planejamento e implementação de ações precoces de adaptação trazem um “triplo dividendo” de perdas evitadas, benefícios econômicos e benefícios sociais e ambientais (GCA, 2019). Por outro lado, o custo da inação pode gerar prejuízos na ordem de R\$ 1,8 trilhões no PIB do Brasil até 2050, no qual até 3,4 milhões de empregos deixariam de ser gerados (Riahi e Schaeffer et al., 2022).

4.1 Categorias e tipologias de adaptação

As estratégias de adaptação podem ser categorizadas em **medidas estruturais** e **medidas não estruturais** (Figura 19). As medidas estruturais podem ser divididas em obras de engenharia, essencialmente construtivas para correção e/ou prevenção de desastres, usualmente conhecidas como “infraestruturas cinza”. Mais recentemente tem sido disseminado o conceito de infraestruturas verdes e azul (jardins verticais, jardins de chuva, corredores ecológicos, parques lineares, cidades e parques esponja, entre outros), que integram as a abordagem de Soluções baseadas na Natureza, as quais vêm exercendo forte influência também sobre as medidas não estruturais. Um dos exemplos do uso das SbN consiste na utilização dos serviços ecossistêmicos como “barreiras protetivas” contra eventos climáticos extremos e como fatores de ampliação da resiliência do território exposto, que consiste numa estratégia estrutural preventiva (Castro, 2015). Outros exemplos de medidas estruturais, porém de engenharia tradicional, consistem na construção de barragens, melhoria de estradas e sistemas de drenagem, entre outras (DCSC, 2016).



Figura 19. Exemplos de medidas de adaptação estruturais e não estruturais. Elaboração: Francisco Veiga Lima.

Enquanto as medidas não estruturais consistem em estudos e informações que instrumentalizam os processos de tomada de decisão visando reduzir os riscos e vulnerabilidades, englobando desde a criação ou revisão de leis, regulamentos, decretos, operações, ações, planos, políticas e ou programas voltados a prevenção de riscos climáticos, sensibilização de atores e tomadores de decisão, desenvolvimento de capacidades, implementação de sistemas de alerta e contratação de seguros. Podem também ser considerados instrumentos de gestão, estratégias e ações educativas associadas diretamente com a

mudança cultural e comportamental de atores sociais, bem como com a criação e atualização de políticas e implementação de regulações e normas técnicas (DCSC, 2016).

Dentro dessa perspectiva, as opções de medidas de adaptação podem ainda ser classificadas de acordo com as seguintes tipologias: i) Ações Políticas; ii) Desenvolvimento de capacidades; iii) Pesquisa e desenvolvimento; e iv) Soluções técnicas, conforme exemplificadas na Figura 20.



Figura 20. Categorias de opções de adaptação. Elaboração: Francisco Veiga Lima.

Ademais, dependendo de cada caso, segundo a *European Climate Adaptation Platform* (2023) as opções de adaptação podem objetivar:

- Aceitar os impactos e arcar com as perdas e danos resultantes dos riscos (por exemplo, gerenciar o recuo de residências pelo o aumento do nível do mar);
- Compensação de perdas, compartilhando ou distribuindo riscos (por exemplo, por meio da contratação de seguros);
- Evitar ou reduzir a exposição a riscos climáticos (por exemplo, construir infraestruturas de proteção contra inundações ou mudar de local);
- Explorar novas oportunidades (por exemplo, engajar-se em uma nova atividade ou mudar práticas para aproveitar as mudanças nas condições climáticas).

Algumas opções de adaptação referem-se a:

- Capacitação e sensibilização de tomadores de decisão e comunidades afetadas;

- Obras de contenção de enchentes (incorporação de medidas baseadas na natureza/ecossistemas);
- Construção e ou melhoria de sistemas de drenagem;
- Monitoramento climático;
- Implantação de Sistemas de alerta;
- Contratação de Seguros para atividades agrícolas;
- Integração com políticas setoriais (Plano Diretor, Planejamento Portuário, Desenvolvimento industrial, entre outras);
- Financiamento para aumento da resiliência de comunidades, produtores rurais, etc;
- Elaboração de medidas não somente reativas e incrementais e voltadas a impactos imediatos, mas de planejamento de médio e longo prazo.

Neste sentido, pode-se observar uma ampla gama de opções de adaptação disponíveis. Contudo, ressalta-se que, segundo o IPCC (2014), inexistente uma abordagem única que sirva para redução dos riscos em todos os ambientes.

No campo do planejamento de infraestruturas públicas, por exemplo, o documento “Avaliação de Metodologias de Levantamento de Risco Climático, Fontes de Informações Climáticas” (Ministério da Economia, 2022) destaca que o desenvolvimento de infraestruturas resilientes compõem um importante elo para a adaptação climática de centros urbanos, pólos industriais, sistemas de geração de energia e, elos de transporte e logística. A realização de investimentos de interesse público em infraestruturas resilientes trazem oportunidades “ganha-ganha” (*win-win*), a exemplo de co-benefícios, a partir da redução de emissões de GEE, aumento de benefícios sociais, redução de desigualdades através da disponibilização de maior acesso a saneamento, energia, comunicação, alimentos e a um meio ambiente mais equilibrado (Neumann et al., 2021).

Por fim, durante o planejamento e priorização das medidas de adaptação deve-se direcionar esforços para a seleção de medidas de “não arrependimento”, que consistem naquelas medidas voltadas a investimentos para o aumento da resiliência de infraestruturas e sistemas, e geram benefícios mesmo desconsiderando os efeitos da mudança do clima. Ou seja, mesmo quando não há concretização da ameaça climática, a medida produz benefícios significativos e tangíveis para a sociedade em geral (Tanner et al, 2018). Como exemplo, destacam-se os parques esponja ou parques lineares, que inicialmente são construídos para amenizar os efeitos de enchentes, inundações e ilhas de calor, mas que também geram benefícios diretos à população, por meio da captura de GEE, criação de áreas de lazer, entre outros.

Portanto, durante a concepção de um projeto de infraestrutura, de revisão de normas e regulações, ou de políticas e planos setoriais, deve-se necessariamente aplicar a lente climática, que consiste na inserção da perspectiva climática, seus potenciais efeitos negativos e dados e informações derivados de projeções climáticas (ex: tendência de aumento de temperatura, variação de volumes de precipitação, aumento da

frequência de eventos extremos, etc) na concepção de políticas, planos ou projetos. Esta atualização minimiza os riscos de desempenho, funcionalidade, eficiência, bem como diminui potenciais impactos sobre atores socioeconômicos e territórios.

4.2 Soluções baseadas na Natureza

Ao mesmo tempo que a mudança climática está impulsionando a perda da biodiversidade, o uso da biodiversidade consiste em uma importante solução frente aos impactos atuais e esperados da mudança do clima. Segundo a União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, 2016), as SbN são soluções inspiradas e apoiadas pela natureza que proporcionam ao mesmo tempo benefícios da ordem ambiental, social e econômica (Figura 21). As SbN são parte essencial da resposta ao desafio imposto pela mudança do clima e demandam ações para proteção, manejo e restauração de ecossistemas naturais e modificados.



Figura 21. Exemplos de benefícios da adoção de SbN. Fonte: Comissão Global de Adaptação (GCA, 2019).

O conceito das SbN abrange demais abordagens, como a Adaptação baseadas em Ecossistemas - AbE, infraestrutura verde e azul, construindo com a natureza, entre outras. Estes exemplos dividem propósitos similares, a partir da geração de impactos positivos para a sociedade, através da conservação e restauração de ecossistemas que prestam múltiplos serviços aos seres humanos e à vida no planeta (IUCN, 2016). Assim como a SbN, a AbE utiliza a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos para promover a adaptação de comunidades e de sistemas aos impactos da mudança do clima e para diminuir a exposição e

vulnerabilidade frente às ameaças climáticas (ICLEI, 2015). Na presente pesquisa, optou-se por utilizar a denominação SbN como sinônimo de AbE.

A biodiversidade tem o poder de amortecer os distúrbios provocados pela mudança climática em escala local, conferindo maior capacidade de absorção das alterações (BPBES, 2013). A partir da proteção dos ecossistemas e oferta de serviços ecossistêmicos, diversos benefícios são alcançados, como a prevenção de enchentes pela proteção de nascentes e matas ciliares (Figura 22), controle de erosão costeira através de dunas, praias e restingas, além do controle de pragas.

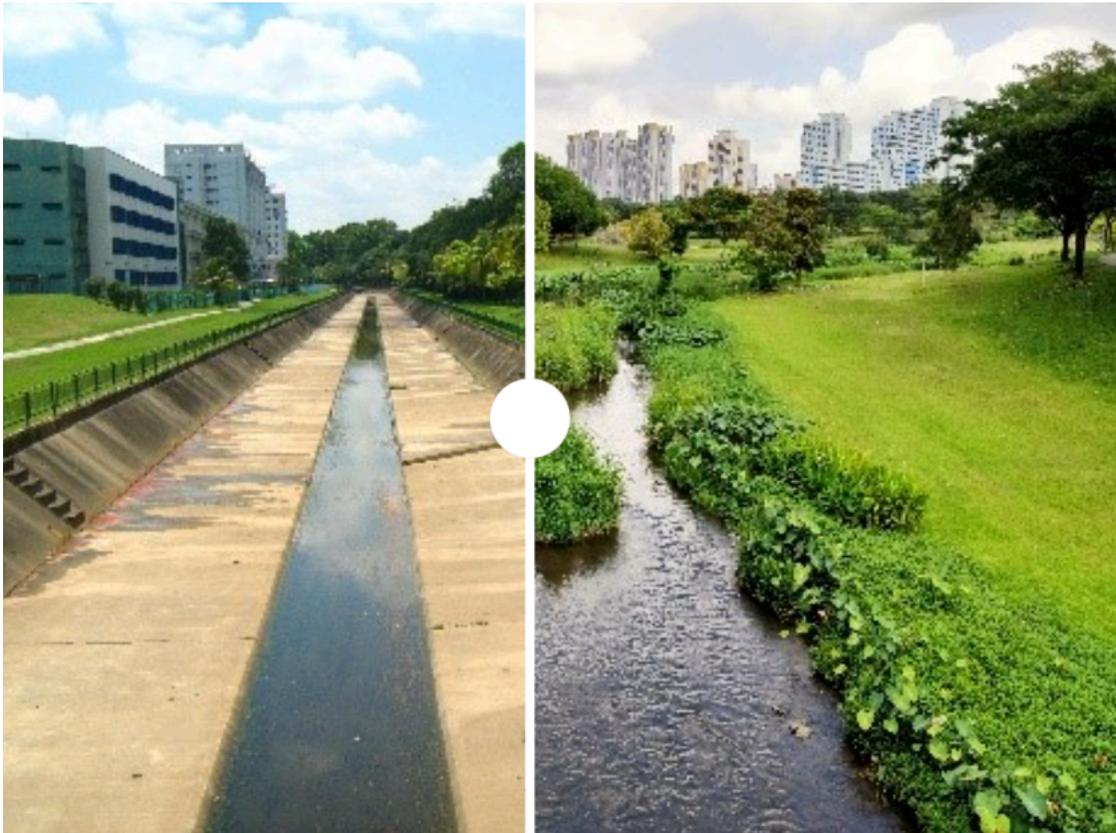


Figura 22. Exemplo da adequação de rio e canal de drenagem retificado em área urbana (à esquerda), e a posterior a adoção de SbN (à direita). Fonte: World Resources Institute (WRI, 2022).

Além do objetivo prioritário de adaptação, as SbN contribuem efetivamente para a mitigação dos GEE promovendo a restauração e proteção de ecossistemas e prevenindo a degradação e perda de áreas naturais (terrestres e aquáticas), que atuam na absorção e sequestro de emissões de CO₂, por meio de sua função de “sumidouro natural de carbono” (IUCN, 2016). Ademais desses benefícios, os ecossistemas podem auxiliar comunidades vulneráveis, especialmente aquelas que dependem diretamente de recursos naturais, para se adaptarem melhor e se tornarem mais resilientes aos efeitos das mudanças climáticas, incluindo eventos climáticos extremos e desastres relacionados ao clima.

No contexto brasileiro e sobretudo catarinense, que possui 38% do seu território composto por florestas nativas (IFFSC, 2022), a incorporação de medidas SbN na infraestrutura urbana como parte da resposta ao

enfrentamento à mudança do clima pode auxiliar centros urbanos na proteção contra inundações, redução de erosão e prevenção de deslizamentos, diminuição de efeitos de ilhas de calor. No entorno das cidades e áreas industriais, a restauração de florestas contribui efetivamente para a quantidade e qualidade da água que chega aos reservatórios. No meio agrícola as SbN podem promover o controle de pragas e diminuição de secas e estiagens. Na zona costeira, a presença de dunas e de vegetação de restinga e manguezal tem potencial para a contenção de ressacas e efeitos da elevação do nível do mar, como inundações costeiras, entre outros (WRI, 2022).

Em resumo, a adoção de Soluções baseadas na Natureza promovem simultaneamente o bem-estar humano, a proteção dos recursos naturais e ativos socioeconômicos e ainda representam uma oportunidade no avanço da agenda de economia verde para o Estado de Santa Catarina.

5. Proposta de catálogo de medidas de adaptação

Neste capítulo são apresentadas opções de adaptação como respostas para minimização dos riscos de impacto climático e vulnerabilidades identificadas nas Análises de Riscos preliminares para os seis setores estratégicos abordados no estudo: i) cidades; ii) agricultura; iii) indústria; iv) transporte e logística; v) zonas costeiras; e vi) biodiversidade. O **Catálogo de Medidas de Adaptação** é resultado de pesquisa, compilação e proposição de medidas e ações abordadas por diversas plataformas de dados oficiais do governo brasileiro e instituições de referência sobre mudança do clima, como o Painel Brasileiro de Mudança Climática - PBMC (2016), AdaptaClima/MMA, ICLEI - Governos Locais para a Sustentabilidade (2015), Plano Nacional de Adaptação (MMA, 2016) e MDR - Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (2022), entre outros, que abordam e atuam em distintos temas e setores. Destaca-se que, apesar de o estudo haver realizado um recorte geográfico para a elaboração das Análises de Risco Climático, o conjunto de medidas de adaptação apresentado pode ser empregado nas demais regiões e municípios do Estado de Santa Catarina.

Para os 06 setores foram levantadas ao todo **84 medidas de adaptação**, das quais 21 abordam cidades, 15 para agricultura, 09 para indústria, 08 para transporte e logística, 17 para zonas costeiras e 14 para biodiversidade (Figura 23). Deste conjunto, 18 são medidas estruturais e 66 são medidas não estruturais. 76 opções de adaptação tem potencial de geração de co-benefícios, das quais 17 integram ações de mitigação dos Gases de Efeito Estufa (GEE).

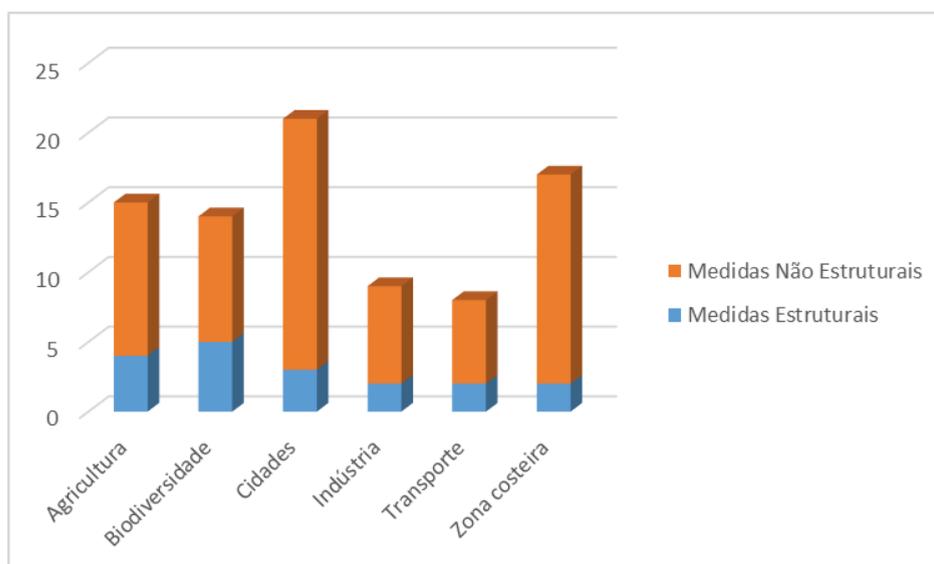


Figura 23. Total de medidas de adaptação por tipologia para os 06 setores estratégicos. Elaboração: Francisco Veiga Lima.

As medidas de adaptação foram agrupadas em **medidas estruturais** e **medidas não estruturais**, de forma a auxiliar os tomadores de decisão na escolha e priorização entre as opções disponíveis segundo o nível de complexidade, de engajamento social e político, e de custos considerando que, via de regra, medidas não estruturais apresentam-se mais vantajosas do que medidas estruturais, sobretudo obras de infraestrutura de engenharia civil (Carvalho, 2015). Foi indicada também a utilização de critérios de priorização dessas medidas, correlacionando-as com as ameaças climáticas que endereçam, a existência de políticas públicas que fomentem/apoiem seu desenvolvimento e implementação, e se essas medidas oportunizam co-benefícios, especialmente voltados à mitigação dos GEE, entre outros.

A planilha contendo **Catálogo de Medidas de Adaptação** encontra-se no Apêndice I do presente relatório, e também pode ser acessada através do link:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/15chVmF5WM231nxZuj6v0oCMIZtWYC2Mq/edit?usp=sharing&oid=102699515916628519499&rtpof=true&sd=true>

5.1 Priorização e benefícios da implementação de medidas de adaptação

Reforça-se que as ações de adaptação devem ser priorizadas inicialmente em áreas onde há maior exposição e vulnerabilidade de pessoas e bens estratégicos. Neste sentido, conforme apresentado nos capítulos anteriores, o território da Região Geográfica de Criciúma tem por característica intrínseca a exposição a uma variada gama de ameaças climáticas, além de apresentar fatores de vulnerabilidade que aumentam os riscos de impacto, o que torna ainda mais premente a estrutura de combate a desastres e a

construção de estratégias integradas para gestão do risco e adaptação, por meio do planejamento territorial e setorial e incorporação do risco climático.

O presente trabalho não se propõe induzir a execução, por parte dos governos municipais, de todas as opções listadas. Há que se considerar o custo, bem como as dificuldades políticas e técnicas da implementação do conjunto completo de opções, além da especificidade e da realidade dos territórios envolvidos. Mas se propõe a **apresentar opções viáveis, integradas, eficazes e de baixo arrependimento** de acordo com a vulnerabilidade do território e atividades setoriais desenvolvidas na região Sul de Santa Catarina. Entende-se que o conjunto de medidas de adaptação listadas no catálogo, devem trazer benefícios diretos e indiretos a toda sociedade sul-catarinense, de modo a tornar o território, ecossistemas e atividades setoriais mais resilientes e aptas para o enfrentamento da mudança do clima.

Além disso, a partir da sua implementação, diversas oportunidades em direção à sustentabilidade poderão ser exploradas nos setores agricultura, indústria, transportes, gestão da zona costeira e cidades mais verdes - com disponibilização de serviços essenciais de saneamento, saúde e transporte com mais qualidade. Cabe ressaltar que o conjunto de medidas propostas por diferentes atores para diferentes setores, corrobora o entendimento que o processo de adaptação é específico para cada local de análise, sendo necessária a sua contextualização com aspectos econômicos, sociais, culturais e ecológicos. Ademais, devido à complexidade dos cenários enfrentados, destaca-se a inexistência de uma abordagem única e exclusiva para redução do risco de impactos, devendo ser utilizado um conjunto de respostas técnicas, políticas e de gestão (IPCC, 2014).

Portanto, a utilização de distintas abordagens a partir da integração de medidas estruturais com não estruturais deve auxiliar na potencialização das estratégias de adaptação. Assim, este conjunto de ações pode auxiliar a priorização de esforços governamentais, através do direcionamento de recursos para áreas ou setores mais vulneráveis, bem como no aumento das capacidades adaptativas em curto, médio e longo prazo.

Por fim, durante o planejamento e priorização das medidas de adaptação, deve-se direcionar esforços para a seleção de **medidas de “não arrependimento”** ou **“baixo arrependimento”**, voltadas à construção da resiliência setorial e territorial e também na entrega de benefícios significativos para a sociedade.

5.2 Metas e ações prioritárias

A partir das análises elaboradas e do catálogo de medidas de adaptação apresentado, propõe-se um conjunto de **Metas e ações Prioritárias** para o aumento da resiliência e da capacidade adaptativa da Região Geográfica de Criciúma, sul do Estado de Santa Catarina (**Tabela 4**), considerando território, população e atividades setoriais. As ações têm como objetivo a minimização de impactos relacionados à mudança do

clima, através do aumento da percepção do risco climático e de capacidades por atores-chave e população em geral, da adaptação de infraestruturas e meios de subsistência, da integração de governos locais e incorporação da variável climática em políticas municipais, da manutenção e melhoria de serviços ecossistêmicos, do estabelecimento de sistemas de monitoramento e alerta precoce de eventos extremos, entre outros.

Esse estudo refere-se a um diagnóstico preliminar para Região Geográfica de Criciúma, e a compreensão dos aspectos apresentados, bem como das limitações da análise e constitui um primeiro passo para a identificação de riscos e vulnerabilidades, bem como para a definição de ações de adaptação para o Estado de Santa Catarina. O estudo serve ainda como documento base para subsidiar novas pesquisas aplicadas para as demais regiões do estado. Análises aprofundadas sobre dados de vulnerabilidade climática dos municípios que compõem a região e demais regiões catarinenses, bem como sobre projeções e cenários climáticos regionalizados (*downscaling*), permitirão uma melhor definição do grau de risco de setores socioeconômicos e do território.

A partir da incorporação das diretrizes e estratégias de enfrentamento à mudança do clima, como as apresentadas no presente documento, o Governo de Santa Catarina assume protagonismo na liderança de tomadas de decisão que induzam transformações e inovações políticas, regulatórias e no desenvolvimento de boas práticas. Bem como no engajamento de atores e instituições para o desenvolvimento de instrumentos financeiros e consolidação de parcerias público-privadas para o planejamento e implementação de medidas de adaptação climática por municípios e atividades setoriais. Ademais, para o sucesso da implementação da agenda de adaptação se faz estritamente necessária a integração e cooperação institucional e temática dos diversos setores do governo estadual e municipais, e sobretudo contar com apoio de lideranças de alto nível (tomadores de decisão). Deste modo, ações do governo deverão auxiliar no planejamento e adaptação da sociedade catarinense, tornando-a mais resiliente e aproveitando oportunidades na construção de um território mais sustentável e adaptado para os desafios presentes e futuros da mudança do clima.

Tabela 4. Metas e ações prioritárias para adaptação de municípios e setores socioeconômicos da Região Geográfica de Criciúma, sul do Estado de Santa Catarina.

Categoria de adaptação	Metas sugeridas	Ações prioritárias	Observações e boas práticas em Santa Catarina e demais estados do país	Alinhamento com ODS	Prazo de implementação
Ações políticas	1. Elaboração de Planos Municipais de Adaptação à mudança do clima	<p>Elaboração de Projeto de Lei (PL) contendo orientações para o planejamento de ações de adaptação para municípios, regiões metropolitanas e mesorregiões.</p> <p>Incentivar os municípios catarinenses a aderirem o Projeto “Construindo Cidades Resilientes” - MCR2030, do Escritório das Nações Unidas para a Redução de Riscos e Desastres (UNDRR) em parceria com Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional.</p>	<p>Projeto de Lei 4129/21 em tramitação no Congresso Nacional que estabelece diretrizes para a formulação do plano nacional e dos planos estaduais e municipais de adaptação às mudanças climáticas.</p> <p>Plataforma Scorecard da UNDRR.</p>	ODS 13 ODS 17	Médio prazo
Ações políticas	2. Articulação entre entes setoriais, municípios, regiões metropolitanas, associações de municípios e estado, para planejamento e fomento de medidas de adaptação integradas	Construção de uma agenda interinstitucional para coordenar esforços de adaptação de médio e longo prazo em todo o território catarinense	Fórum Catarinense de Mudanças Climáticas Globais e Biodiversidade; Programa SC Resiliente da Defesa Civil; Projeto CITInova MCTI; FECAM, ANAMA-SC, CONSEMA, FIESC, CONSEA, CERH, entre outras entidades	ODS 13 ODS 17	Curto prazo
Pesquisa e desenvolvimento	3. Desenvolvimento de Análises de Risco Climático (ARC) para municípios e atividades setoriais, incluindo o mapeamento de áreas de risco e de atividades sob risco de	Priorização de municípios (por número de eventos, volume de perdas e danos) e ou atividades setoriais que devem realizar estudos aplicados para elaboração de ARC para construção de medidas de adaptação customizadas e	Utilização de protocolos/frameworks consolidados, como Climate and Disaster Risk Screening Tools (World Bank Group), Ciclo Climate Proofing (GIZ), ISO 14091:2021 - Adaptation to climate change (ISO), Green	ODS 13	Médio prazo

Categoria de adaptação	Metas sugeridas	Ações prioritárias	Observações e boas práticas em Santa Catarina e demais estados do país	Alinhamento com ODS	Prazo de implementação
	efeitos climáticos negativos	direcionadas para cada caso identificado	Protocol - Adaptation Community (PIEVC)		
Ações políticas e Soluções técnicas	4. Incorporação e implementação de Soluções baseadas na Natureza (SbN) no planejamento territorial e multi-setorial, através da restauração florestal e conservação de ecossistemas e seus serviços	Inserção de opções de diretrizes de SbN durante a elaboração de Projeto de Lei contendo orientações para o planejamento de ações de adaptação para municípios, regiões metropolitanas e mesorregiões	Projeto MonitoraSC (IFFSC); Exemplo de adoção de SbN nos municípios de: Belo Horizonte (MG), Campinas (SP), Contagem (MG), Niterói (RJ), São Paulo (SP), Fortaleza (CE), Recife (PE), Salvador (BA), Sobral (CE), Anápolis (GO), Goiânia (GO), Curitiba (PR), Florianópolis (SC)	ODS 6 ODS 13 ODS 15	Curto prazo
Soluções técnicas	5. Identificação e Priorização de medidas de adaptação de não arrependimento e geradoras de co-benefício voltadas à mitigação dos gases de efeito estufa (GEE)	Incorporação de diretrizes de SbN e medidas geradoras de co-benefícios, principalmente para captura de GEE, durante a elaboração de Projeto de Lei contendo orientações para o planejamento de ações de adaptação para municípios, regiões metropolitanas e mesorregiões	Exemplo de municípios que adotaram medidas SbN que geram co-benefícios de mitigação: Belo Horizonte (MG), Campinas (SP), Contagem (MG), Niterói (RJ), São Paulo (SP), Fortaleza (CE), Recife (PE), Salvador (BA), Sobral (CE), Anápolis (GO), Goiânia (GO), Curitiba (PR), Florianópolis (SC)	ODS 13	Curto prazo
Pesquisa e Desenvolvimento	6. Investimento em fontes de energia renováveis em detrimento ao uso de combustíveis fósseis, como carvão mineral e o gás natural	Fomento a projetos de geração de energia renovável (biogás, solar, eólica e eólica offshore); Revisão de subsídios à indústria carvoeira do sul do estado	O município de Capivari de Baixo (SC), onde se localiza a Termelétrica Jorge Lacerda, é o maior emissor de GEE por área no Brasil (SEEG, 2022)	ODS 7, 8, 9, 11, 13, 17	Longo prazo

Categoria de adaptação	Metas sugeridas	Ações prioritárias	Observações e boas práticas em Santa Catarina e demais estados do país	Alinhamento com ODS	Prazo de implementação
Desenvolvimento de capacidades	7. Inclusão da temática de mudança do clima na grade curricular de alunos da rede pública de ensino e elaboração de programas de conscientização da população, sobretudo de áreas de risco	Interlocução com Secretaria de Educação, Secretaria de Defesa Civil e Coordenação de Educação Ambiental para criação de atividades curriculares sobre Mudança do Clima, Justiça Climática e sustentabilidade	Diretriz da PNMC, Lei 12.187/2009 e o Dia Catarinense de Combate ao Aquecimento Global - lei 15.354/2010 Iniciativa como o Dia da Terra, de incorporação da Educação Climática como parte da Educação Ambiental, em acordo com a Política Nacional de Educação Ambiental e meta do ODS 13 “Melhorar a educação, aumentar a conscientização e a capacidade humana e institucional sobre (...) adaptação, redução de impacto e alerta precoce à mudança do clima”. Iniciativa do Centro de Educação Ambiental de Bertioga/SP, com o curso de férias ‘Protetores do Clima - Cuidando do Nosso Planeta’.	ODS 4 ODS 13	Curto prazo
Ações políticas	8. Fomento ao engajamento social no planejamento e seleção de medidas de adaptação - Desenvolvimento de mecanismos de participação de atores locais	Construção de uma agenda para interlocução com prefeituras e associação de moradores para discutir modelos de enfrentamento dos impactos da mudança do clima e participação social	Conselho Municipal de Meio Ambiente, Audiências Públicas, Programas contínuos de Comunicação Social, etc	ODS 13 ODS 16 ODS 17	Curto prazo
Desenvolvimento de capacidades	9. Capacitação de técnicos, gestores e tomadores de decisão em risco climático	Ofertar cursos de capacitação e sensibilização através de parcerias ou contratação de consultorias	Articulação com instituições que oferecem cursos de capacitação - ABEMA, GIZ, ICLEI, WRI	ODS 13 ODS 16 ODS 17	Curto prazo

Categoria de adaptação	Metas sugeridas	Ações prioritárias	Observações e boas práticas em Santa Catarina e demais estados do país	Alinhamento com ODS	Prazo de implementação
	e adaptação e mitigação	especializadas			
Pesquisa e Desenvolvimento	10. Investimento para expansão de sistemas de alerta e monitoramento para eventos extremos (precipitação, vendavais, secas e ressacas)	Incluir no PL de adaptação a necessidade da expansão do sistema de alerta de eventos extremos; Solicitar a Secretaria de DCSC o mapeamento e distribuição dos equipamentos existentes; Definir junto a DCSC municípios e localidades prioritárias a serem monitoradas;	Articulação com MCTI-CEMADEN, e desenvolvimento a partir de exemplos como dos municípios de Blumenau (SC), Itajaí (SC) e Curitiba (PR); rede hidrometeorológica operada pela EPAGRI; e Programa SC Resiliente da Defesa Civil; Monitor de Seca da ANA	ODS 13 ODS 16 ODS 17	Médio prazo
Soluções técnicas	11. Elaboração e implantação de soluções para contenção de enchentes e inundações, e sistemas de captação e reuso de água	Elaborar plano de manutenção de barragens; Elaborar diagnóstico sobre a necessidade da construção de novas estruturas de contenção	Levar em consideração Soluções baseadas na Natureza, e Programa SC Resiliente da Defesa Civil	ODS 6 ODS 13 ODS 17	Médio prazo
Ações políticas	12. Mapear fontes de financiamento para incentivar o planejamento e implementação de medidas de adaptação	Contratação de profissional que apoie o mapeamento de fontes de financiamento e auxilie na elaboração de projetos para captação de recursos	Programa RECOMEÇA SC (Medida Provisória nº 234/2021); Exemplos do Acelerador de Soluções Baseadas na Natureza em Cidades, da WRI, e programas americanos de financiamento: Programa de Concessão de Consórcios para Bacias Saudáveis; e Programa de Concessão de Financiamento Inovador para Florestas Nacionais	ODS 13 ODS 17	Curto prazo

Referências bibliográficas

ADAPTABRASIL - Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação - MCTI, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (2024). Rede Nacional de Pesquisa e Ensino (RNP). Disponível em: <https://adaptabrasil.mcti.gov.br>

ANM - Agência Nacional de Mineração (2022). Sistema de Informação Geográfica da Mineração – SIGMINE. Disponível em: <https://geo.anm.gov.br/>

ANTAQ - Agência Nacional de Transportes Aquaviários (2021). Impactos e riscos da mudança do clima nos portos públicos costeiros brasileiros. Elaborado por: WayCarbon.

BPBES - Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecosistêmicos (2023). Seixas, C.S.; Turra, A.; Ferreira, B.P.; Abdallah, P.R.; Carvalho, A.R.; Ciotti, A.M.; Coelho Junior, C.; Copertino, M.; Dale, M.V.; Faroni-Perez, L.; Gonçalves, L.R.; Hanazaki, N.; Nicolodi, J.L.; Oliveira, C.C.; Prates, A.P.; Rodrigues, R.R.; Siegle, E.; Sousa Junior, W.C.; Travassos, L.R.F.C.; Vieira, M.A.R.M.; Xavier, L.Y. Sumário para Tomadores de Decisão do 1º Diagnóstico Brasileiro Marinho-Costeiro sobre Biodiversidade e Serviços Ecosistêmicos. Editora Cubo. 32pp.

CARVALHO, D. E. Os serviços ecossistêmicos como medidas estruturais para prevenção dos desastres. Senado Federal. Revista de informação legislativa, v. 52, n. 206, p. 53-65, abr./jun. 2015

CDP Worldwide (2021). Como os governos estaduais brasileiros enfrentam a mudança do clima? Resumo das respostas dos estados brasileiros ao questionário de Estados & Regiões de 2020 do CDP. Disponível em: https://cdn.cdp.net/cdp-production/cms/reports/documents/000/005/845/original/CDP-relatorio-governos-eclima-FINAL_.pdf?1628892687#:~:text=COMO%20OS%20GOVERNOS%20ESTADUAIS%20BRASILEIROS%20ENFRENTAM%20A%20MUDAN%C3%A7A%20DO%20CLIMA%3F,-Resumo%20das%20respostas&text=Este%20relat%C3%B3rio%20tem%20como%20objetivo,est%C3%A1%20dividido%20em%20cinco%20se%C3%A7%C3%B5es.

CEPED-UFSC. Universidade Federal de Santa Catarina (2013). Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres CEPED. Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012 / Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. 2. ed. rev. ampl. – Florianópolis: CEPED UFSC. Disponível em: <https://www.ceped.ufsc.br/atlas-brasileiro-de-desastres-naturais-1991-a-2012/>

Confederação Nacional de Municípios - CNM (2024). Panorama dos desastres no Brasil 2013 a 2023. Brasília. Disponível em: https://cnm.org.br/storage/biblioteca/2024/Estudos_tecnicos/202405_ET_Panorama_Desastres_Brasil_2013_a_2023.pdf

Climate Policy Initiative - CPI. Desafios do Seguro Rural no Contexto das Mudanças Climáticas: o Caso da Soja Disponível em: <https://www.climatepolicyinitiative.org/pt-br/publication/desafios-do-seguro-rural-no-contexto-das-mudancas-climaticas-o-caso-da-soja/>

CPTEC-INPE (2017). Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Projeções Climáticas No Brasil. Ministério Da Ciência, Tecnologia, Inovações E Comunicações. Disponível em: <https://ftp.cptec.inpe.br/pesquisa/grpeta/petamdl/Projetos/Projeta/indices.pdf>

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - EPAGRI (2022). Estiagem em SC: prejuízos na agricultura superam R\$ 4,2 bilhões com inclusão das perdas com a maçã. Governo do Estado de Santa Catarina. Disponível em: <https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/2022/03/18/estiagem-em-sc-prejuizos-na-agricultura-superam-r-4-bilhoes-com-inclusao-das-perdas-com-a-maca/>

Defesa Civil de Santa Catarina - DCSC (2016). Governo Estadual de Santa Catarina. Gestão de riscos de desastres. Disponível em: https://www.defesacivil.sc.gov.br/images/doctos/seminarios/Gestao_de_RISCO_de_desastres_BAIXA.PDF

Defesa Civil de Santa Catarina - DCSC (2022). Governo Estadual de Santa Catarina. Plano Estadual de Proteção e Defesa Civil de Santa Catarina. Disponível em: <https://www.defesacivil.sc.gov.br/wp-content/uploads/2023/05/PLANO-ESTADUAL-DE-PROTECAO-E-DEFESA-CIVIL-DE-SANTA-CATARINA.pdf>

Dutra, R. C; Goerl, R.F.; Lima, A.S; Ribeiro, M.S.R; Scherer, M.E.G. 2024. Desastres costeiros em Santa Catarina/Sul do Brasil: o que os dados revelam?. Revista Geonorte (no prelo).

European Climate Adaptation Platform Climate-ADAPT (2023). Adaptation options. Org.: European Commission and European Environment Agency (EEA). Disponível em: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/knowledge/adaptation-information/adaptation-measures>

FIESC - Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina. Efeito das Mudanças Climáticas na Indústria de Santa Catarina/ Unidade de Competitividade Industrial - Florianópolis: FIESC, 2017. 36p. Mudanças Climáticas – eventos climáticos. 2. Indústria catarinense. I. Título. CDU 33(816.4)

Gallopin, G.C. (2003). A systemic synthesis of the relations between vulnerability, hazard, exposure and impact, aimed at policy identification. In: Handbook for estimating the socio-economic and environmental effects of disasters. Economic Commission for Latin American and the Caribbean (ECLAC), Mexico, pp 2–25

Gallopin, G.C. (2006). Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. Glob. Environ. Change, 16 , pp. 293-303.

Global Commission on Adaptation - GCA (2019). "Adapt Now: A Global Call for Leadership on Climate Resilience." Rotterdam and Washington, DC: Global Commission on Adaptation. <https://gca.org/reports/adapt-now-a-global-call-for-leadership-on-climate-resilience/>

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017). Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2100600>

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018). População em Áreas de Risco no Brasil. Coordenação de Geografia. Disponível em: [Populacao em areas de risco no Brasil \(ibge.gov.br\)](http://populacaoemareasderisco.ibge.gov.br)

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022). CENSO 2022. Coordenação de Geografia. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>

ICLEI – Governos Locais pela Sustentabilidade (2015). Adaptação baseada em Ecossistemas. Oportunidades para políticas públicas em mudanças climáticas. Realização e co-autoria: Fundação Grupo Boticário de Proteção à Natureza. Disponível em: http://www.fundacaogrupoboticario.org.br/pt/Biblioteca/AbE_2015.pdf

IFFSC - Inventário florístico florestal do Estado de Santa Catarina (2022). Elaborado por: Alexander C. Vibrans, Laio Z. Oliveira, André L. de Gasper, Débora V. Lingner, Lauri A. Schorn, Daniel A. da Silva. Estimativas das taxas de mudança de atributos florestais das florestas catarinenses, com base nos dados do Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina. Abril de 2022. Disponível em: <https://www.iff.sc.gov.br/nossas-atividades/inventario-floristico-florestal/resultados/ciclo-2-2014-a-2019>

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia (2022). Normais climatológicas do Brasil - 1991-2020. Edição digital, Brasília-DF. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/uploads/normais/NORMAISCLIMATOLOGICAS.pdf>

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Projeções Climáticas No Brasil. Ministério Da Ciência, Tecnologia, Inovações E Comunicações. Disponível em: [Dados Climáticos \(inpe.br\)](http://dados.inpe.br)

IPCC, 2022. Summary for Policymakers [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem (eds.)]. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3–33, doi:10.1017/9781009325844.001.

IPCC, 2021: Annex VII: Glossary [Matthews, J.B.R., V. Möller, R. van Diemen, J.S. Fuglestedt, V. Masson-Delmotte, C. Méndez, S. Semenov, A. Reisinger (eds.)]. In Climate Change 2021: The Physical

Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 2215–2256, doi:10.1017/9781009157896.022.

IPCC, 2014: Impacts, adaptation and vulnerability. Top-level findings from the work group II. Summary for Policymakers.

IUCN - Union for Conservation of Nature (2016). Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C. and Maginnis, S. (eds.) Nature-based Solutions to address global societal challenges. Gland, Switzerland: IUCN. xiii + 97pp.

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI (2021). Secretaria de Pesquisa e Formação Científica. Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Secretaria de Pesquisa e Formação Científica. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. 620 p.: iL. ISBN: 978-65-87432-18-2.

Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional - MDR (2024). Secretaria de Proteção e Defesa Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil. Atlas Digital de Desastres no Brasil. Brasília: MDR. Disponível em: <https://atlasdigital.mdr.gov.br/>

Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional - MDR (2022). Guia para Elaboração e Revisão de Planos Diretores. Cooperação técnica: Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Cooperação Internacional Alemã (GIZ), por meio do Projeto ANDUS. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/desenvolvimento-urbano/GuiaparaElaboraoeRevisodePlanosDiretores_compressed.pdf

Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional - MDR (2019). Construindo Cidades Resilientes 2030. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/protecao-e-defesa-civil/cidades-resilientes>

Ministério da Economia (2022). Avaliação de Metodologias de Levantamento de Risco Climático, Fontes de Informações Climáticas. Anexo ao Guia ACB. Brasília. Disponível em: <https://www.gov.br/economia/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/consultas-publicas/2022/arquivos/anexos-sobre-riscos-climaticos-para-avaliacao-de-projetos-de-infraestrutura/anexo-riscos-climaticos.pdf>

Ministério do Meio Ambiente - MMA (2016). Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima : sumário executivo / Ministério do Meio Ambiente. Brasília, MMA. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/images/arquivo/80182/LIVRO_PNA_Resumo%20Executivo_.pdf

Ministério do Meio Ambiente - MMA (2018). Relatório de impactos da mudança do clima na Mata Atlântica. Sumário para tomadores de decisão. Secretaria da Biodiversidade. Departamento de Conservação de

Ecosistemas. Disponível em:
https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-biomas/ecossistemas/biomas/arquivos-biomas/impactos-da-mudanca-do-clima-na-mata-atlantica_-sumario-para-tomadores-de-decisao.pdf

Ministério dos Transportes - MTR (2022). Levantamento de impactos e riscos climáticos sobre a infraestrutura federal de transporte terrestres (rodoviário e ferroviário) existente e projetada. Sumário executivo. Elaboração: Associação GITEC/COPPE - Composta por GITEC Brasil Consultoria Socioambiental Ltda. (empresa líder), GITEC-IGIP GmbH e Programa de Engenharia de Transportes da COPPE/UFRJ. Disponível em:
https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/sustentabilidade/Sumario_Executivo_ADAPTAVIAS.pdf

NASA (2022). Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço dos Estados Unidos. *Sea level projection tool*. Disponível em <https://sealevel.nasa.gov/ipcc-ar6-sea-level-projection-tool>

Neumann JE, Chinowsky P, Helman J, Black M, Fant C, Strzepek K, Martinich J. 2021. Climate effects on US infrastructure: the economics of adaptation for rail, roads, and coastal development. *Clim Change*. Aug 19;167(44).

NICOLODI, JL, PETERMANN, RM (2010): Mudanças Climáticas e a Vulnerabilidade da Zona Costeira do Brasil: Aspectos ambientais, sociais e tecnológicos. *Climate Changes and Vulnerability of the Brazilian Coastal Zone in its Environmental, Social, and Technological Aspects*, Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management, 10(2):151-177

Observatório do Clima (2022). Reportagem “Não olhe para o mar”, vinculada no site jornalístico ((o)) Eco. Disponível em: <https://oeco.org.br/reportagens/nao-olhe-para-o-mar/>

PBMC, 2016: Mudanças Climáticas e Cidades. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas [Ribeiro, S.K., Santos, A.S. (Eds.)]. PBMC, COPPE – UFRJ. PBMC - Relatório Mudanças Climáticas e Cidades Rio de Janeiro, Brasil. 116p. ISBN: 978-85-285-0344-9. Disponível em: <http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/index.php/pt/publicacoes/relatorios-pbmc>

PBMC, 2014: Base científica das mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas [Ambrizzi, T., Araujo, M. (eds.)]. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 464 pp.

PBMC - Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (2016): Impacto, vulnerabilidade e adaptação das cidades costeiras brasileiras às mudanças climáticas: Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas [Marengo, J.A., Scarano, F.R. (Eds.)]. PBMC, COPPE - UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 184 p. ISBN: 978-85-285-0345-6.

Riahi, K., Schaeffer, R., Arango, J., Calvin, K., Guivarch, C., Hasegawa, T., Jiang, K., Kriegler, E., Matthews, R., Peters, G. P., Rao, A., Robertson, S., Sebbit, A. M., Steinberger, J., Tavoni, M., van Vuuren, D. P.: Mitigation pathways compatible with long-term goals, in: IPCC, 2022: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change, Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by: Shukla, P. R., Skea, J., Slade, R., Al Khourdajie, A., van Diemen, R., McCollum, D., Pathak, M., Some, S., Vyas, P., Fradera, R., Belkacemi, M., Hasija, A., Lisboa, G., Luz, S., and Malley, J., Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, <https://doi.org/10.1017/9781009157926.005>, 2022.

Santa Catarina. Documento Síntese - Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH (2017). Florianópolis.

Santa Catarina. Perfil da Indústria Catarinense. Portal da Indústria (2022). <https://perfildaindustria.portaldaindustria.com.br/estado/sc#:~:text=A%20ind%C3%BAstria%20de%20Santa%20Catarina,em%20exporta%C3%A7%C3%B5es%20industriais%20do%20Pa%C3%ADs.>

Santa Catarina. (2022). Zoneamento Ecológico Econômico de Santa Catarina (ZEE-SC/RH-9). Secretaria de Meio Ambiente e da Economia Verde.

Prefeitura Municipal de Santos. Plano Municipal da Mata Atlântica de Santos/SP: Resumo executivo. Setembro de 2021. Disponível em: www.santos.sp.gov.br/static/files_www/files/portal_files/hotsites/pmma/re_pmma_final_jan23.pdf

Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente (SIMA-SP) 2021. Projeto ProAdapta – Cooperação Técnica - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - Sedec. (2020). Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE). Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/protecao-e-defesa-civil-sedec/DOCU_cobra2.pdf

Tanner, T, Surminski, S, Wilkinson, E, Reid, R, Rentschler, J, and Rajput, S. 2018. The Triple Dividend of Resilience: Realizing Development Goals Through the Multiple Benefits of Disaster Risk Management. The World Bank Group (Banco Mundial).

Tribunal de Contas do Estado de Santa Catarina - TCE-SC. Levantamento Uso Do Solo Frente Aos Desastres Naturais. Disponível em: https://www.tcsc.tc.br/sites/default/files/2024-02/Tabelas_materia_levantamento_uso_solo.pdf

UNFCCC. Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima. Slow onset events, 2012. Technical paper Disponível em: <https://unfccc.int/resource/docs/2012/tp/07.pdf>

UNFCCC. 25 Years of Adaptation under the UNFCCC. Report by the Adaptation Committee, 2019. Disponível em: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/AC_25%20

World Bank Group (2021). Climate Risk Profile: Brazil. The World Bank Group. Disponível em: https://climateknowledgeportal.worldbank.org/sites/default/files/2021-07/15915-WB_Brazil%20Country%20Profile-WEB.pdf

WRI Brasil - World Resource Institute (2022). Soluções baseadas na natureza para adaptação em cidades: o que são e por que implementá-las. Autoria: Henrique Evers, Bruno Incau, Lara Caccia e Fernando Corrêa. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/solucoes-baseadas-na-natureza-para-adaptacao-em-cidades-o-que-sa-o-e-por-que-implementa-las>

Apêndice

Apêndice I. Catálogo de Medidas de Adaptação para Região Geográfica de Criciúma - Santa Catarina. Elaboração: Francisco Veiga Lima (2024).

CATÁLOGO DE MEDIDAS DE ADAPTAÇÃO PARA REGIÃO GEOGRÁFICA DE CRICIÚMA - SANTA CATARINA				
Setor/tema	Tipo de medida	Medidas de adaptação	Co-benefício para os meios de subsistência, bem-estar humano e biodiversidade	Referência (adaptado de)
Cidades	Medidas Estruturais	Promover obras de contenção de encostas, drenagem urbana e controles de inundações (utilizar/implementar princípios das SbN e AbE)	Maior segurança/proteção para populações vulneráveis/pobres; Redução dos impactos na saúde relacionados a desastres/doenças/contaminações; Redução na interrupção de redes de energia, transportes, água ou comunicações	AdaptaClima/MMA
Cidades	Medidas Estruturais	Implementar e melhorar os sistemas de abastecimento e armazenamento de água e esgotamento sanitário e manejo de resíduos	Melhor qualidade da água/solo; Maior segurança hídrica Melhor gestão de resíduos; Redução nos custos de saúde	AdaptaClima/MMA e PBMC (2016)
Cidades	Medidas Estruturais	Expandir áreas verdes das cidades - Reflorestamento e plantio de árvores para diminuição das ilhas de calor e redução do escoamento superficial da água	Redução das emissões de GEE; Aumento/melhoria de espaços verdes; Melhor qualidade da água/solo; Melhor qualidade do ar; Melhoria no bem-estar mental/qualidade de vida; Biodiversidade e serviços ecossistêmicos	ICLEI (2015)/AdaptaClima/MMA e PBMC (2016)
Cidades	Medidas Não Estruturais	Promover a reabilitação de áreas urbanas consolidadas (diminuir a exposição, ao não induzir ocupação em áreas de risco)	Maior inclusão social, igualdade e justiça	AdaptaClima/MMA
Cidades	Medidas Não Estruturais	Desenvolvimento e implantação de sistema de alerta precoce;	Maior segurança/proteção para populações vulneráveis/pobres	MMA (2016)
Cidades	Medidas Não Estruturais	Desenvolver e implementar Planos Municipais de Adaptação à mudança do clima.	-	MDR (2022)

Cidades	Medidas Não Estruturais	Adotar conceitos urbanísticos sustentáveis	Redução das emissões de GEE; Maior inclusão social, igualdade e justiça; Biodiversidade e serviços ecossistêmicos	AdaptaClima/MMA e PBMC (2016)
Cidades	Medidas Não Estruturais	Promover a implantação de parques lineares para melhoria da permeabilidade do solo e proteção de cursos de água (utilizar/implementar princípios das SbN e AbE),	Redução das emissões de GEE; Aumento/melhoria de espaços verdes; Melhor qualidade da água/solo; Melhoria no bem-estar mental/qualidade de vida	AdaptaClima/MMA e PBMC (2016)
Cidades	Medidas Não Estruturais	Promover a articulação federativa entre as esferas de governo e intercâmbio institucional	-	AdaptaClima
Cidades	Medidas Não Estruturais	Atualização de Planos Diretores e zoneamento urbano para incorporação de questões de drenagem e clima	Redução do esgotamento dos recursos naturais; Melhor qualidade da água/solo;	MMA (2016)
Cidades	Medidas Não Estruturais	Promoção de ações de educação ambiental e climática	Melhor educação e conscientização pública sobre problemas climáticos	MMA (2016)
Cidades	Medidas Não Estruturais	Gestão de banco de dados entre municípios, estados e união	Melhor educação e conscientização pública sobre problemas climáticos	MMA (2016)
Cidades	Medidas Não Estruturais	Elaboração e implantação de programas de conservação energética e investimento em energias renováveis;	Maior segurança energética	MMA (2016)
Cidades	Medidas Não Estruturais	Implantação de programa de difusão tecnológica para alcance do uso racional da água	Melhor qualidade da água/solo; Maior segurança hídrica	MMA (2016)
Cidades	Medidas Não Estruturais	Elaboração de planos de contingência específicos para eventos de cheias	Redução dos impactos na saúde relacionados a desastres/doenças/contaminações; Maior segurança/proteção para populações vulneráveis/pobres	MMA (2016)
Cidades	Medidas Não Estruturais	Melhorar gestão do uso e ocupação do solo	Redução do esgotamento dos recursos naturais; Biodiversidade e serviços ecossistêmicos Aumento/melhoria de espaços verdes Melhor qualidade da água/solo Maior segurança hídrica	AdaptaClima/MMA e PBMC (2016)

Cidades	Medidas Não Estruturais	Aumento de áreas permeáveis, com políticas públicas de incentivo à manutenção e incremento das taxas de permeabilidade urbana	Aumento/melhoria de espaços verdes Melhor qualidade da água/solo Maior segurança hídrica	ICLEI (2015)
Cidades	Medidas Não Estruturais	Elaboração de planos de gestão de secas, com foco nas bacias hidrográficas	Melhor qualidade da água/solo Maior segurança hídrica Maior segurança alimentar	MMA (2016)
Cidades	Medidas Não Estruturais	Aprimoramento dos modelos de previsão climática	Melhor educação e conscientização pública sobre problemas climáticos	MMA (2016)
Cidades	Medidas Não Estruturais	Promoção da gestão de riscos, através da construção de cenários futuros para o planejamento de longo prazo;	Melhor educação e conscientização pública sobre problemas climáticos	MMA (2016)
Cidades	Medidas Não Estruturais	Promover agricultura urbana	Maior segurança alimentar	AdaptaClima/ MMA e PBMC (2016)
Zona costeira	Medidas Estruturais	Fortificação de infraestruturas costeiras, portos, rodovias, passeios, edificações públicas e privadas, levando em conta cenários climáticos futuros	Redução na interrupção de redes de energia, transportes, água ou comunicações; Melhor mobilidade e acesso; Maior segurança rodoviária; Menos congestionamentos;	MMA (2016)
Zona costeira	Medidas Estruturais	Manutenção ou restauração da faixa de restinga e dunas para proteção da orla	Redução das emissões de GEE Biodiversidade e serviços ecossistêmicos Aumento/melhoria de espaços verdes	MMA (2016)
Zona costeira	Medidas Estruturais	Conservação de serviços ecossistêmicos de proteção costeira (SbN e AbE), como dunas, manguezais e marismas	Redução das emissões de GEE Biodiversidade e serviços ecossistêmicos Aumento/melhoria de espaços verdes	ICLEI (2015)/ MMA (2016)
Zona costeira	Medidas Não Estruturais	Elaboração de Plano Municipal para Mudança Climática	-	MMA (2016)
Zona costeira	Medidas Não Estruturais	Elaboração e implantação do Projeto Orla (planejamento da orla marítima)	Melhor educação e conscientização pública sobre problemas climáticos; Melhoria no bem-estar mental/qualidade de vida	MMA (2016)
Zona costeira	Medidas Não Estruturais	Atualização de Planos Diretores e zoneamento urbano para incorporação de riscos climáticos associados a aumento do NMM, inundação e erosão costeira	Maior segurança/proteção para populações vulneráveis/pobres	MMA (2016)

Zona costeira	Medidas Não Estruturais	Revisão do código de obras municipal, levando em conta cenários climáticos futuros (aumento do NMM, ventos, cotas de inundação costeira)	Redução na interrupção de redes de energia, transportes, água ou comunicações;	MMA (2016)
Zona costeira	Medidas Não Estruturais	Financiamento de projetos sustentáveis para construção na orla	-	MMA (2016)
Zona costeira	Medidas Não Estruturais	Promoção de planos de gestão costeira	-	MMA (2016)
Zona costeira	Medidas Não Estruturais	Políticas e regulações para diminuição da exposição de comunidades e bens em áreas de risco costeiro (realocação e prevenção de assentamentos próximos à orla)	Maior segurança/proteção para populações vulneráveis/pobres; Maior inclusão social, igualdade e justiça	MMA (2016)
Zona costeira	Medidas Não Estruturais	Mapeamento de áreas de risco de inundação e erosão costeira	Maior segurança/proteção para populações vulneráveis/pobres	MMA (2016)
Zona costeira	Medidas Não Estruturais	Sistemas de informação e de alertas	Maior segurança/proteção para populações vulneráveis/pobres	MMA (2016)
Zona costeira	Medidas Não Estruturais	Contratação de seguros financeiros e estruturais	-	MMA (2016)
Zona costeira	Medidas Não Estruturais	Ações que fomentem o monitoramento das condições meteoceanográficas	-	MMA (2016)
Zona costeira	Medidas Não Estruturais	Capacitação das comunidades locais para gestão adequada dos ecossistemas costeiros e da água, restauração de ecossistemas costeiros	Melhor educação e conscientização pública sobre problemas climáticos	ICLEI (2015)
Zona costeira	Medidas Não Estruturais	Implementação de mosaico de áreas marinhas e costeiras protegidas	Redução do esgotamento dos recursos naturais Redução das emissões de GEE Biodiversidade e serviços ecossistêmicos Aumento/melhoria de espaços verdes Melhor qualidade da água/solo; Maior segurança alimentar	ICLEI (2015)
Zona costeira	Medidas Não Estruturais	Gestão sustentável da pesca mediante implementação de: áreas de exclusão de pesca; programas de monitoramento e manejo; capacitação de pescadores sobre mudanças climáticas	Maior segurança alimentar; Melhor educação e conscientização pública sobre problemas climáticos	ICLEI (2015)

Indústria	Medidas Estruturais	Elaboração e implantação de sistemas de captação e reuso de água.	Melhor qualidade da água/solo; Maior segurança hídrica Maior segurança alimentar	AdaptaClima/ MMA
Indústria	Medidas Estruturais	Recuperação e manutenção de áreas naturais no entorno de rios e nascentes, especialmente no entorno de mananciais de abastecimento industrial; manutenção de corredores ecológicos formados pelas matas ciliares	Redução do esgotamento dos recursos naturais Redução das emissões de GEE Biodiversidade e serviços ecossistêmicos Aumento/melhoria de espaços verdes Melhor qualidade da água/solo Maior segurança hídrica	ICLEI (2015)
Indústria	Medidas Não Estruturais	Identificação e monitoramento de variáveis climáticas.	-	AdaptaClima/ MMA
Indústria	Medidas Não Estruturais	Disponibilização de ferramentas para acesso aos dados da rede de monitoramento e alertas em uma linguagem gerencial.	Melhor educação e conscientização pública sobre problemas climáticos	AdaptaClima/ MMA
Indústria	Medidas Não Estruturais	Mapeamento de áreas de risco e do parque industrial em expansão, a fim de garantir que tal expansão não ocorra em áreas vulneráveis.	Maior segurança/proteção para populações vulneráveis/pobres; Redução na interrupção de redes de energia, transportes, água ou comunicações	AdaptaClima/ MMA
Indústria	Medidas Não Estruturais	Planejamento e Investimentos em medidas de Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE) em áreas ao redor da planta industrial.	Redução do esgotamento dos recursos naturais Redução das emissões de GEE Biodiversidade e serviços ecossistêmicos Aumento/melhoria de espaços verdes Melhor qualidade da água/solo;	AdaptaClima/ MMA
Indústria	Medidas Não Estruturais	Investimentos em reuso, dessalinização e fontes alternativas de obtenção de água e energia.	Melhor qualidade da água/solo Maior segurança hídrica	AdaptaClima/ MMA
Indústria	Medidas Não Estruturais	Inclusão do risco climático em todas as ações de planejamento das indústrias. Aprofundamento do conhecimento sobre impactos, vulnerabilidades e medidas de adaptação para subsetores industriais.	Melhor educação e conscientização pública sobre problemas climáticos	AdaptaClima/ MMA

Indústria	Medidas Não Estruturais	Sensibilização das empresas para introdução do tema de adaptação na agenda de sustentabilidade, especialmente das micro e pequenas empresas, que constituem o maior número de empreendimentos industriais e frequentemente são as mais vulneráveis.	Melhor educação e conscientização pública sobre problemas climáticos	AdaptaClima/ MMA
Agricultura	Medidas Estruturais	Manejo de pragas e doenças: diversidade e rotação de culturas, controle biológico e desenvolvimento de estudos sobre riscos de pragas em função da mudança do clima;	Maior segurança alimentar	AdaptaClima/ MMA
Agricultura	Medidas Estruturais	Melhoria das estruturas de conservação do solo	Melhor qualidade da água/solo Maior segurança hídrica Maior segurança alimentar	MMA (2016)
Agricultura	Medidas Estruturais	Promoção do bem-estar animal: manter sombras nos pastos e ampliar os estudos sobre o meio que vivem os animais e os impactos da mudança do clima na produção animal;	Maior inclusão social, igualdade e justiça	MMA (2016)
Agricultura	Medidas Estruturais	Melhoria nos sistemas de transportes de produtos agro para reduzir preço dos alimentos (segurança alimentar, considerando potencial realocação produtiva)	Redução na interrupção de redes de energia, transportes, água ou comunicações; Maior segurança rodoviária Menos congestionamentos	MMA (2016)
Agricultura	Medidas Não Estruturais	Uso sustentável de recursos hídricos: práticas agrícolas que permitam melhor infiltração da água e manutenção da umidade no solo, reduzam a necessidade de irrigação, de sistemas de irrigação mais eficientes, armazenamento de água da chuva e combate à desertificação;	Melhor qualidade da água/solo Maior segurança hídrica Maior segurança alimentar	MMA (2016) e AdaptaClima/ MMA
Agricultura	Medidas Não Estruturais	Recuperação e Conservação de Áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal: permitem manter nascentes, cursos d'água, ciclo da água, temperaturas mais amenas e ecossistemas com predadores naturais de pragas;	Redução das emissões de GEE Biodiversidade e serviços ecossistêmicos Aumento/melhoria de espaços verdes Melhor qualidade da água/solo Maior segurança hídrica Maior segurança alimentar	AdaptaClima/ MMA
Agricultura	Medidas Não Estruturais	Transição para sistemas integrados de produção: sistemas como lavoura-pecuária-floresta, lavoura-pecuária, silvipastoril ou agroflorestas dependem menos de recursos externos e reduzem a vulnerabilidade a riscos climáticos;	Maior segurança alimentar	AdaptaClima/ MMA

Agricultura	Medidas Não Estruturais	Fomento de sistemas agroflorestais: amenizam efeitos de eventos extremos, modificam temperaturas, proporcionam sombra e abrigo, permitem estender épocas de colheita e agem como fontes alternativas de alimentos durante períodos de secas e cheias;	Maior segurança alimentar; Biodiversidade e serviços ecossistêmicos	AdaptaClima/MMA
Agricultura	Medidas Não Estruturais	Diversificação da oferta de alimentos e/ou melhoramento genético: considerando as altas temperaturas e a restrição hídrica, a diversificação de espécies é uma alternativa possível;	Maior segurança alimentar	AdaptaClima/MMA
Agricultura	Medidas Não Estruturais	Revisão e fortalecimento de políticas públicas: Ampliar discussão sobre marco legal para pagamento por serviços ambientais ao setor agrícola, revisão do sistema de seguro rural, aplicação do Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC);	Melhor educação e conscientização pública sobre problemas climáticos	AdaptaClima/MMA
Agricultura	Medidas Não Estruturais	Apoio técnico e financeiro: transferência de novas tecnologias que promovam a resiliência e adaptação e qualificação de profissionais, aperfeiçoamento e ampliação do seguro rural e financiamento para as regiões mais vulneráveis;	Melhor educação e conscientização pública sobre problemas climáticos	AdaptaClima/MMA
Agricultura	Medidas Não Estruturais	Consumo consciente: promover campanhas de esclarecimento para população com intuito de que seja dada preferência aos produtos provenientes de sistemas de produção que contribuam para adaptação e mitigação da mudança do clima.	Melhor educação e conscientização pública sobre problemas climáticos	AdaptaClima/MMA
Agricultura	Medidas Não Estruturais	Desenvolvimento pesquisas sobre sementes adaptadas às restrições hídricas, extremos de temperatura e pragas	Maior segurança alimentar	ICLEI (2015)/MMA (2016)
Agricultura	Medidas Não Estruturais	Monitoramento dos impactos que as alterações climáticas possam provocar nas espécies	-	ICLEI (2015)
Agricultura	Medidas Não Estruturais	Aprimoramento das técnicas de agricultura e da utilização dos recursos naturais	Redução do esgotamento dos recursos naturais	ICLEI (2015)
Transporte	Medidas Estruturais	Implementação de Soluções técnicas que confirmam maior proteção e resiliência, contemplando medidas preventivas e de resposta que minimizem impactos de eventos extremos, tanto no deslocamento de pessoas como no de cargas, e que reduzam custos e o tempo de recuperação de ativos eventualmente afetados.	Melhor mobilidade e acesso Maior segurança rodoviária Menos congestionamentos Redução na interrupção de redes de energia, transportes, água ou comunicações	AdaptaClima/MMA

Transporte	Medidas Estruturais	Recuperação/conservação de encostas próximas a rodovias	Redução na interrupção de redes de energia, transportes, água ou comunicações; Maior segurança/proteção para populações vulneráveis/pobres	ICLEI (2015)
Transporte	Medidas Não Estruturais	Realizar inspeções e manutenções de vias, sistemas de drenagem e barreiras de contenção com maior frequência	Maior segurança rodoviária	MMA (2016)
Transporte	Medidas Não Estruturais	Existência de sistemas de alerta de condições meteorológicas e meios de comunicação à população, sobre a operação dos modais e das rotas de transporte e alternativas; entre outros.	Melhoria no bem-estar mental/qualidade de vida; Redução na interrupção de redes de energia, transportes, água ou comunicações	AdaptaClima/ MMA
Transporte	Medidas Não Estruturais	Planejamento do uso e ocupação do solo e alocação de infraestrutura de forma integrada com a avaliação de riscos climáticos e considerando princípios de Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE).	Redução das emissões de GEE;	AdaptaClima/ MMA
Transporte	Medidas Não Estruturais	Infraestrutura de transportes existente deve ser revisitada a partir da perspectiva da minimização dos impactos climáticos, aproveitando-se não só dos ciclos de manutenção dos ativos como também requalificando e revisando as especificações técnicas.	Maior segurança rodoviária Redução na interrupção de redes de energia, transportes, água ou comunicações	AdaptaClima/ MMA
Transporte	Medidas Não Estruturais	Qualificação do transporte público coletivo e de modais não motorizados, que provém ao mesmo tempo melhoria das condições de deslocamento da população e co-benefícios para mitigação, adaptação, economia e bem-estar das pessoas.	Redução das emissões de GEE; Redução dos impactos na saúde relacionados a desastres/doenças/contaminações Melhoria no bem-estar mental/qualidade de vida; Melhor mobilidade e acesso	AdaptaClima/ MMA
Transporte	Medidas Não Estruturais	Articulação entre os entes setoriais, como os responsáveis pelo transporte e trânsito, saneamento, defesa civil, bem como entre entes federativos, como os municípios em regiões metropolitanas e governos estaduais e federal.	Melhor mobilidade e acesso Maior segurança rodoviária Menos congestionamentos Redução na interrupção de redes de energia, transportes, água ou comunicações	AdaptaClima/ MMA
Biodiversidade	Medidas Estruturais	Utilização de infraestruturas híbridas (cinza e verde) para contenção de enchentes e movimentos de massa	Maior segurança/proteção para populações vulneráveis/pobres; Biodiversidade e serviços	AdaptaClima/ MMA

			ecossistêmicos; Redução das emissões de GEE	
Biodiversidade	Medidas Estruturais	Criação de barreira natural em área costeira a fim de estancar processo de erosão.	Biodiversidade e serviços ecossistêmicos; Maior segurança/proteção para populações vulneráveis/pobres	AdaptaClima/ MMA
Biodiversidade	Medidas Estruturais	Recuperação de manguezais como proteção contra enchentes e contenção da linha de costa.	Biodiversidade e serviços ecossistêmicos; Maior segurança/proteção para populações vulneráveis/pobres; Redução das emissões de GEE	AdaptaClima/ MMA
Biodiversidade	Medidas Estruturais	Recuperação de matas ciliares e proteção das nascentes para proteção de cursos hídricos.	Redução das emissões de GEE; Biodiversidade e serviços ecossistêmicos	AdaptaClima/ MMA
Biodiversidade	Medidas Estruturais	Restauração de mata nativa, práticas florestais e agroflorestais, manejo sustentável de florestas para recuperar biodiversidade e serviços ecossistêmicos.	Redução das emissões de GEE; Biodiversidade e serviços ecossistêmicos	AdaptaClima/ MMA
Biodiversidade	Medidas Não Estruturais	Criação de unidades de conservação e corredores ecológicos, terrestres e marinhos, considerando a resiliência à mudança do clima.	Redução das emissões de GEE; Biodiversidade e serviços ecossistêmicos; Aumento/melhoria de espaços verdes	AdaptaClima/ MMA
Biodiversidade	Medidas Não Estruturais	Cogestão em processos participativos envolvendo comunidades, governos, academia, ONGs que contribuam para a manutenção da biodiversidade e dos ecossistemas em conjunto com a sobrevivência de populações tradicionais e seus costumes (IPCC, 2014).	Biodiversidade e serviços ecossistêmicos; Melhoria no bem-estar mental/qualidade de vida	AdaptaClima/ MMA
Biodiversidade	Medidas Não Estruturais	Planejamento territorial que considere as alterações futuras nos ecossistemas e na biodiversidade, melhor gestão de fatores não climáticos e restauração de áreas degradadas	Biodiversidade e serviços ecossistêmicos Aumento/melhoria de espaços verdes	AdaptaClima/ MMA
Biodiversidade	Medidas Não Estruturais	Aprimoramento das práticas de gestão de ecossistemas	Biodiversidade e serviços ecossistêmicos	ICLEI (2015)
Biodiversidade	Medidas Não Estruturais	Expansão de áreas protegidas	Redução das emissões de GEE; Aumento/melhoria de espaços verdes	ICLEI (2015)
Biodiversidade	Medidas Não Estruturais	Promover o controle de espécies exóticas, principalmente em áreas protegidas, já que as mudanças climáticas podem criar	Maior segurança hídrica Maior segurança alimentar	ICLEI (2015)

		condições favoráveis para o estabelecimento de novas exóticas invasoras		
Biodiversidade	Medidas Não Estruturais	Pagamentos pelos serviços de provisão de água em determinadas localidades	Melhor qualidade da água/solo Maior segurança hídrica	ICLEI (2015)
Biodiversidade	Medidas Não Estruturais	Elaboração de planos municipais de proteção e restauração de florestas	Biodiversidade e serviços ecossistêmicos	ICLEI (2015)
Biodiversidade	Medidas Não Estruturais	Conservação da variabilidade genética das espécies a fim de facilitar a adaptação das populações às mudanças climáticas	Redução do esgotamento dos recursos naturais	ICLEI (2015)