



GOVERNO DO ESTADO  
**RIO GRANDE DO SUL**  
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE  
E INFRAESTRUTURA

# Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática do Estado do Rio Grande do Sul

Relatório Final 2025

Para fazer o download deste e outros materiais, visite: <https://www.proclima2050.rs.gov.br/inicial>

Este documento foi coordenado pelo Governo do Estado do Rio Grande do Sul, através da Secretaria do Meio Ambiente Infraestrutura, por meio da Assessoria do Clima, e realizado pelo ICLEI – Governos Locais pela Sustentabilidade, em parceria com o Instituto de Geociências e com o Instituto de Pesquisas Hidráulicas, ambos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Trata-se da Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática do Estado do Rio Grande do Sul, desenvolvido no âmbito do processo de Conformidade Climática do Estado.

Este trabalho pode ser copiado, redistribuído e adaptado para fins não comerciais, desde que seja devidamente citado. Em qualquer utilização deste trabalho, não deve haver qualquer sugestão de que o ICLEI – Governos Locais pela Sustentabilidade endossa qualquer organização, produto ou serviço específico.

Citação sugerida:

Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura, ICLEI – Governos Locais pela Sustentabilidade, Instituto de Geociências e Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática do Estado do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre: Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura, ICLEI – Governos Locais pela Sustentabilidade, Instituto de Geociências e Instituto de Pesquisas Hidráulicas, 2025.

ISBN 978-85-99093-53-5

Para informações adicionais, por favor, contatar:

ICLEI América do Sul, R. Marquês de Itu, 70 - Vila Buarque, São Paulo – Brasil, 01223-000, [iclei-sams@iclei.org](mailto:iclei-sams@iclei.org)

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Rio Grande do Sul (Estado). Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura  
Análise de risco e vulnerabilidade climática do Estado do Rio Grande do Sul [livro eletrônico] /Governo do Estado do Rio Grande do Sul. Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura, ICLEI - Governos Locais pela Sustentabilidade. – Porto Alegre, RS : ICLEI Governos Locais pela Sustentabilidade, 2026  
PDF

Bibliografia  
ISBN 978-85-99093-53-5

1. Análise de risco 2. Avaliação de riscos ambientais 3. Impacto ambiental - Rio Grande do Sul 4. Mudanças climáticas 5. Vulnerabilidade. I. ICLEI - Governos Locais pela Sustentabilidade II. Título

26-363611.1

CDD-363.7

**Índices para catálogo sistemático:**

1. Avaliação : Impacto ambiental : Gestão ambiental 363.7  
Maria Alice Ferreira - Bibliotecária - CRB-8/7964



GOVERNO DO ESTADO  
**RIO GRANDE DO SUL**  
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE  
E INFRAESTRUTURA

# Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática do Estado do Rio Grande do Sul

Relatório Final 2025

Este produto é parte da Conformidade Climática do Estado do Rio Grande do Sul



GOVERNO DO ESTADO  
**RIO GRANDE DO SUL**  
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE  
E INFRAESTRUTURA

## Governo do Estado do Rio Grande do Sul

Eduardo Leite - *Governador*

Gabriel Souza - *Vice-Governador*

### Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura

Marjorie Kauffmann - *Secretária do Meio Ambiente e Infraestrutura*

Marcelo Camardelli Rosa - *Secretário Adjunto do Meio Ambiente e Infraestrutura*

Daniela Mueller de Lara - *Coordenadora da Assessoria do Clima*

Diogo Fernando Heck - *Assessor Técnico da Assessoria do Clima*

Mariana Pavlick Pereira - *Assessora Técnica da Assessoria do Clima*

Ricardo Andreazza - *Assessor Técnico da Assessoria do Clima*

Orozimbo Silveira Carvalho - *Especialista em Infraestrutura da Assessoria do Clima*

Luiz Antonio Freitas Junior - *Especialista em Tecnologia da Informação e Comunicação*

Maria Eduarda de Oliveira da Silva - *Estagiária*

### Grupo Executivo

Rafael Maraschin Guigou, Valmir Zanatta, Liana Barbizan Tissiani - *Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura*

Leonardo Peraça da Silva, Carla Marle Paulitsch - *Secretaria de Desenvolvimento Econômico*

Alexandre Batista Scheifler, Cassio Martinez Machado - *Secretaria de Desenvolvimento Rural*

Lucas Corrêa Born - *Secretaria Estadual da Saúde*

Marlon Silva de Souza, Edinei Rodrigues Pavão - *Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Metropolitano*

Daiane Boelhauer Menezes, Itzayana González Ávila, Fernando Preusser de Matt - *Secretaria da Reconstrução Gaúcha*

Ana Maria Hermes, Ana Amélia Da Cas Lima Duarte - *Defesa Civil*

Madalena Heinen, Alexandra Cruz Passuelo - *Secretaria de Inovação, Ciência e Tecnologia*

Ari Borges dos Santos - *Secretaria de Obras Públicas*

Álvaro Luiz de Melo Machado - *Secretaria de Turismo*

Vera Inêz Salgueiro Lermen, Maria do Socorro Ramos Barbosa - *Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão e Infraestrutura Estadual de Dados Espaciais*

Tiago da Silva Pinz, Wesley Henrique do Carmo Oliveira - *Secretaria da Fazenda*



## ICLEI – Governos Locais pela Sustentabilidade

### Secretaria Executiva

Rodrigo Perpétuo - *Secretário Executivo ICLEI América do Sul*

Rodrigo Corradi - *Secretário Executivo Adjunto e Diretor ICLEI Brasil*

Armelle Cibaka - *Gerente de Planejamento, Gestão e Conhecimento*

### Coordenação Técnica

Marília Israel - *Coordenadora Técnica Regional*

Stephania Aleixo - *Coordenadora Técnica Regional*

### Project Management Office

Maria Fernandes Caldas - *Senior Fellow de Desenvolvimento Sustentável*

### Coordenação e Desenvolvimento Técnico da Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática

Maria Fernandes Caldas - *Senior Fellow de Desenvolvimento Sustentável*

Marília Israel - *Coordenadora Técnica Regional*

Luisa Acauan - *Analista da Área Técnica Regional*

Tiago Mello - *Analista da Área Técnica Regional*

Matheus Cabral - *Assistente da Área Técnica Regional*

Bruno Portes - *Assistente da Área Técnica Regional*

### Equipe de Apoio

Isadora Buchala

Leonardo Batista

Carolina Cristofoli Falcão

Fernanda Gouveia

Keila Ferreira

### Comunicação

Giovanna Galvani - *Assessora de Comunicação*

Gustavo Barboza - *Analista de Comunicação Regional*

## Colaboradores Externos

### Apoio Técnico

Instituto de Geociências — Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Instituto de Pesquisas Hidráulicas — Universidade Federal do Rio Grande do Sul

### Grupo Consultivo

Fórum Gaúcho de Mudanças Climáticas

### Projeto Gráfico

Max Tango - *Arquiteto e Designer*

### Diagramação

Beatriz Boock - *Designer*

### Foto Capa

Gustavo Mansur - *Palácio Piratini*

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Composição do risco climático conforme metodologia do IPCC. ....	25
<b>Figura 2</b> - Ilustração do risco climático e interação entre seus componentes .....	26
<b>Figura 3</b> - Localização do Estado do Rio Grande do Sul.....	32
<b>Figura 4</b> - Evolução da Cobertura do Solo (1985 - 2023).....	35
<b>Figura 5</b> - Evolução do IDH do Estado do Rio Grande do Sul (1991-2021).....	36
<b>Figura 6</b> - Estrutura VAB do Rio Grande do Sul por setores de atividade em 2021.....	37
<b>Figura 7</b> - Registros dos eventos extremos entre 1991 e 2023 no Estado do Rio Grande do Sul.....	38
<b>Figura 8</b> - Ocorrências de inundações entre 1991 e 2022 no Estado do Rio Grande do Sul.....	39
<b>Figura 9</b> - Ocorrências de deslizamentos entre 1991 e 2022 no Estado do Rio Grande do Sul.....	40
<b>Figura 10</b> - Número de casos de dengue notificados e confirmados por ano no Estado do Rio Grande do Sul.....	41
<b>Foto 1</b> - Registro da 10ª reunião ordinária do Fórum Gaúcho de Mudanças Climáticas.....	44
<b>Foto 2</b> - Registro da oficina de capacitação para gestão de riscos, adaptação climática e resiliência urbana....	44
<b>Figura 11</b> - Indicadores e componente de ameaça para o risco climático de aumento do nível do mar para o Rio Grande do Sul .....	46
<b>Figura 12</b> - Indicadores e componente de exposição para o risco climático de aumento do nível do mar para o Rio Grande do Sul .....	47
<b>Figura 13</b> - Indicadores e componente de sensibilidade para o risco climático de aumento do nível do mar para o Rio Grande do Sul .....	47
<b>Figura 14</b> - Indicadores e componente de capacidade adaptativa para o risco climático de aumento do nível do mar para o Rio Grande do Sul.....	48
<b>Figura 15</b> - Mapa de risco climático de aumento do nível do mar para o Rio Grande do Sul.....	50
<b>Figura 16</b> - Indicadores e componente de ameaça para o risco climático de inundação para o Rio Grande do Sul.....	53
<b>Figura 17</b> - Indicadores e componente de exposição para o risco climático de inundação para o Rio Grande do Sul.....	54
<b>Figura 18</b> - Indicadores e componente de sensibilidade para o risco climático de inundação para o Rio Grande do Sul .....	54
<b>Figura 19</b> - Indicadores e componente de capacidade adaptativa para o risco climático de inundação para o Rio Grande do Sul.....	55
<b>Figura 20</b> - Mapa de risco climático de inundação para o Rio Grande do Sul.....	58
<b>Figura 21</b> - Indicadores e componente de ameaça para o risco climático de deslizamento para o Rio Grande do Sul.....	61
<b>Figura 22</b> - Indicadores e componente de exposição para o risco climático de deslizamento para o Rio Grande do Sul.....	61
<b>Figura 23</b> - Indicadores e componente de sensibilidade para o risco climático de deslizamento para o Rio Grande do Sul.....	62
<b>Figura 24</b> - Indicadores e componente de capacidade adaptativa para o risco climático de deslizamento para o Rio Grande do Sul.....	63
<b>Figura 25</b> - Mapa de risco climático de deslizamentos para o Rio Grande do Sul.....	64
<b>Figura 26</b> - Indicadores e componente de ameaça para o risco climático de ondas de calor para o Rio Grande do Sul.....	68
<b>Figura 27</b> - Indicadores e componente de exposição para o risco climático de ondas de calor para o Rio Grande do Sul.....	68
<b>Figura 28</b> - Indicadores e componente de sensibilidade para o risco climático de ondas de calor para o Rio Grande do Sul.....	69

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 29</b> - Indicadores e componente de capacidade adaptativa para o risco climático de ondas de calor para o Rio Grande do Sul.....	70
<b>Figura 30</b> - Mapa de risco climático de ondas de calor para o Rio Grande do Sul.....	72
<b>Figura 31</b> - Indicadores e componente de ameaça para o risco climático de ondas de frio para o Rio Grande do Sul.....	75
<b>Figura 32</b> - Indicadores e componente de exposição para o risco climático de ondas de frio para o Rio Grande do Sul.....	76
<b>Figura 33</b> - Indicadores e componente de sensibilidade para o risco climático de ondas de frio para o Rio Grande do Sul.....	77
<b>Figura 34</b> - Indicadores e componente de capacidade adaptativa para o risco climático de ondas de frio para o Rio Grande do Sul.....	77
<b>Figura 35</b> - Mapa de risco climático de ondas de frio para o Rio Grande do Sul.....	80
<b>Figura 36</b> - Indicadores e componente de ameaça para o risco climático de proliferação de vetores de arboviroses urbanas para o Rio Grande do Sul.....	83
<b>Figura 37</b> - Indicadores e componente de exposição para o risco climático de proliferação de vetores de arboviroses urbanas para o Rio Grande do Sul.....	83
<b>Figura 38</b> - Indicadores e componente de sensibilidade para o risco climático de proliferação de vetores de arboviroses urbanas para o Rio Grande do Sul.....	84
<b>Figura 39</b> - Indicadores e componente de capacidade adaptativa para o risco climático de proliferação de vetores de arboviroses urbanas para o Rio Grande do Sul.....	85
<b>Figura 40</b> - Mapa de risco climático de arboviroses para o Rio Grande do Sul.....	88
<b>Figura 41</b> - Mapa de risco crítico para o Rio Grande do Sul.....	92
<b>Figura 42</b> - Situação média por município no Estado do Rio Grande do Sul para os parâmetros de temperatura máxima do ar e de precipitação anual em diferentes recortes temporais.....	97
<b>Figura 43</b> - Tendências esperadas de aumento médio da temperatura máxima do ar no Estado do Rio Grande do Sul por mesorregião administrativa em diferentes recortes temporais.....	98
<b>Figura 44</b> - Tendências esperadas de aumento médio da precipitação no Estado do Rio Grande do Sul por mesorregião administrativa em diferentes recortes temporais.....	99
<b>Figura 45</b> - Tendências esperadas de aumento médio da temperatura máxima do ar e da precipitação anual no Estado do Rio Grande do Sul em diferentes recortes temporais.....	99

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Etapas da Conformidade Climática.....	20
<b>Quadro 2</b> - Riscos climáticos analisados.....	21
<b>Quadro 3</b> - Estrutura do relatório.....	21
<b>Quadro 4</b> - Metodologia de elaboração da Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática.....	24
<b>Quadro 5</b> - Conceitos e elementos do componente de vulnerabilidade.....	26
<b>Quadro 6</b> - Exemplos de indicadores da Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática.....	28
<b>Quadro 7</b> - Componente de ameaça.....	28
<b>Quadro 8</b> - Componente de exposição.....	28
<b>Quadro 9</b> - Componente de vulnerabilidade.....	29
<b>Quadro 10</b> - Resumo das etapas metodológicas aplicadas.....	44
<b>Quadro 11</b> - Indicadores utilizados para a modelagem do risco climático de aumento do nível do mar.....	49
<b>Quadro 12</b> - Indicadores utilizados para a modelagem do risco climático de inundação.....	56
<b>Quadro 13</b> - Indicadores utilizados para a modelagem do risco climático de deslizamentos.....	66
<b>Quadro 14</b> - Indicadores utilizados para a modelagem do risco climático de ondas de calor.....	71
<b>Quadro 15</b> - Indicadores utilizados para a modelagem do risco climático de ondas de frio.....	78
<b>Quadro 16</b> - Indicadores utilizados para a modelagem do risco climático de proliferação de vetores de arboviroses urbanas.....	86
<b>Quadro 17</b> - Síntese de municípios no Rio Grande do Sul classificados com risco muito alto.....	102

## LISTA DE SIGLAS

<b>ANA</b> Agência Nacional de Águas	<b>IDE</b> Infraestrutura de Dados Espaciais	<b>MIDR</b> Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional	<b>SNIS</b> Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
<b>APA</b> Área de Proteção Ambiental	<b>IDH</b> Índice de Desenvolvimento Humano	<b>MMA</b> Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima	<b>SPGG</b> Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão
<b>ARVC</b> Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática	<b>IEDE</b> Infraestrutura Estadual de Dados Espaciais	<b>MODIS</b> <i>Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer</i> (Espectrorradiômetro de Resolução Moderada)	<b>SSP</b> <i>Shared Socioeconomic Pathways</i> (Trajetórias Socioeconômicas Compartilhadas)
<b>BID</b> Banco Interamericano de Desenvolvimento	<b>IFDM</b> Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal	<b>MUPRS</b> Mapa Único do Plano Rio Grande	<b>UBS</b> Unidade Básica de Saúde
<b>CEASA</b> Centro de Abastecimento	<b>INDE</b> Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais	<b>PBH</b> Planos de Bacia Hidrográfica	<b>UFRG</b> Universidade Federal do Rio Grande do Sul
<b>CEPAL</b> Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe	<b>INMET</b> Instituto Nacional de Meteorologia	<b>PELT</b> Plano Estadual de Logística de Transportes	<b>UFSC</b> Universidade Federal de Santa Catarina
<b>COBRADE</b> Codificação Brasileira de Desastres	<b>INPE</b> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais	<b>PIB</b> Produto Interno Bruto	<b>UNDP</b> <i>United Nations Development Programme</i> (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento)
<b>COREDES</b> Conselhos Regionais de Desenvolvimento	<b>IVS</b> Índice de Vulnerabilidade Social	<b>PPA</b> Plano Plurianual	<b>UNDRR</b> <i>United Nations Office for Disaster Risk Reduction</i> (Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres)
<b>CREPDEC</b> Coordenadoria Regional de Proteção e Defesa Civil	<b>IVCAD</b> Índice de Vulnerabilidade de Famílias do CadÚnico	<b>RCP</b> <i>Representative Concentration Pathway</i> (Trajetória de Concentração Representativa)	<b>UPA</b> Unidade de Pronto Atendimento
<b>DAER</b> Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem	<b>IPCC</b> <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas)	<b>RFP</b> Regiões Funcionais de Planejamento	<b>VAB</b> Valor Adicionado Bruto
<b>DCNT</b> Doenças Crônicas Não Transmissíveis	<b>IPEA</b> Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada	<b>SEAPI</b> Secretaria da Agricultura, Pecuária, Produção Sustentável e Irrigação	<b>WEF</b> <i>World Economic Forum</i> (Fórum Econômico Mundial)
<b>EPE</b> Empresa de Pesquisa Energética	<b>IPH</b> Instituto de Pesquisas Hidráulicas	<b>SEDEC</b> Secretaria de Desenvolvimento Econômico	<b>WRI</b> <i>World Resources Institute</i> (Instituto dos Recursos Mundiais)
<b>ESA</b> <i>European Space Agency</i> (Agência Espacial Europeia)	<b>IPHAE</b> Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico do Estado	<b>SEGIRD</b> Sistema Estadual de Gestão Integrada de Risco de Desastres	<b>WUDAPT</b> <i>World Urban Database and Access Portal Tools</i> (Base de Dados e Portal de Acesso para Zonas Climáticas Urbanas)
<b>FEE</b> Fundação de Economia e Estatística	<b>IPHAN</b> Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional	<b>SEMA</b> Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura	<b>WWF</b> <i>World Wildlife Fund</i> (Fundo Mundial para a Natureza)
<b>FUNAI</b> Fundação Nacional dos Povos Indígenas	<b>LCZ</b> <i>Local Climate Zones</i> (Zonas Climáticas Locais)	<b>SES</b> Secretaria da Saúde	
<b>GCC</b> <i>GreenClimateCities</i>	<b>LGMA</b> <i>Local Government and Municipal Authorities</i> (Governos Locais e Autoridades Municipais)	<b>SESI</b> Serviço Social da Indústria	
<b>GEX</b> Grupo Executivo	<b>LOA</b> Lei Orçamentária Anual	<b>SEUC</b> Sistema Estadual de Unidades de Conservação	
<b>GIZ</b> <i>Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit</i> (Cooperação Alemã ao Desenvolvimento Sustentável)	<b>MCR</b> <i>Making Cities Resilient</i> (Construindo Cidades Resilientes)	<b>SIG</b> Sistema de Informação Geográfica	
<b>IBGE</b> Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística	<b>MDS</b> Ministério do Desenvolvimento e Assistência Social, Família e Combate à Fome	<b>SNIRH</b> Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos	

## CONCEITOS-CHAVE<sup>1</sup>

**Adaptação:** Corresponde ao processo pelo qual a sociedade humana se ajusta ao clima e seus efeitos, sejam os atuais ou os previstos. A adaptação é promovida por estratégias e medidas disponíveis específicas, as quais podem ocorrer em níveis estruturais, institucionais, ecológicos ou comportamentais.

**Ameaças climáticas:** A potencial tendência de ocorrência ou efetiva concretização de um evento físico natural ou humanamente induzido que possa causar danos ou impactos sobre a saúde, as infraestruturas, as propriedades materiais, modos de vida e de subsistência, provisão de serviços públicos e privados, ecossistemas e recursos naturais. Por exemplo, aumento da temperatura e a diminuição e aumento da precipitação. Neste relatório, o termo “ameaça” geralmente se refere a eventos extremos relacionados ao clima.

**Capacidade adaptativa:** É o quanto organismos vivos, sistemas e instituições têm de habilidade e recursos para se antecipar e se transformar de maneira física ou comportamental para se ajustar aos danos potenciais, tirar vantagem de oportunidades ou responder aos efeitos trazidos pelas mudanças climáticas, atuais ou previstos.

**Clima:** Uma sucessão habitual de tipos de tempo atmosférico sobre determinado lugar da superfície terrestre, descrita por meio de estudos e parâmetros estatísticos.

**Exposição:** É a presença de pessoas; meios de subsistência; espécies ou ecossistemas; funções, serviços e recursos ecossistêmicos; infraestrutura; ou recursos econômicos, sociais ou culturais em locais e configurações que podem ser afetadas adversamente.

**Impactos climáticos:** Efeitos positivos ou negativos dos eventos climáticos sobre os sistemas naturais e humanos. Ocorrem geralmente sobre a vida, meios de vida, saúde, ecossistemas, economia, sociedade, cultura, serviços e infraestruturas. São resultantes da interação entre os eventos climáticos perigosos ou ameaças que ocorrem dentro de um período específico e a vulnerabilidade de uma sociedade ou um sistema exposto a certo perigo. Impactos também são referidos como consequências e resultados.

**Mudança climática:** Refere-se às mudanças no estado do clima que podem ser identificadas por alterações na sua média e/ou na variabilidade de suas características, com essas alterações perdurando ao menos por algumas décadas. A mudança climática pode ocorrer tanto por meio de processos internos naturais ou forçantes externos, como variações dos ciclos solares, erupções vulcânicas e interferências humanas constantes na composição da atmosfera ou no uso da terra.

**Resiliência:** Corresponde à capacidade dos sistemas sociais, econômicos e ecológicos interconectados de lidar com um evento, tendência ou distúrbio perigoso, respondendo ou reorganizando-se de modo a manter suas funções, identidade e estrutura essenciais.

**Risco climático:** É a possibilidade de ocorrer consequências negativas para os sistemas humanos e naturais em decorrência de eventos climáticos. O risco pode surgir tanto dos possíveis impactos das mudanças climáticas quanto pelas respostas humanas a essas mudanças. Ele é composto por “fatores de risco”, que são a ameaça, a exposição e a vulnerabilidade.

**Sensibilidade:** Corresponde ao nível em que um sistema humano ou natural em qualquer escala, desde indivíduo até a escala populacional, é afetado pelos impactos positivos ou negativos da mudança climática. Também é chamada de “susceptibilidade”.

**Vulnerabilidade:** Propensão ou predisposição a ser adversamente afetado pelos impactos da mudança climática. Vulnerabilidade engloba uma variedade de conceitos e elementos, incluindo a sensibilidade ou susceptibilidade a danos e a falta de capacidade de resposta ou de adaptação. O nível de vulnerabilidade pode variar conforme os conceitos e elementos levados em consideração.

<sup>1</sup> Os conceitos apresentados nesta seção foram adaptados a partir do glossário do IPCC (2022; 2014), conforme referências indicadas.

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>20</b>	<b>4. RESULTADOS INTEGRADOS .....</b>	<b>90</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>22</b>	<b>5. MODELOS CLIMÁTICOS PARA ANÁLISE DE CENÁRIOS FUTUROS .....</b>	<b>94</b>
<b>2. METODOLOGIA.....</b>	<b>23</b>	<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>100</b>
<b>2.1. Composição do risco climático.....</b>	<b>25</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>104</b>
<b>2.2. Coleta, processamento e análise de dados .....</b>	<b>27</b>		
<b>2.3. O conceito de Justiça Climática aplicado à Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática .....</b>	<b>30</b>		
<b>3. ANÁLISE DE RISCO E VULNERABILIDADE CLIMÁTICA DO RIO GRANDE DO SUL .....</b>	<b>31</b>		
<b>3.1. Contexto local .....</b>	<b>31</b>		
<b>3.1.1. Caracterização ambiental.....</b>	<b>33</b>		
<b>3.1.2. Caracterização da ocupação e uso do solo.....</b>	<b>35</b>		
<b>3.1.3. Caracterização socioeconômica.....</b>	<b>36</b>		
<b>3.1.4. Caracterização sobre a ocorrência de desastres.....</b>	<b>38</b>		
<b>3.1.5. Governança.....</b>	<b>42</b>		
<b>3.2. Etapas metodológicas aplicadas para Análise de Risco e Vulnerabilidade do Estado do Rio Grande do Sul.....</b>	<b>43</b>		
<b>3.3. Riscos Climáticos para o Rio Grande do Sul .....</b>	<b>45</b>		
<b>3.3.1. Aumento do nível do mar .....</b>	<b>45</b>		
<b>3.3.2. Inundações .....</b>	<b>52</b>		
<b>3.3.3. Deslizamentos .....</b>	<b>60</b>		
<b>3.3.4. Ondas de calor.....</b>	<b>67</b>		
<b>3.3.5. Ondas de frio .....</b>	<b>74</b>		
<b>3.3.6. Proliferação de vetores de arboviroses urbanas .....</b>	<b>82</b>		

## SOBRE O ICLEI

O **ICLEI – Governos Locais pela Sustentabilidade** é uma rede global de mais de 2.500 governos locais e regionais comprometida com o desenvolvimento urbano sustentável. Ativos em mais de 130 países, influenciaremos as políticas de sustentabilidade e impulsionamos a ação local para o desenvolvimento de zero carbono, baseado na natureza, equitativo, resiliente e circular.

Nossa rede e equipe de especialistas trabalham juntos oferecendo acesso a conhecimento, parcerias e capacitações para gerar mudanças sistêmicas. Foi fundado em 1990, na sede da ONU em Nova York, para dar voz aos governos locais em fóruns ambientais globais, e estabeleceu sua sede global em Bonn, na Alemanha. Nossa atuação ganhou força na Rio 92, a partir da consolidação do papel de articulação entre a implementação da cooperação internacional e os governos locais.

Reconhecido pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC), o ICLEI tem o mandato de atuar como ponto focal da Constituency de Governos Locais e Autoridades Municipais (LGMA) nas COPs sobre Clima, Biodiversidade e Desertificação, integrando mais de 30 organizações e governos locais nos processos de negociações oficiais das Conferências das Partes.

Em nível global, o ICLEI implementa seus projetos baseados em cinco caminhos para o desenvolvimento urbano sustentável: **zero carbono, baseado na natureza, equitativo, resiliente e circular**; que estão desenhados para criar uma mudança sistêmica. Os caminhos são a base para projetar

soluções integradas que equilibram os padrões da vida humana e os ambientes naturais e construídos. Todos os escritórios seguem a mesma metodologia que é debatida trienalmente entre os membros globais da rede reunidos no Congresso Mundial do ICLEI.

Com atuação na América Latina desde 1994, o ICLEI América do Sul conecta seus 157 associados em 8 países a este movimento global, com três escritórios nacionais estabelecidos no Brasil, Colômbia e Argentina. O escritório Brasil tem a maior base de associados na América do Sul, com 100 membros distribuídos entre 86 municípios, 11 estados e 3 organizações.

O ICLEI América do Sul atua buscando promover as seguintes estratégias aos governos associados:

1. **Acesso a informações sobre acordos internacionais;**
2. **Visibilidade e posicionamento nos debates internacionais;**
3. **Oportunidades de intercâmbio técnico e troca de experiências;**
4. **Acesso às metodologias inovadoras disponíveis no portfólio de soluções.**

Dessa forma, o ICLEI América do Sul busca fortalecer a capacidade de seus membros em desenvolver e aplicar políticas públicas, contribuindo para tornar as cidades mais resilientes, sustentáveis e alinhadas aos compromissos climáticos globais.



## SOBRE O INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS

O Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IGEO/UFRGS), por meio do LABMODEL, vem consolidando uma atuação técnico-científica em interação com a sociedade, especialmente junto a órgãos públicos, orientada ao planejamento e à gestão ambiental, com ênfase no ordenamento territorial, na abordagem de base ecossistêmica e na adaptação às mudanças climáticas.

Nesse contexto, o LABMODEL atua na estruturação e integração do conhecimento sobre sistemas ambientais, traduzindo-o em modelos, métricas e instrumentos aplicados à tomada de decisão.

Essa abordagem permite incorporar, de forma operacional, aspectos como riscos, conflitos de uso, serviços ecossistêmicos e dinâmicas territoriais em processos de planejamento e gestão.

Assim, o IGEO, através do LABMODEL, consolida-se como referência na análise integrada de sistemas ambientais complexos, contribuindo para o desenvolvimento de soluções aplicadas que articulam ciência, território e governança, com foco em resiliência climática e sustentabilidade de longo prazo.

*Professora Tatiana Silva da Silva*

## SOBRE O INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS

O Rio Grande do Sul, em função de suas características ambientais, econômicas e sociais, apresenta extensas áreas suscetíveis a riscos hidrológicos extremos. A compreensão desses processos, de natureza complexa, exige conhecimento sustentado por sólida base científica, capaz de contrapor interpretações simplistas ou equivocadas acerca das múltiplas relações entre os fenômenos naturais e sua eventual interação com a ação humana.

O Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IPH/UFRGS), ao longo de mais de 70 anos de atuação, produziu um vasto conjunto de pesquisas e estudos sobre o comportamento das águas no território gaúcho, consolidando-se como referência técnica

e científica, inclusive durante os eventos extremos ocorridos em 2024.

Ao ser convidado a contribuir com o presente projeto, o IPH aportou a experiência de seu qualificado corpo docente e de pesquisadores, disponibilizando bases hidrológicas consolidadas e informações sobre áreas suscetíveis a movimentos de massa induzidos por eventos pluviométricos intensos, fundamentais para a aplicação da metodologia do ICLEI. Mais uma vez, a Universidade reafirma seu compromisso com as demandas da sociedade gaúcha, da qual se orgulha de fazer parte.

*Alfonso Rizzo*  
*Diretor do Instituto de Pesquisas Hidráulicas*

## PRÓLOGO

O desafio que a emergência climática impõe aos governos do mundo inteiro requer a aplicação de todos os esforços disponíveis para mitigar as contribuições humanas na dinâmica do clima global e promover a adaptação dos territórios aos cenários futuros que estão previstos. O caso do Rio Grande do Sul constitui um exemplo concreto do desafio que se impõe ao planejamento e execução, de maneira concomitante, das ações para o enfrentamento dos impactos adversos dos eventos climáticos extremos. Por estar situado em uma das regiões mais sensíveis do Planeta, o estado tem a necessidade de agir na prática para promover a adaptação climática, olhando para o futuro com planos de ações estruturantes e estruturadas.

Ao entregar para a sociedade gaúcha a Conformidade Climática do RS e todos os estudos que a compõem, o Governo do Estado disponibiliza uma ferramenta estratégica e norteadora das ações no território para os próximos vinte e cinco anos. A Conformidade Climática organiza e sistematiza iniciativas e objetivos com metas concretas e factíveis, desenvolvidas com base em ciência, que indicam o caminho para alcançar a

mitigação das emissões de Gases de Efeito Estufa, a adaptação e a resiliência climática. Constitui um instrumento que orienta a maneira como o estado deve agir para contribuir com as metas globais e reforça o compromisso comum de todas as partes, promovendo um ambiente mais equilibrado, sustentável e adaptado às necessidades das futuras gerações e do meio em que vivemos.

Com a entrega da Conformidade Climática, o Rio Grande do Sul dispõe de mais um Plano de Estado que dialoga com as ações estruturantes desenvolvidas ao longo dos últimos anos, tendo como objetivos principais a promoção do desenvolvimento socioeconômico em consonância com a necessidade imposta pelas mudanças climáticas e os efeitos adversos deste processo no território. É ao mesmo tempo o encerramento e a abertura de um ciclo que se renova com os desafios que se impõem e a necessidade permanente que a humanidade enfrenta de repensar suas ações olhando para um futuro mais sustentável e resiliente.



**Marjorie Kauffmann**  
Secretária – Conformidade Climática RS  
Governo do Estado do Rio Grande do Sul

## PREFÁCIO

Apresentamos a Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climática (ARVC) do Rio Grande do Sul, um estudo estratégico voltado à compreensão dos impactos atuais e futuros da mudança climática sobre o território estadual. Nas últimas décadas, o estado tem enfrentado recorrentes desastres associados a eventos climáticos extremos, especialmente aqueles relacionados à falta e ao excesso de precipitação, evidenciando sua suscetibilidade natural a esses fenômenos.

A ARVC tem como objetivo identificar, avaliar e qualificar os riscos climáticos, considerando a exposição, a sensibilidade e a capacidade adaptativa do território, das infraestruturas e da população. Ao fornecer uma leitura integrada das vulnerabilidades climáticas, o estudo subsidia a formulação de políticas públicas e ações de adaptação capazes de reduzir riscos, prevenir perdas e fortalecer a capacidade de resposta frente à emergência climática.

As ações de adaptação analisadas neste documento visam a construção de um estado mais resiliente, promovendo não apenas a redução dos riscos climáticos, mas também oportunidades adicionais, como a melhoria da infraestrutura, o fortalecimento da gestão de riscos e a elevação da qualidade de vida da população. Assim, a ARVC se consolida como uma ferramenta fundamental para a gestão territorial e para a construção da resiliência urbana e climática do Rio Grande do Sul no longo prazo.



**Rodrigo Perpétuo**  
Secretário Executivo  
ICLEI – Governos Locais pela Sustentabilidade

# APRESENTAÇÃO

O presente relatório consiste no produto final da Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática do Estado do Rio Grande do Sul, desenvolvida pelo ICLEI - Governos Locais pela Sustentabilidade e realizada no âmbito da Conformidade Climática do Estado.

A metodologia de Conformidade Climática adotada neste trabalho inspira-se nos princípios do Programa *GreenClimateCities* (GCC) (ICLEI, 2016). Esse programa sintetiza mais de 25 anos de atuação internacional do ICLEI e reúne metodologias aperfeiçoadas pela equipe da América do Sul, em conjunto com governos locais parceiros, visando identificar aspectos e demandas específicas e definir modelos de planejamento e gestão voltados à implementação de ações e medidas de adaptação

e mitigação para o enfrentamento da mudança climática.

Desde 2022, o ICLEI América do Sul atua em parceria com o Estado do Rio Grande do Sul para desenvolver e consolidar sua agenda climática. A Conformidade Climática engloba estudos e propostas desenvolvidas pelo ICLEI América do Sul e sua equipe de especialistas - em parceria com os governos locais associados - para identificar aspectos e demandas específicas e definir modelos de planejamento e gestão voltados à implementação de ações e medidas para o enfrentamento da mudança climática. As etapas da Conformidade Climática estão listadas no Quadro 1.

## Quadro 1: Etapas da Conformidade Climática

<b>Governança Climática</b>	Institui a governança multissetorial para o planejamento e gestão climática no estado;
<b>Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa</b>	Identifica o atual cenário de emissões de gases de efeito estufa e orienta as ações de mitigação;
<b>Cadeias Produtivas</b>	Apresenta uma avaliação das emissões e remoções de cadeias produtivas do estado, responsáveis pela maior parte das emissões de GEE, no período de 2018 a 2023;
<b>Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática</b>	Localiza no território a suscetibilidade aos principais riscos climáticos e orienta as medidas de adaptação;
<b>Plano de Ação Climática</b>	Estabelece estratégias, ações e metas para o Estado executar as medidas de mitigação e de adaptação no curto, médio e longo prazos;
<b>Normativa Climática</b>	Institucionaliza a política climática estadual, assegurando seu status de política de Estado.

Fonte: Elaboração própria, 2025.

A Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática (ARVC) é um produto fundamental para a gestão assertiva dos riscos climáticos. Para a construção da resiliência climática, a ARVC tem como premissa a compreensão do conjunto de ameaças climáticas

e dos elementos de exposição e vulnerabilidade dos diferentes sistemas que compõem o ambiente urbano, de modo a orientar o desenvolvimento de políticas públicas responsivas e investimentos que minimizem o risco.

Muitos são os riscos relacionados à mudança climática. Cada território, a depender de seus diferentes condicionantes, é impactado de maneira específica. Para atender às questões observadas e

mais discutidas no Estado do Rio Grande do Sul, foram priorizados um conjunto de seis riscos climáticos a serem analisados, listados no Quadro 2.

## Quadro 2: Riscos climáticos analisados

<b>Aumento do nível do mar</b>
<b>Inundações</b>
<b>Deslizamentos</b>
<b>Ondas de calor</b>
<b>Ondas de frio</b>
<b>Proliferação de vetores de arboviroses urbanas</b>

Fonte: Elaboração própria, 2025.

O objetivo específico deste relatório técnico é apresentar a abordagem metodológica desenvolvida e os resultados obtidos da ARVC elaborada para o

Estado do Rio Grande do Sul. Uma breve descrição do conteúdo de cada Capítulo consta no Quadro 3.

## Quadro 3: Estrutura do relatório

<b>Capítulo 1</b>	<b>Introdução</b>	Contextualiza a Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática (ARVC) do Rio Grande do Sul e apresenta a estrutura deste relatório técnico;
<b>Capítulo 2</b>	<b>Metodologia</b>	Apresenta a metodologia utilizada, em especial a etapa de coleta, processamento e análise de dados, e os principais conceitos;
<b>Capítulo 3</b>	<b>Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática do Rio Grande do Sul</b>	Apresenta uma caracterização geral do estado, as etapas metodológicas aplicadas e os resultados obtidos;
<b>Capítulo 4</b>	<b>Resultados Integrados</b>	Apresenta uma análise integrada no estado, a partir da sobreposição dos modelos de risco;
<b>Capítulo 5</b>	<b>Modelos Climáticos para Análise de Cenários Futuros</b>	Demonstra as variações dos riscos climáticos no estado sob diferentes trajetórias, considerando cenários futuros de exposição e vulnerabilidade;
<b>Capítulo 6</b>	<b>Considerações Finais</b>	Sintetiza os riscos e ameaças futuras, sua distribuição espacial, reconhecendoos territórios mais vulneráveis do estado.

Fonte: Elaboração própria, 2025.

## Capítulo 01

# INTRODUÇÃO

A mudança climática representa um dos maiores desafios da atualidade. Segundo o sexto relatório de avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (ou, em inglês, *Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC, 2023*), as atividades humanas, especialmente a emissão de gases de efeito estufa, são as principais responsáveis pelo aquecimento global. As cidades e o atual padrão de desenvolvimento urbano estão no centro dessa discussão.

Diante deste cenário de desequilíbrio climático, tem-se registrado uma maior recorrência e severidade de fenômenos extremos, tais como: inundações pluviais, deslizamentos, ondas de calor e secas meteorológicas. Os eventos impactam o território e a população de diferentes maneiras.

Países em desenvolvimento, como o Brasil, enfrentam índices elevados de vulnerabilidade climática. Isto é, apresentam alta sensibilidade e baixa capacidade adaptativa aos eventos extremos. Essa realidade está relacionada, em especial, aos elementos de exposição que indicam como a população ocupa o território e refletem, por exemplo, a desigualdade social.

Na escala estadual, o impacto dos eventos climáticos também irá variar de acordo com uma série de características ambientais e da infraestrutura do território. Cada estado é um sistema dinâmico e as ações de adaptação devem – necessariamente – considerar o contexto local e regional.

Nas últimas décadas, o Rio Grande do Sul tem enfrentado recorrentes desastres relacionados a eventos

climáticos extremos, especialmente os associados à falta e ao excesso de precipitação. O estado é naturalmente suscetível à ocorrência de eventos extremos de precipitação devido à sua localização geográfica em uma área de transição climática, que proporciona choques frequentes entre massas de ar frio e quente, além de estar em uma faixa latitudinal (em torno dos 30° sul) onde é comum a formação de sistemas de baixa pressão e ciclones extratropicais. (MUPRS, 2024)

As ações de adaptação visam a construção de uma estrutura resiliente aos impactos decorrentes da mudança climática, reduzindo a exposição e sensibilidade do território, das infraestruturas e da população e aumentando a capacidade de resposta à emergência climática. Sendo assim, esse conjunto de intervenções, além de potencialmente reduzir os riscos climáticos, oferece oportunidades adicionais, como a melhoria da infraestrutura urbana e da qualidade de vida.

Além disso, o quinto relatório de avaliação do IPCC (2015) apontou a urgência de desenvolver mecanismos institucionais de ação para a adaptação dos ambientes urbanos. Neste contexto, os centros urbanos emergem como espaços estratégicos para inovação climática, onde a Conformidade Climática se apresenta como mecanismo essencial. Esse processo viabiliza a transição para modelos de desenvolvimento urbano sustentável, integrando a adaptação climática como eixo estruturante do planejamento territorial.

## Capítulo 02

# METODOLOGIA



Foto: Governo do Estado do Rio Grande do Sul

O processo metodológico para a construção da Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática (ARVC) oferecida pelo ICLEI América do Sul foi estruturado a partir dos métodos e melhores práticas de avaliação de risco e vulnerabilidade climática desenvolvidos ao nível internacional e nacional, como os últimos relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC, 2015; IPCC, 2023), os manuais de vulnerabilidade da rede alemã GIZ (2014; 2017) e o Indicador de resiliência a desastres para cidades da Iniciativa Construindo Cidades Resilientes (ou, em inglês, *Making Cities Resilient - MCR 2030*), liderada pelo Escritório das Nações Unidas para a Redução de Riscos (ou, em inglês, *United Nations Office for Disaster Risk Reduction - UNDRR*).

Contando também com o acúmulo de experiências do corpo técnico do ICLEI na realização de estudos de adaptação urbana e resiliência na academia (MELLO, 2021; BUCHALA, 2022), organização com metodologias próprias e com parceiros especializados<sup>2</sup>, o processo metodológico da ARVC é estruturado em três etapas: sensibilização das instâncias de Governança Climática, coleta/processamento e análise de dados, e comunicação e relatoria. No Quadro 4, estão listadas as atividades de cada uma dessas etapas, o detalhamento da metodologia de produção cartográfica consta nas seções 2.1 e 2.2 deste Capítulo e a descrição das atividades realizadas no âmbito deste Projeto encontra-se na seção 3.2.

#### Quadro 4: Metodologia de elaboração da Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática

<b>Sensibilização</b>	Apresentação do projeto e da metodologia de elaboração do produto para contribuições das instâncias de Governança Climática envolvidas;
	Seleção de indicadores para a composição dos riscos climáticos;
	Levantamento de dados locais, junto ao Governo do Estado, e de dados abertos disponíveis em bases nacionais ou internacionais;
<b>Coleta, processamento e análise de dados</b>	Tratamento dos dados levantados, em Sistema de Informação Geográfica (SIG): espacialização (em caso de dados não territorializados), projeção no sistema de informações geográficas adequado e normalização;
	Análise multicritério, em SIG, para o desenvolvimento de mapas por componentes de risco (ameaça, exposição e vulnerabilidade);
	Sobreposição, em SIG, para o desenvolvimento dos mapas de risco (cenário atual e projeção para o intervalo 2020-2040);
	Sobreposição, em SIG, dos mapas de risco para o desenvolvimento dos mapas de risco crítico (cenário atual e projeção para o intervalo 2020-2040);
	Análise dos resultados obtidos;
<b>Comunicação e relatoria</b>	Apresentação dos resultados para contribuições das instâncias de Governança Climática envolvidas;
	Elaboração do relatório da Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática.

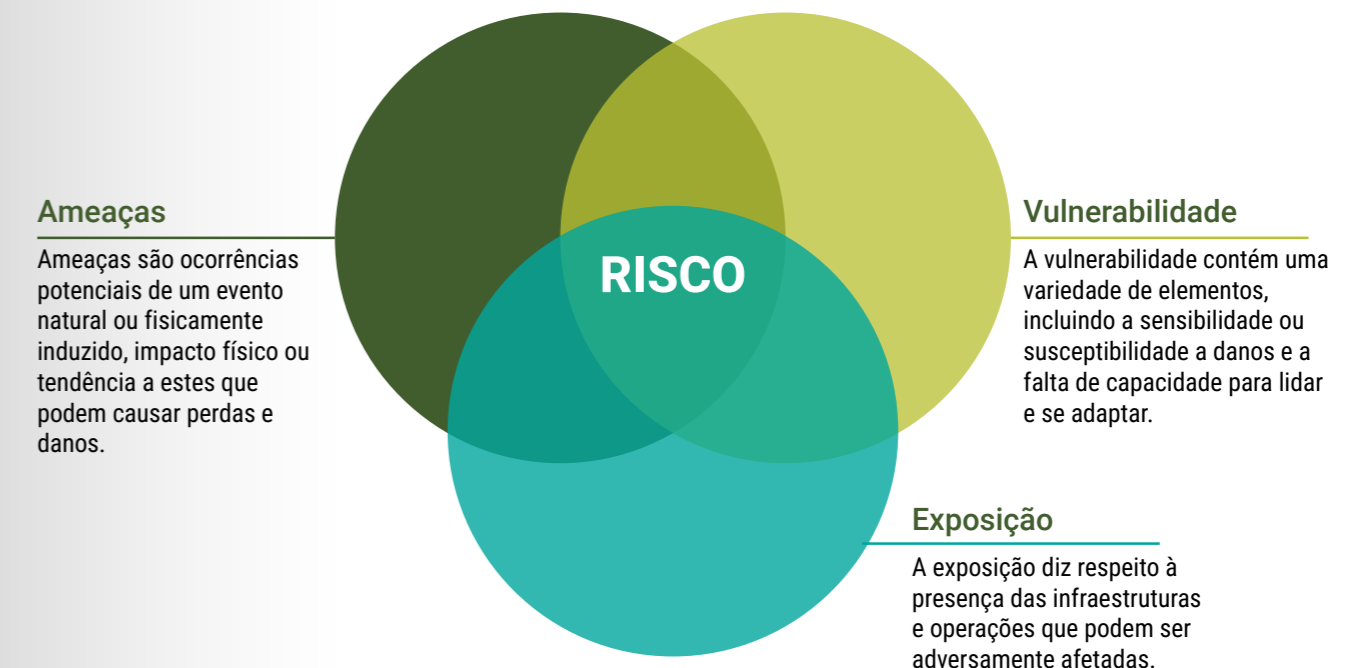
Fonte: Elaboração própria, 2025.

## 2.1. COMPOSIÇÃO DO RISCO CLIMÁTICO

A ARVC é um estudo estratégico do território, sendo um importante insumo para uma gestão de risco assertiva e para a construção da resiliência urbana e climática local a longo prazo. Este estudo está focado em analisar os fenômenos a partir de seus componentes integrantes. Com isso, é observado o conjunto de ameaças relacionadas aos eventos climáticos; os elementos de exposição relacionados aos sistemas ambientais, socioeconômicos, e aos equipamentos de infraestrutura local; e, por fim, a

vulnerabilidade territorial de cidades, regiões ou estados, que resulta do balanceamento entre a sensibilidade ou suscetibilidade local e a capacidade adaptativa frente às ameaças climáticas. A Figura 1 apresenta a relação dos componentes de risco e como, a partir dessa relação, é compreendido o nível de risco presente em determinado território.

Figura 1: Composição do risco climático conforme metodologia do IPCC



Fonte: Adaptado de IPCC, 2015

A ameaça é compreendida como a probabilidade de ocorrência de um evento natural ou fisicamente induzido pelo ser humano, impacto físico ou tendência a este, que pode causar perda de vidas, ferimentos ou outros impactos na saúde, bem como perdas e danos à infraestrutura, meios de subsistência, prestação de serviços, ecossistemas e recursos ambientais. Por exemplo, períodos prolongados com temperaturas acima da média, períodos com

temperaturas extremamente baixas e dias consecutivos de chuvas intensas.

A classificação de exposição de cada parte do território para a ameaça analisada depende de fatores como a concentração de pessoas, áreas agrícolas, ecossistemas, fauna e flora, infraestrutura, ou bens econômicos, sociais ou culturais em regiões que possam ser afetadas negativamente pela mudança climática.

<sup>20</sup>O ICLEI desenvolve estudos climáticos desde 2020 em parceria com instituições do setor privado como a WayCarbon e outras redes globais como C40, GIZ, WRI, Instituto Humboldt, dentre outros. A partir de 2022 começou a ofertar a ARVC também com sua metodologia própria. Para elaboração deste relatório, o ICLEI contou com a parceria do Instituto de Geociências e do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Já a vulnerabilidade engloba uma variedade de conceitos e elementos, sendo um balanço entre a sensibilidade ou suscetibilidade da região a danos e sua capacidade local para lidar e se adaptar à mudança climática, sendo, de forma geral, avaliada a partir da análise de atributos físicos ou de infraestrutura urbana.

Isto é, vegetação, sistema de drenagem, contenções, sistemas de defesa civil, etc. O Quadro 5 e a Figura 2 destacam, respectivamente, a relação entre a sensibilidade e a capacidade adaptativa, para a composição do componente de vulnerabilidade, e a relação entre os componentes, para a composição do risco climático.

Quadro 5: **Conceitos e elementos do componente de vulnerabilidade**

<b>Sensibilidade</b>	Nível em que um sistema é afetado negativamente e/ou beneficemente, pela variabilidade climática, possuindo efeitos diretos ou indiretos (IPCC, 2008);
<b>Capacidade adaptativa</b>	Combinação de recursos disponíveis para uma comunidade que pode ser utilizada para preparar ações para reduzir possíveis impactos adversos causados pelas mudanças climáticas (WEF, 2014).

Fonte: Elaboração própria a partir de IPCC (2008) e WEF (2014).

Figura 2: **Ilustração do risco climático e interação entre seus componentes**



Fonte: Adaptado de IPCC, 2015.

## 2.2. COLETA, PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE DADOS

A ARVC é uma modelagem dos riscos climáticos em sua situação atual e futura, considerando os dados georreferenciados disponíveis em fontes oficiais e plataformas de procedência técnica. Assim, além de limitações associadas à oferta de dados para o território em questão, é importante considerar que, como toda modelagem, existem limitações impostas a estudos desse perfil derivadas das próprias incertezas inerentes aos sistemas climáticos, ampliadas no contexto de crise climática em curso. Com isso, ressalta-se que este relatório tem como principal propósito ser um instrumento norteador para o desenvolvimento de políticas públicas, mais do que um instrumento puramente preditivo. Sendo assim, diante das instabilidades trazidas pelos eventos extremos – sobre os quais ainda há muito a se compreender – recomenda-se o monitoramento permanente de políticas em escala mais detalhada e estratégica, tais como as ações de Defesa Civil e a necessidade de cultura de coleta e interpretação de dados climáticos para que o estado se mantenha preparado para eventos extremos.

Para a elaboração dos mapas de risco, um conjunto de dados é levantado com vistas à obtenção de informações climáticas, sociais, ambientais, físico-morfológicas e da infraestrutura local. Parte considerável dessas infor-

mações pode ser obtida em bases de dados abertos (por exemplo, as informações climáticas sobre precipitação e temperatura do ar). Já as informações específicas do território, que pressupõem algum tipo de discricionariedade (por exemplo, definição das infraestruturas estratégicas), precisam ser obtidas junto ao governo local.

O conjunto de dados levantado inclui informações de diferentes tipos (imagens, índices, tabelas, vetores, etc.). Para a análise multicritério em Sistema de Informação Geográfica (SIG), todos os dados precisam ser especializados e projetados em um mesmo sistema de coordenadas geográficas. Para que informações, por exemplo, sobre a densidade demográfica e sobre a presença de áreas protegidas possam ser sobrepostas, os dados precisam ser normalizados seguindo um padrão. Ao final deste processo, os dados são compreendidos como indicadores, sobrepostos para a elaboração da análise para cada um dos componentes de risco climático.

No quadro 6 estão listados alguns exemplos de indicadores considerados para as análises, organizados por componente de risco. Vale destacar que esses indicadores variam de acordo com o risco climático analisado e o contexto local. Na sequência, os Quadros 7, 8 e 9 apresentam uma síntese sobre cada um dos componentes.



Quadro 6: Exemplos de indicadores da Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática

Ameaça Climática	Precipitação anual média
	Temperatura máxima do ar média
Exposição	Densidade demográfica
	Infraestruturas estratégicas
Sensibilidade	Assentamentos sensíveis
	Mancha de inundação
Capacidade adaptativa	Áreas protegidas
	Infraestrutura de drenagem urbana

Fonte: Adaptado de IPCC, 2015

Quadro 7: Componente de ameaça

A ameaça aqui abordada se trata daquela proveniente de causas climáticas. O aumento da temperatura, diminuição ou aumento do regime de precipitação, a ocorrência de rajadas fortes de ventos, dentre outros, são fatores que podem ser compreendidos como ameaças climáticas, pois têm origens atmosféricas e têm o potencial de impactar negativamente pessoas e infraestruturas. As ameaças se configuram risco quando da ocorrência de eventos extremos associados à alta exposição e alta vulnerabilidade.

Cada risco tem um conjunto específico de ameaças climáticas associadas. Em termos de modelagem, para riscos relacionados à precipitação, como inundações e deslizamentos, são utilizados indicadores como média de precipitação e índices climáticos como o R95p e o CWD que dizem respeito à quantidade de dias e intensidade das chuvas em um ano com maior precipitação. A depender do risco, outros indicadores podem ser acrescentados à análise. Para a avaliação de cenários futuros, as variáveis climáticas são substituídas: os indicadores com as normais climatológicas dão lugar a modelos de projeção validados pelo IPCC para diferentes conjuntos de cenários climáticos identificados como RCPs (*Representative Concentration Pathways*).

Fonte: Elaboração própria, 2025.

Quadro 8: Componente de exposição

Os indicadores que compõem a exposição na ARVC dizem respeito à localização ou presença de pessoas, sistemas naturais, serviços e recursos, infraestruturas ou ativos econômicos, sociais, culturais ou ambientais que possam ser negativamente afetados pela mudança climática (IPCC, 2015). Neste componente, são utilizados indicadores como densidade populacional, renda, concentração de serviços, comércios, indústrias e equipamentos públicos, dentre outros.

Fonte: Elaboração própria, 2025.

Quadro 9: Componente de vulnerabilidade

A vulnerabilidade é avaliada a partir de fatores que caracterizam a sensibilidade e a capacidade de adaptação. Tais fatores representam uma aproximação do estado de desenvolvimento local, indicando o grau de vulnerabilidade do território frente aos fenômenos climáticos, uma vez que a combinação de alta sensibilidade e baixa capacidade adaptativa resulta na maior vulnerabilidade.

A sensibilidade é o grau em que um sistema pode ser afetado, de forma positiva ou negativa, pela variação ou mudança climática (MMA, 2018). A capacidade adaptativa, por sua vez, corresponde ao quanto um sistema é capaz de lidar com possíveis danos relacionados a essa mudança. Para a indicação da sensibilidade do território frente a inundações e ilhas de calor, por exemplo, pode-se utilizar como indicadores a concavidade do terreno (áreas alagáveis) e a orientação das encostas, respectivamente. Como indicadores da capacidade adaptativa para os riscos supracitados, podem ser consideradas a permeabilidade do solo e a presença de vegetação arbórea, respectivamente.

Fonte: Elaboração própria, 2025.

Após a conclusão da produção cartográfica dos componentes de risco para cada um dos riscos analisados (ameaça, exposição e vulnerabilidade), estes são sobrepostos para a elaboração da análise dos respectivos riscos climáticos. Ao final, os riscos climáticos também são sobrepostos, possibilitando a identificação de áreas onde existe o risco para dois

ou mais tipos de ocorrências, isto é, risco crítico. Além disso, são elaboradas projeções, a partir de cenários de possibilidades futuras, para os riscos climáticos e para o risco crítico. Tanto a compreensão desses cenários, quanto a compreensão do risco crítico, conferem maior robustez para a ARVC orientar o desenvolvimento de ações de adaptação.



Foto: Governo do Estado do Rio Grande do Sul

### 2.3. O CONCEITO DE JUSTIÇA CLIMÁTICA APLICADO À ANÁLISE DE RISCO E VULNERABILIDADE CLIMÁTICA

O tema da justiça climática surge enquanto desdobramento dos movimentos por justiça ambiental. É um conceito central para o entendimento das desigualdades e vulnerabilidades exacerbadas pela mudança climática ao apontar que, apesar de afetar a toda a sociedade, a distribuição dos impactos da crise climática é desigual, incidindo de forma desproporcional sobre determinados grupos sociais vulnerabilizados. Os efeitos da crise climática se somam a questões ligadas à pobreza, acesso à educação e à infraestrutura e recursos que não dependem apenas da condição econômica, mas também de fatores como gênero, raça e etnia, idade, mobilidade, e outros. Quando sobrepostos, geram situações de profunda desigualdade em termos de capacidades de adaptação aos efeitos da mudança climática (GÊNERO E CLIMA e OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2022).

Portanto, sob a perspectiva da justiça climática, toda ação de mitigação ou adaptação climática deve levar em consideração as desigualdades de condições que países e pessoas encontram para se defender dos impactos da mudança climática, priorizando os grupos sociais mais vulneráveis e garantindo que os benefícios das intervenções climáticas sejam distribuídos de maneira justa. Isso implica que, como insumos relevantes para o desenho de políticas públicas, os diagnósticos climáticos devem incorporar análises que abarquem a consideração dos diferentes marcadores sociais que estão relacionados às vulnerabilidades diferenciadas.

Ao se pensar o planejamento urbano em sua relação com a mudança climática, a ótica da justiça climática demanda, portanto, uma compreensão territorial mais complexa e multidimensional, ancorada em uma perspectiva interseccional. Nesse sentido, a identificação das áreas mais propensas às ameaças climáticas, isto é, à ocorrência de eventos climáticos na cidade, embora fundamental, não é suficiente. Por isso a relevância da integração das dimensões de exposição e sensibilidade, que adicionam, justamente, os contextos e capacidades

diferenciadas diante das referidas ameaças e fornecem uma compreensão do risco que oferece maior potencial para consideração da justiça climática.

Ao considerarmos as populações que mais sofrem os impactos da crise climática, bem como quem está liderando a linha de frente no combate à degradação ambiental, as dimensões de gênero e raça despontam como questão central (CLIMA INFO, 2022). É importante destacar que a relação entre a concentração de pessoas que se autodeclaram como negras e a maior exposição ao risco não têm um vínculo direto, estando em geral atrelada a outros fatores, como a situação econômica das pessoas e a localização no território. No entanto, no Brasil, as populações de menor renda, com maiores restrições nas condições de moradia e acesso a serviços e que geralmente ocupam áreas mais suscetíveis a desastres, são também majoritariamente negras (IBGE, 2019). Estudos também indicam que a maioria dos domicílios chefiados por mulheres também estão concentrados nessas áreas mais vulneráveis (GÊNERO E CLIMA e OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2021).

Não obstante, a condição socioespacial desses grupos também é atravessada por outras questões, para além do seu nível de renda, que se reflete, por exemplo, na dificuldade de acesso a financiamentos no contexto pós-desastre, afetando sua capacidade adaptativa (UNDP, 2016; ACTION AID, 2019).

## Capítulo 03

# ANÁLISE DE RISCO E VULNERABILIDADE CLIMÁTICA DO RIO GRANDE DO SUL



Foto: Gustavo Mansur

Este relatório da Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática (ARVC) do Estado do Rio Grande do Sul apresenta uma caracterização geral sobre o estado,

as etapas metodológicas aplicadas e os resultados obtidos com relação aos riscos climáticos.

### 3.1. CONTEXTO LOCAL

O Rio Grande do Sul (Figura 3), localizado na região Sul do Brasil, é o nono maior estado do país em extensão territorial, com uma área de 281.730,2 km<sup>2</sup>, correspondendo a mais de 3% do território nacional. Organizado em 497 municípios, o estado abriga uma população de 10,8 milhões de habitantes, representando aproximadamente 6% da população brasileira, sendo o sexto estado mais populoso do país

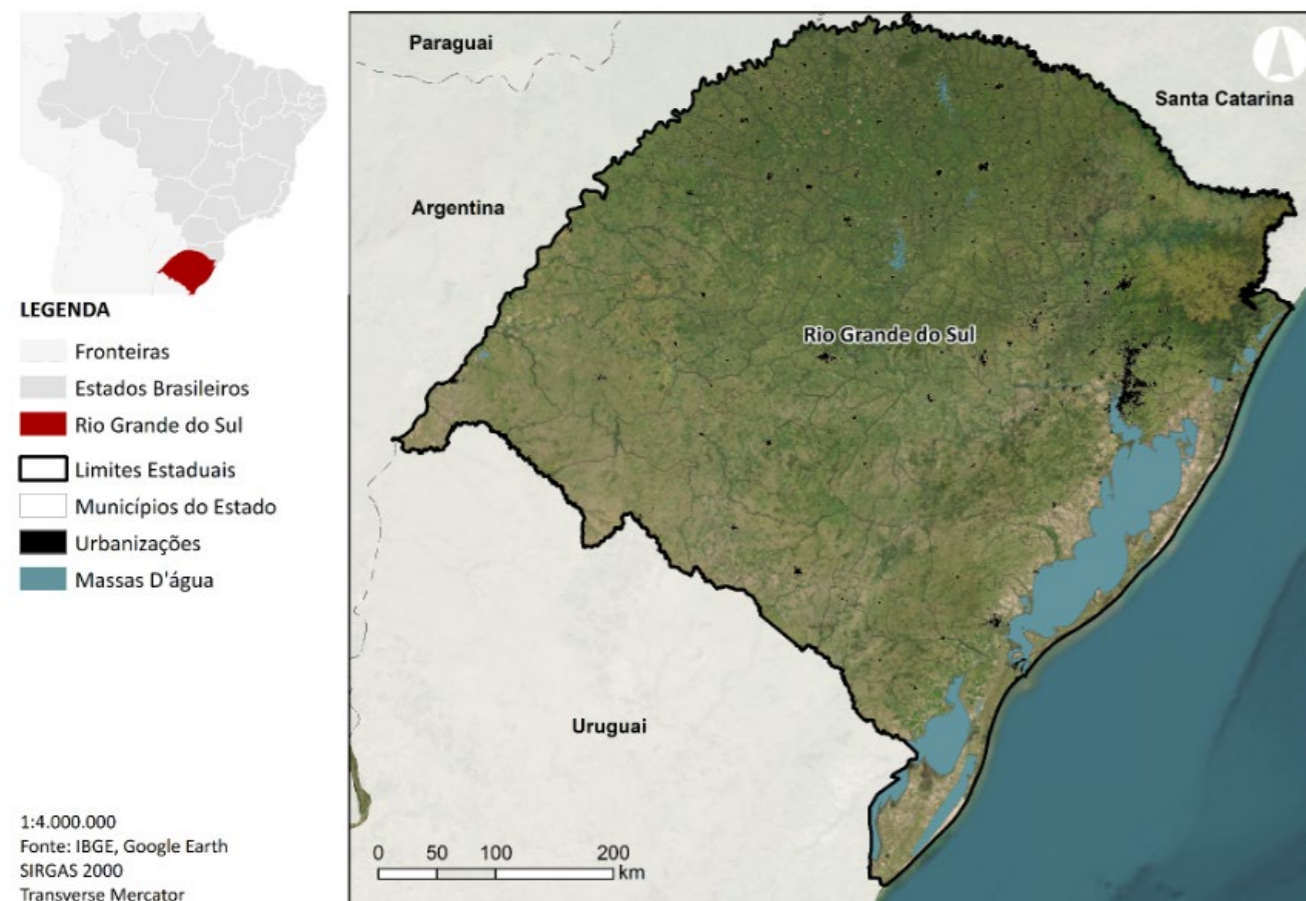
e o quarto com maior PIB estadual, superado apenas por São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais (IBGE, 2021). Apresenta também um dos maiores Índices de Desenvolvimento Humano (IDH) do país, refletindo bons indicadores de escolaridade, longevidade e renda. A taxa de urbanização é alta: cerca de 85,1% da população vive em áreas urbanas, enquanto 14,9% residem em áreas rurais (IBGE, 2022a).

Do ponto de vista socioeconômico, possui uma economia diversificada, com destaque para os setores agropecuário, industrial e de serviços. A agricultura familiar tem papel central, especialmente na região nordeste do estado, onde predomina a produção de grãos (como milho e feijão), frutas e leite em propriedades menores. Já na região sudoeste, a paisagem rural é marcada por grandes propriedades voltadas à pecuária extensiva, sobretudo criação de gado de corte, e também por cultivos em larga escala, como arroz irrigado e soja. Essa heterogeneidade regional reflete distintos níveis de vulnerabilidade e capacidade adaptativa frente aos impactos climáticos, como secas prolongadas e enchentes, exigindo políticas públicas territorializadas que considerem as especificidades dos sistemas produtivos e das populações rurais. Regiões como o norte e noroeste apresentam melhores indicadores de renda e acesso

a serviços públicos do que porções da metade sul, onde a vulnerabilidade social é mais acentuada (IBGE, 2022a; FEE, 2021).

Em termos demográficos, a estrutura etária da população gaúcha aponta para um processo de envelhecimento: aproximadamente 15,7% da população tem 60 anos ou mais (IBGE, 2022a). O estado também abriga uma população etnicamente diversa, com forte presença de descendentes de europeus (principalmente alemães, italianos e portugueses), além de significativa população negra e indígena, sobretudo em áreas urbanas periféricas e em comunidades tradicionais (IBGE, 2022a). Esse contexto demográfico e social é fundamental para compreender os desafios locais diante da mudança do clima, incluindo a formulação de políticas adaptadas à realidade das populações mais vulneráveis.

Figura 3: Localização do Estado do Rio Grande do Sul



Fonte: Elaboração própria, 2025.

O estado conta com duas regiões metropolitanas oficialmente instituídas, a Região Metropolitana de Porto Alegre e a Região Metropolitana da Serra Gaúcha, e duas aglomerações urbanas, a Aglomeração Urbana do Litoral Norte e a Aglomeração Urbana Sul, que em conjunto concentram atividades econômicas significativas e parte expressiva da população gaúcha.

### Mesoregiões do Rio Grande do Sul

Uma mesoregião é uma divisão geográfica em uma Unidade da Federação que se caracteriza por uma organização espacial específica, definida pelo IBGE a partir de três fatores: o processo social (como fator determinante), o quadro natural (como condicionante) e a rede de comunicação e lugares (como elemento de articulação espacial). Essas dimensões conferem à mesoregião uma identidade regional. Essa divisão, estabelecida pelo IBGE em 1989, busca superar as limitações das regionalizações anteriores, baseadas apenas em homogeneidade, adotando uma abordagem que considera a totalidade nacional e as dinâmicas internas dos estados (IBGE, 2022).

O estado do Rio Grande do Sul é dividido em sete mesoregiões: Nordeste Rio-Grandense; Noroeste Rio-Grandense; Centro Ocidental Rio-Grandense; Centro Oriental Rio-Grandense; Metropolitana de Porto Alegre; Sudoeste Rio-Grandense e Sudeste Rio-Grandense.

### 3.1.1. Caracterização ambiental

#### Clima

O clima do Rio Grande do Sul é temperado do tipo Subtropical, classificado como Mesotérmico Úmido (classificação de Köppen). As temperaturas apresentam grande variação sazonal, com verões quentes e invernos frios. As temperaturas médias variam entre 15°C e 18°C, com mínimas de -10 °C e máximas de 40 °C (SPGG/RS, 2024).

O regime pluviométrico do estado é caracterizado por uma distribuição homogênea ao longo do ano, influenciado principalmente pela atuação de massas

de ar oceânicas que adentram o território. No entanto, observa-se uma variação significativa nos volumes de chuva no território estadual. Ao sul a precipitação média situa-se entre 1300 e 1500 milímetros e, ao norte, a média está entre 1500 e 1800 milímetros, com intensidade maior de chuvas a nordeste do estado (SPGG/RS, 2024).

#### Biomassas

O território gaúcho é composto por dois biomas, Pampa e Mata Atlântica, ora sobrepostos pelo sistema Costeiro-Marinho. O Bioma Pampa ocupa 193.836 km<sup>2</sup>, cerca de 68% do território do estado, a Mata Atlântica abrange 87.871 km<sup>2</sup>, estando presente principalmente na região nordeste, já o sistema Costeiro-Marinho compreende 36.266 km<sup>2</sup> ao longo do litoral (SPGG/RS, 2024).

O Pampa, bioma exclusivo do Rio Grande do Sul, é caracterizado por formações campestres, como a Estepe, com predomínio de gramíneas, arbustos e matas de galeria, além de expressiva biodiversidade ainda pouco estudada. Sua paisagem, compartilhada com Uruguai e Argentina, sofre pressão da expansão agrícola (SPGG/RS, 2024).

Em contraste com a paisagem aberta do Pampa, a Mata Atlântica no Rio Grande do Sul apresenta um cenário predominantemente florestal. Atualmente, restam apenas 7,9% de sua cobertura original que está altamente fragmentada. Complementando os biomas está a sobreposição com o Sistema Costeiro-Marinho, um caso à parte por ser o resultado da dinâmica interação entre os ambientes terrestres e marinhos, com ecossistemas como restingas, dunas e estuários (IBGE, 2022c).

#### Solos

Segundo dados do Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul, o estado apresenta também grande complexidade pedológica e geomorfológica, com uma variedade de ordens de solo distribuídas conforme as grandes unidades geomorfológicas – Planalto Meridional, Depressão Central, Escudo Sul-Rio-Grandense, Planície Costeira e Cuesta do Haedo.

A norte situa-se o Planalto Meridional, com as maiores elevações do estado, nos limites da formação da Serra Geral. Ao centro está a Depressão Central, formada por terrenos de baixa altitude. Ao sul localiza-se o Escudo Sul-Rio-Grandense, com grande variedade litológica ocasionada por processos erosivos. Este faz fronteira com a Planície Costeira, de intensos processos dinâmicos pela sedimentação. Na extremidade a oeste, encontra-se a chamada Cuesta do Haedo, uma região de baixo planalto. (Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul, 2024).

Durante os eventos extremos de maio de 2024, a sequência de vários dias de chuva intensa e volumosa na região do Planalto Meridional, saturou os solos na região da encosta da serra. Esses solos, que não são muito profundos e têm baixa capacidade de absorção (Paiva et al., 2024), sofreram movimentos de massa (escorregamentos e fluxos de detritos) em uma vasta área do estado. Este foi o maior evento de movimentos de massa já documentado no país, com mais de 15 mil áreas identificadas (Fan et al., 2025).

### Hidrologia

Em termos de recursos hídricos, o Rio Grande do Sul é um dos estados brasileiros com maior disponibilidade de águas superficiais, drenado por três grandes regiões hidrográficas – Bacia do Rio Uruguai, Bacia do Guaíba e Bacias Litorâneas (Lei Estadual nº 10.350/1994). As regiões hidrográficas foram definidas por uma lógica política e hidrológica. A Região Hidrográfica do rio Uruguai abrange o território desse tributário do Rio da Prata, que é regido pelo Tratado do Rio da Prata, documento firmado por cinco países. A Região Hidrográfica do Guaíba segue uma lógica política, com o limite definido pela foz do rio ou lago Guaíba na Laguna dos Patos. Por fim, a Região Litorânea abrange não apenas a bacia da Laguna dos Patos, que contempla território uruguaio e as bacias do rio Camaquã e do Litoral Médio, e as bacias do rio Tramandaí e Mampituba, além da região da restinga. As três Regiões são divididas em 25 unidades de gestão de recursos hídricos, cada uma com um comitê de gerenciamento, sendo que algumas unidades contemplam uma única bacia em sua totalidade, outras parte de bacia, conjuntos de bacias paralelas ou porções do território gaúcho de bacias federais.

A Região Hidrográfica do Guaíba, localizada no centro-nordeste do estado, é a segunda maior em extensão (84.555 km<sup>2</sup>), mas a mais populosa, abrigando cerca de 67% da população gaúcha em 252 municípios. Ela é composta por nove bacias, todas com Planos de Bacia Hidrográfica (PBH) estabelecidos. Em contraste, a Região Hidrográfica Litorânea (57.086 km<sup>2</sup>) cobre 67 municípios e 12% da população, mas carece de dados precisos sobre disponibilidade hídrica, com apenas três de suas cinco bacias possuindo PBH. Já a Região Hidrográfica da Bacia do Rio Uruguai é a maior do estado (126.438 km<sup>2</sup>), estendendo-se também por Santa Catarina e representando 3% do território nacional. Com 11 bacias hidrográficas (quatro sem Plano de Bacia Hidrográfica), ela abrange 226 municípios e 21% da população gaúcha, sendo crucial para o abastecimento e atividades econômicas, como a agricultura e a geração de energia (Atlas Hidroenergético do Rio Grande do Sul, 2024).

### Macrozoneamento Ambiental

O Macrozoneamento Ambiental do estado define cinco zonas, com base em uso do solo, cobertura vegetal e relevo: Planalto (campos, pastagens e florestas de encosta), Cuesta do Haedo (campos e pastagens), Depressão Central (campos e áreas agrícolas diversificadas), Escudo Sul-Rio-Grandense (campos subarbustivos e matas-galeria) e Planície Costeira (depósitos arenosos, dunas, lagoas e zonas agrícolas intensivas) (Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul, 2024).

### Unidades de Conservação

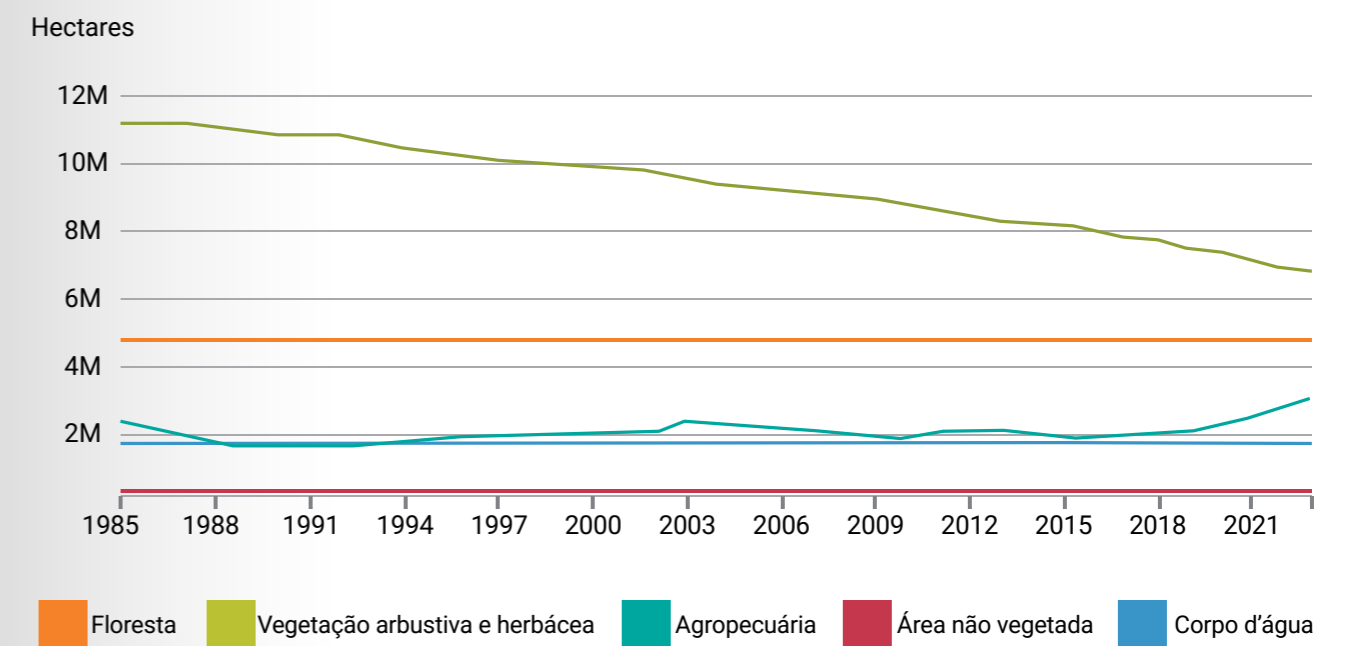
As Unidades de Conservação (UCs) são áreas de recursos ambientais com características naturais relevantes, legalmente instituídas pelo estado onde são aplicadas garantias de proteção. O Rio Grande do Sul conta com 100 UCs ativas, das quais 24 são de competência estadual, 10 federais, 26 municipais e 40 são Reservas Particulares do Patrimônio Natural – sendo 04 de competência estadual (MMA, 2025; SEMA, 2022).

### 3.1.2. Caracterização da ocupação e uso do solo

A ocupação do solo no Rio Grande do Sul reflete a diversidade de paisagens naturais e o forte uso antrópico para fins agropecuários. De acordo com dados do MapBiomias (2023), cerca de 49,1% do território do estado é de uso antrópico, especialmente a usos agropecuários, como cultivos de soja, silvicultura e lavouras temporárias. A área destinada ao cultivo de soja é muito expressiva, ocupando 23% do estado (MapBiomias, 2023). A agricultura mecanizada predomina nas regiões norte, noroeste e centro-oeste, enquanto as pastagens são mais

frequentes na região da campanha e na fronteira oeste. A cobertura natural restante é composta por fragmentos de vegetação nativa pertencentes aos biomas Mata Atlântica e Pampa, que juntos representam menos de 50,4% do território, que estão sendo gradualmente substituídos por atividades agropecuárias e silvicultura (Figura 4). É importante ressaltar que a Mata Atlântica é predominante, mas não exclusivamente arbórea, o que implica inferir que nem toda floresta - conforme a classificação de uso e cobertura da terra do MapBiomias - necessariamente representa este bioma. Tal constatação também se aplica para o Pampa – predominantemente, mas não exclusivamente herbáceo-arbustivo.

Figura 4: Evolução da Cobertura do Solo (1985 – 2023)



Fonte: MapBiomias, 2023

As áreas de vegetação campestre (arbustiva e herbácea) têm sido especialmente afetadas. Entre 1985 e 2022, a vegetação campestre perdeu 32% da sua área. A perda dessa vegetação e sua substituição por cultivos, como a soja, podem reduzir a capacidade de armazenamento de água no solo, tornando a paisagem mais vulnerável a eventos extremos, tanto secas quanto cheias intensas, que foram recorrentes nos últimos 5 anos (2019 - 2024) (Cruz et al., 2025).

Além disso, a expansão urbana – embora menor em proporção – é significativa em áreas metropolitanas, como Porto Alegre e sua região metropolitana, com impactos sobre os recursos hídricos e a permeabilidade do solo. A silvicultura (plantios de eucalipto e pinus) também tem avançado em áreas antes cobertas por vegetação nativa, especialmente na metade sul do estado, contribuindo para alterações nos ciclos hidrológicos e na biodiversidade local.

### 3.1.3. Caracterização socioeconômica

O Rio Grande do Sul apresenta perfil socioeconômico marcado por uma população urbana predominante, economia diversificada e indicadores sociais acima da média nacional.

#### Demografia

Com uma população estimada em 10.882.965 habitantes em 2022 (IBGE, 2022a), o estado é o sexto mais populoso do país. Apresenta densidade demográfica de 38,6 hab/km<sup>2</sup>, acima da média brasileira, que é de 23,9 hab/km<sup>2</sup>.

Os municípios mais populosos se concentram, principalmente, em três regiões: a Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), a Região Metropolitana da Serra Gaúcha e a Aglomeração Urbana do Sul. Porto Alegre, a capital do estado, é o município mais populoso, com aproximadamente 1,3 milhão de habitantes, seguida por Caxias do Sul, Canoas, Pelotas e Santa Maria, que desempenham papéis estratégicos na dinâmica urbana e regional (SPGG/RS, 2024).

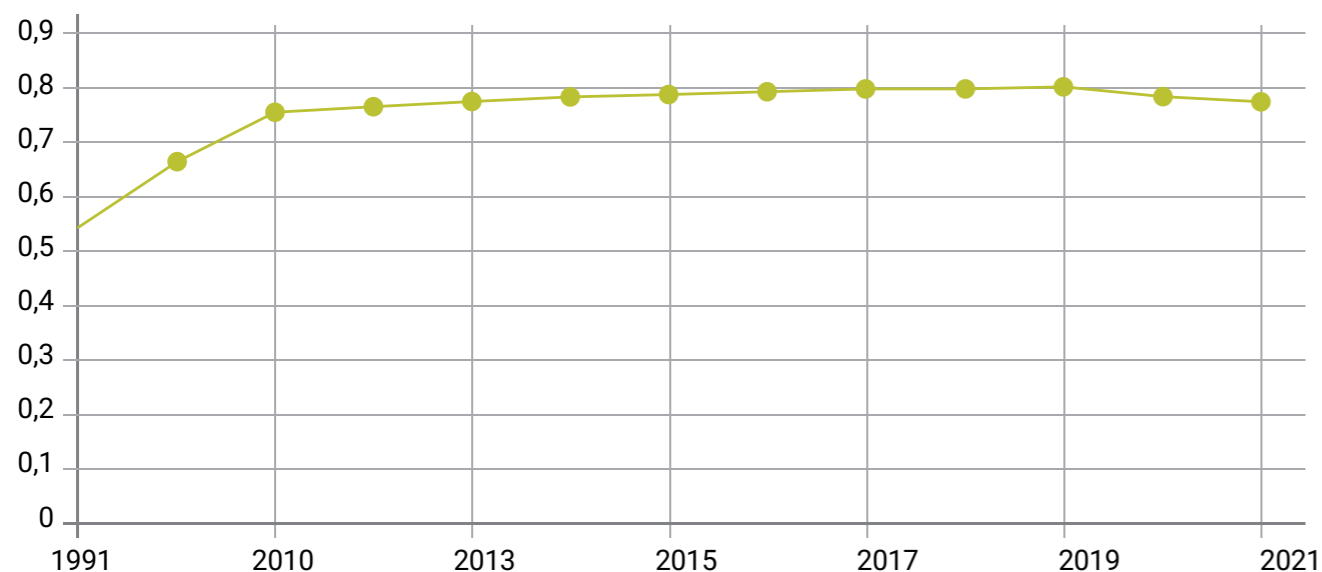
A tendência nacional de urbanização também se reflete no RS, com a maioria da população (87,5%)

residindo em áreas urbanas. O estado apresenta início do processo de envelhecimento populacional (SPGG/RS, 2024), com 20,2% dos gaúchos com 65 anos ou mais, 62,3% em idade economicamente ativa (15 a 64 anos) e apenas 17,5% de crianças e adolescentes (0 a 14 anos) (IBGE, 2022a). É o estado com maior proporção de idosos do território nacional, e registrou a quarta maior expectativa de vida entre as unidades da federação (IBGE, 2019).

#### Índice de Desenvolvimento Humano

No que diz respeito ao desenvolvimento humano, o RS possui um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,711 (IBGE, 2021), o quinto maior do país. O indicador tem se mantido estável nos últimos 10 anos, com uma pequena queda nos últimos dois anos, conforme ilustra a Figura 5, abaixo. Contudo, persistem desigualdades regionais, com áreas de baixa vulnerabilidade social (como na Região Metropolitana de Porto Alegre e da Serra Gaúcha) contrastando com municípios de pequeno porte que apresentam média ou alta vulnerabilidade, segundo o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS-MDS, 2010).

Figura 5: Evolução do IDH do Estado do Rio Grande do Sul (1991–2021)



Fonte: IBGE, 2021.

#### Economia

A economia gaúcha é diversificada e a quarta economia do Brasil pelo tamanho do Produto Interno Bruto (PIB) (SPGG/RS, 2024), contribuindo para 6,5% do PIB nacional em 2021. O setor de serviços responde por 60,9% do PIB estadual, seguido pela indústria (24,1%) e agropecuária (14,9%) (IBGE, 2021).

Esse desempenho reflete-se em indicadores de desenvolvimento, como o Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal (IFDM), sendo o segundo estado com mais municípios dentre os 10% mais bem avaliados.

#### Saúde pública

A saúde pública no Rio Grande do Sul é marcada por avanços e desafios, refletindo as complexidades socioeconômicas e epidemiológicas do estado, considerando, por exemplo, uma população envelhecida e desigualdades regionais significativas.

Entre as principais doenças, destacam-se as Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT), como diabetes, doenças cardiovasculares, respiratórias crônicas e neoplasias, responsáveis por elevadas taxas de mortalidade prematura (30 a 69 anos). A pandemia de covid-19 também impactou profundamente o estado, com elevadas taxas de letalidade hospitalar, principalmente entre idosos e

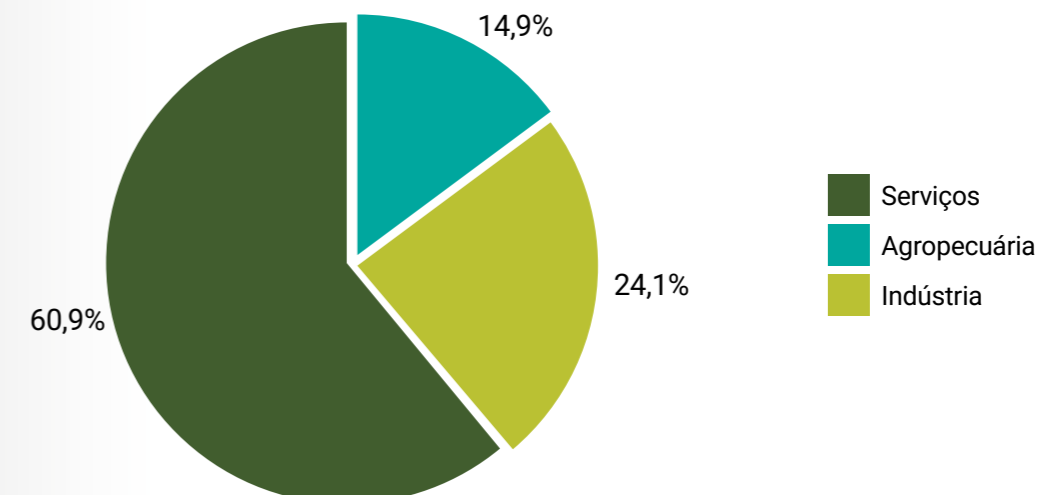
peças com baixa escolaridade (GOVERNO DO RIO GRANDE DO SUL, 2023).

No que tange à prevenção, o estado vem registrando desafios na cobertura vacinal, com percentuais abaixo do ideal para imunobiológicos como as vacinas contra poliomielite, sarampo e rubéola. Além disso, a homogeneidade das coberturas vacinais também foi irregular, evidenciando disparidades regionais (GOVERNO DO RIO GRANDE DO SUL, 2023).

A crise climática impacta diretamente os determinantes sociais da saúde, ampliando desigualdades já existentes e expondo populações vulneráveis – como idosos, crianças, pessoas com doenças crônicas e comunidades em áreas de risco – a condições sanitárias precárias e ao aumento de doenças infecciosas, respiratórias e mentais. As enchentes de maio de 2024, por exemplo, comprometeram o funcionamento de dezenas de unidades de saúde, afetando o acesso a atendimentos básicos, a continuidade de tratamentos e a distribuição de medicamentos (GOVERNO DO RIO GRANDE DO SUL, 2024).

Ao mesmo tempo, secas severas nos anos anteriores pressionaram o abastecimento de água potável e a produção de alimentos, refletindo-se em insegurança alimentar e riscos à saúde nutricional ((SEAPI/RS, 2022). Diante desse cenário, torna-se urgente fortalecer a articulação entre as políticas de saúde e de adaptação climática.

Figura 6: Estrutura VAB (Valor Adicionado Bruto) do Rio Grande do Sul por setores de atividade em 2021



Fonte: IBGE/Contas Regionais, 2021.

### 3.1.4. Caracterização sobre a ocorrência de desastres

O Rio Grande do Sul é particularmente vulnerável a eventos climáticos extremos devido à sua localização geográfica em uma zona de transição climática, onde o choque entre massas de ar frio e quente favorece fenômenos meteorológicos intensos. Essa suscetibilidade é agravada pela influência dos fenômenos El Niño (que aumenta chuvas e temperaturas) e La Niña (que reduz precipitações e esfria o clima), cujos efeitos são intensificados pelo aquecimento global (MUPRS, 2024).

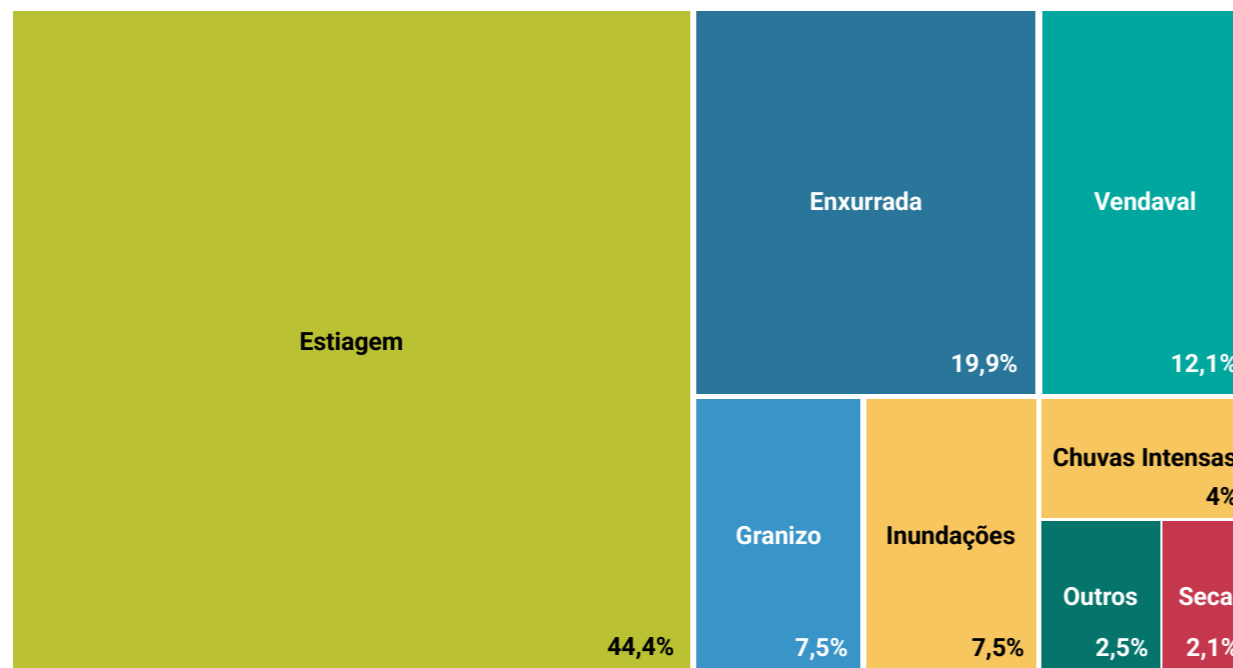
Um evento extremo só é considerado um desastre quando ocorre em área ocupada por intervenção humana e causa danos materiais ou perdas humanas. Logo, a alta suscetibilidade do estado a eventos extremos, resulta em um alto número de desastres naturais registrados no território (MUPRS, 2024).

Entre abril e maio de 2024, o estado enfrentou o maior desastre climático de sua história recente e um dos mais severos registrados no país. Chuvas extremas e persistentes, intensificadas por um El Niño de moderada a forte intensidade, provocaram inundações, enxurradas e deslizamentos que atingiram 478 dos 497 municípios gaúchos, resultando em 183 mortes, 27 desaparecidos e danos

sociais, ambientais e econômicos sem precedentes. Regiões como a Serra, os Vales do Taquari-Antas e Caí, a Região Central e a Região Metropolitana de Porto Alegre registraram acumulados de precipitação extraordinários: em Santa Maria, o total entre o final de abril e maio ultrapassou 780 mm, enquanto em Caxias do Sul ultrapassou 1.000 mm no mesmo período. Em Porto Alegre, o mês de maio de 2024 tornou-se o mais chuvoso da série histórica, com 524 mm – quase cinco vezes acima da média (MUPRS, 2024).

Segundo o Atlas Digital de Desastres no Brasil (MIDR e UFSC, [2024]), no período compreendido entre os anos de 1991 e 2023, foram registrados 8.629 desastres no Rio Grande do Sul, sendo 3.898 climatológicos (3.871 estiagem e seca, 7 incêndio florestal, 2 onda de calor e baixa umidade e 18 ondas de frio); 3.030 deles classificados como hidrológicos (90 alagamentos, 667 chuvas intensas, 1.614 enxurradas, 621 inundações e 38 movimentos de massa); 1.679 meteorológico (651 granizo, 28 tornados e 1.000 vendavais e ciclones) e 23 classificados como outros, sendo 2 casos de doença infecciosa. As cidades que mais registraram desastres foram: Santa Cruz do Sul (76), Cachoeira do Sul (45), São Jerônimo (43), Sobradinho (41) e Santa Maria (39).

Figura 7: Registros dos eventos extremos entre 1991 e 2023 no Estado do Rio Grande do Sul



<sup>4</sup> Uma ocorrência de onda de calor estava classificada no grupo Outros e foi remanejada para o grupo de Climatológicos;

<sup>5</sup> Três ocorrências estavam classificadas como desastres meteorológicos e foram remanejadas para o grupo de Climatológicos;

Em perdas humanas, a cidade com maior número de óbitos foi Muçum, com 14 vítimas, todas no episódio de chuva intensa de setembro de 2023. Nessa série histórica, Montenegro teve o maior número total de desabrigados e desalojados, 58 mil pessoas, em desastres relacionados a chuvas intensas, inundações, enxurradas e vendavais, que ocorreram entre 2009 e 2023.

Entre todas as UFs, o estado registrou o maior prejuízo econômico associado a desastres nas últimas três décadas, R\$125,05 bi (em valores corrigidos). A maioria, R\$121,54 bi decorre de prejuízos privados, motivados principalmente por secas e estiagem (76,6%).

### Inundações

As inundações no Rio Grande do Sul tendem a ocorrer com maior frequência em anos de El Niño, uma vez que esse fenômeno tem forte influência no volume de precipitações (RS, 2022), como foram os anos de 2015 e 2023. A Figura 8 ilustra a ocorrência ao longo dos anos, com a maioria dos registros durante o inverno e a primavera.

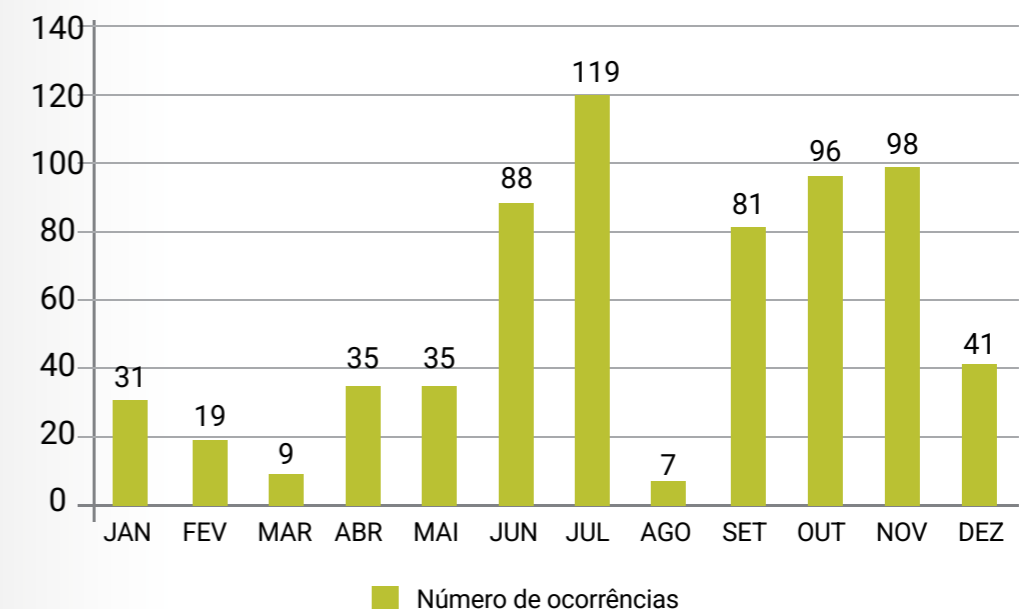
Em maio de 2024, o estado sofreu o mais grave desastre climático de sua história, resultado de chuvas em uma condição e abrangência jamais observadas

no Brasil (Ferrer, Danéris e Marques, 2025). Foi considerado a maior catástrofe hidro-geo-climática e socioambiental de uma região metropolitana no Hemisfério Sul e o maior desastre de origem hidrológica, levando em consideração número de pessoas atingidas e prejuízos socioeconômicos, já ocorrido no Brasil (Collischonn, 2025; Ferrer, Danéris e Marques, 2025).

Conforme o Sistema Único e Integrado do Mapeamento das Áreas Diretamente Atingidas (ADA) pelo fenômeno climático de maio de 2024 no Estado do Rio Grande do Sul, 537.936 famílias foram diretamente atingidas neste evento, correspondendo a 8,8% da população total do estado, sendo 209.713 famílias cadastradas no Cadastro Único (MUPRS, 2024).

Segundo relatório conjunto do Banco Mundial, BID e CEPAL, as enchentes que atingiram o Rio Grande do Sul entre abril e maio de 2024 causaram perdas e danos estimados em R\$ 88,9 bilhões. Desse total, 69% (R\$ 61 bilhões) afetaram o setor produtivo, 21% (R\$ 19 bilhões) os setores sociais, 8% (R\$ 7 bilhões) a infraestrutura e 1,8% (R\$ 1,6 bilhão) o meio ambiente. O estudo, baseado na metodologia DaLA (Damage and Loss Assessment), também estimou que as enchentes poderiam resultar na perda de 432 mil empregos e uma redução de R\$ 3,22 bilhões nos rendimentos dos trabalhadores em 2024.

Figura 8: Ocorrências de inundações entre 1991 e 2022 no Estado do Rio Grande do Sul



Fonte: Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul, 2024.

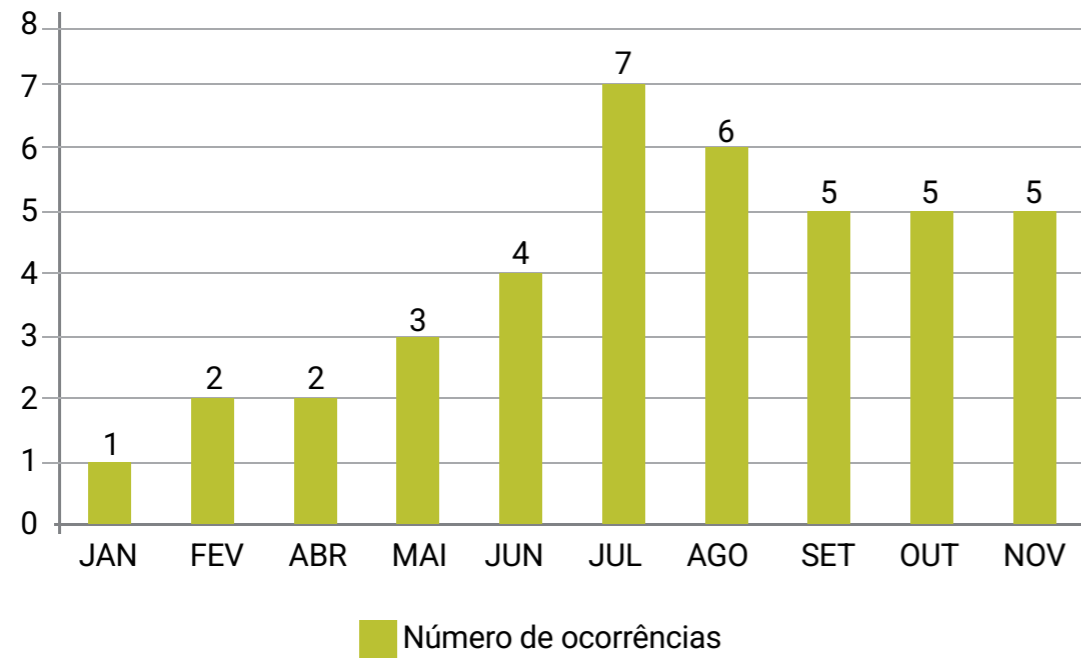
**Deslizamentos**

Segundo o Atlas Digital de Desastres no Brasil (MIDR e UFSC, [2024]), no período 1991-2024, o Rio Grande do Sul registrou 38 ocorrências de desastres causados por deslizamentos, o que representa 2,42% das ocorrências registradas no Brasil. Observa-se que a maior parte das ocorrências deram-se no segundo semestre do ano (Figura 9), sendo o mais representativo o mês de julho (7), seguido por agosto

(6) e setembro, outubro e novembro, com cinco ocorrências cada.

O município com maior número de ocorrências foi Gramado (5), seguido por Caxias do Sul (2), Santa Cruz do Sul (2) e Santa Maria (2). Em contraponto, o município mais afetado, levando em consideração o número de pessoas afetadas, foi Novo Hamburgo, que obteve em um único evento mais de 40% dos atingidos do estado (SPGG/RS, 2024).

Figura 9: Ocorrências de deslizamentos entre 1991 e 2022 no Estado do Rio Grande do Sul



Fonte: Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul, 2024.

**Ondas de calor**

Apesar de pouco representativos segundo o Atlas Digital de Desastres no Brasil (2024), as Ondas de Calor têm ficado cada vez mais frequentes em território gaúcho. Entre o período de julho de 2021 e março de 2025, foram emitidos, pelo Centro Virtual para Avisos de Eventos Meteorológicos Severos (INMET, 2025), 75 alertas de onda de calor, sendo 5 classificados como extremos, 42 severos e 28 moderados.

**Ondas de frio**

Assim como as ondas de calor, as ocorrências de ondas de frio foram mais verificadas no sistema Alert-AS/INMET. Entre julho de 2021 e março de 2025, foram emitidos 22 alertas de onda de frio - 15 classificados como severos e 7 como moderados.

Um aspecto particular das ondas de frio é o fenômeno da geada, que conforme a Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE) integra o grupo

de desastres naturais meteorológicos associados a temperaturas extremamente baixas. Caracteriza-se pela deposição de gelo em superfícies expostas quando a temperatura ambiente atinge valores inferiores a 0°C, ocorrendo predominantemente nos meses de inverno e início da primavera. O Rio Grande do Sul, devido às suas características geográficas e climáticas, apresenta especial vulnerabilidade a esse fenômeno. Do total de 339 alertas emitidos no período analisado, 281 (82,8%) tiveram ocorrência total ou parcial em território gaúcho, evidenciando a grande incidência no estado.

**Proliferação de Vetores de Arboviroses Urbanas**

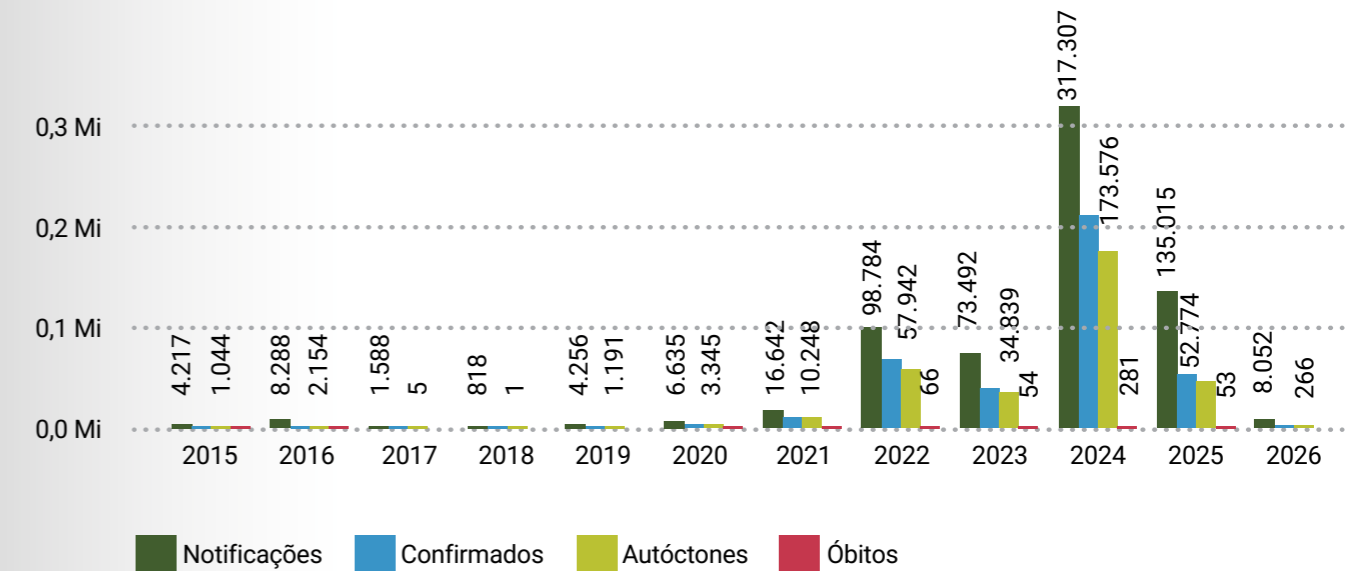
As arboviroses, como dengue, zika, chikungunya e febre amarela urbana, são classificadas na COBRADE como desastres naturais do grupo biológico, subgrupo epidemia e do tipo "Doenças infecciosas virais". Segundo essa classificação, são enquadradas como desastres quando há surtos com aumento brusco, significativo e transitório da ocorrência de doenças infecciosas, geralmente associadas à circulação de

vírus transmitidos por vetores como o mosquito Aedes aegypti.

No Rio Grande do Sul, há um aumento crescente na ocorrência de arbovirose, em especial a dengue. A partir de 2022, o estado vem sofrendo com o aumento expressivo no número de casos (Figura 10). Em março de 2024, o estado decretou situação de emergência em saúde pública devido a epidemia de dengue, com casos em 94% dos municípios gaúchos (GOVERNO DO RIO GRANDE DO SUL, 2024).

Eventos extremos relacionados às mudanças climáticas têm desempenhado um papel importante na intensificação desses surtos. Períodos de chuvas intensas e enchentes favorecem o acúmulo de água parada, criando criadouros ideais para o Aedes aegypti, enquanto ondas de calor prolongadas aceleram o ciclo de vida do mosquito e a replicação viral, ampliando a transmissão. Por outro lado, secas severas também podem contribuir indiretamente, ao levar a população a armazenar água de forma inadequada, o que amplia os focos do vetor. A instabilidade climática, ao alterar padrões de temperatura e precipitação, estende a temporada de transmissão e permite a expansão geográfica dessas doenças para áreas antes menos afetadas.

Figura 10: Número de casos de dengue notificados e confirmados por ano no Estado do Rio Grande do Sul



Fonte: Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul, 2024.

### 3.1.5. Governança

Em resposta à crescente recorrência de desastres naturais, como as enchentes de 2023 e a de maio de 2024, o Rio Grande do Sul tem desenvolvido um arcabouço de políticas públicas e ferramentas de gestão para mitigar os impactos e acelerar a recuperação.

No fim de 2024, foi aprovada a Política Estadual de Proteção e Defesa Civil (Lei 16.263, de 27 de dezembro de 2024) que criou um marco legal para a organização e coordenação das ações de Defesa Civil, com foco na prevenção, preparação, resposta e recuperação diante de desastres.

Anterior à aprovação da Política, registra-se a atuação do Sistema Estadual de Gestão Integrada de Risco de Desastres (SEGIRD), criado pela Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Infraestrutura (SEMA) e atualmente coordenado pela Defesa Civil do estado. Esse sistema promove a articulação entre órgãos estaduais, municipais e federais para ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação em situações de desastres. Sua estrutura inclui o monitoramento de ameaças naturais, como enchentes e secas, além do mapeamento de áreas vulneráveis para orientar políticas públicas e alertas à população.

No âmbito socioassistencial, destacou-se a criação do Programa Volta Por Cima (VPC), implementado inicialmente durante os eventos de junho a setembro de 2023. O programa oferece transferência direta de renda para famílias desabrigadas ou desalojadas, priorizando aquelas em situação de pobreza cadastradas no CadÚnico. Essa iniciativa visa atender necessidades imediatas, como reconstrução de moradias e recomposição de condições básicas de vida (MUPRS, 2024).

Outra ferramenta importante, criada durante os eventos de maio de 2024, foi o Mapa Único do Plano Rio Grande (MUPRS), um sistema integrado de mapeamento das áreas diretamente atingidas para otimizar a gestão de crises em grande escala. Elaborado pelo Departamento de Economia e Estatística (SPGG/SUPLAN/DEE), o MUPRS consolida dados georreferenciados e socioeconômicos, permitindo agilizar respostas emergenciais (alocação de recursos, logística de ajuda humanitária) e

subsidiar a reconstrução e estratégias de adaptação climática de longo prazo.

Nesse contexto, o estado também tem fortalecido o apoio direto aos municípios na elaboração de seus Planos Municipais de Contingência, por meio da atuação da Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil e das nove CREPDEC, que descentralizam o atendimento e oferecem capacitação, orientação técnica e acompanhamento metodológico. Esses esforços são potencializados pelo SEGIRD, que moderniza processos, qualifica informações e facilita a coordenação entre esferas de governo. Como resultado, em abril de 2025, 211 municípios já possuíam planos de contingência aprovados, correspondendo a 42,45% do total (SEGIRD/RS, 2025).

Além dos avanços institucionais em defesa civil, o Rio Grande do Sul também tem dado passos importantes em termos de governança climática de forma mais abrangente. Em 2024, foi aprovado o Plano Rio Grande (Lei 16.134, de 24 de maio de 2024), para a Reconstrução, Adaptação e Resiliência Climática do Rio Grande do Sul. O Plano possui um esquema de governança que inclui Comitê Gestor e Conselho e Comitê Científico de Adaptação e Resiliência Climática (Decreto 57.647, de 3 de junho de 2024). Cabe destacar ainda o Fórum Gaúcho de Mudanças Climáticas, instituído por meio do Decreto nº 56.437/2022, que possui caráter participativo e representativo, reunindo especialistas, representantes do governo, organizações não governamentais e a sociedade civil, visando a promoção da discussão e a proposição de ações governamentais voltadas à mitigação, à minimização e à adaptação às mudanças climáticas globais.

A articulação entre essas instâncias é considerada estratégica para construir uma resposta coordenada, baseada em evidências e centrada na proteção das populações mais vulneráveis frente à intensificação de eventos extremos, como os registrados durante as enchentes históricas de maio de 2024.

## 3.2. ETAPAS METODOLÓGICAS APLICADAS PARA ANÁLISE DE RISCO E VULNERABILIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

O processo de elaboração da Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática (ARVC) do Rio Grande do Sul iniciou com a sensibilização do Grupo Executivo (GEx), com objetivo de apresentar a metodologia para elaboração do produto e definir o papel de cada um dos atores no processo de sua elaboração. Este grupo é composto por representantes de órgãos e secretarias do estado envolvidas com a temática climática de forma direta ou indireta, e que, a partir de então, orientados por demandas detalhadas da equipe do ICLEI, desempenharam um papel essencial no levantamento de dados locais necessários para o desenvolvimento da ARVC, que se somaram ao levantamento de dados abertos disponíveis em bases nacionais e internacionais, a cargo do ICLEI.

Ainda nessa fase inicial, o projeto e a metodologia de elaboração do produto foram apresentados às entidades que integram o Comitê Técnico Nacional e o Comitê Técnico Internacional, instâncias da Governança Climática proposta para acompanhar e contribuir com o desenvolvimento da Conformidade Climática do Estado do Rio Grande do Sul, e às entidades que integram o Comitê de Diálogo Ampliado, na 10ª reunião ordinária do Fórum Gaúcho de Mudanças Climáticas.

Após o tratamento dos dados obtidos, teve início a análise multicritério em Sistema de Informação

Geográfica (SIG) para a elaboração dos mapas dos componentes de risco (ameaça, exposição e vulnerabilidade) para cada um dos seis riscos analisados (aumento do nível do mar, inundação, deslizamento, ondas de calor, ondas de frio e proliferação de vetores de arboviroses urbanas – chikungunya, dengue e zika). Esses resultados preliminares foram apresentados e discutidos com o GEx para a avaliação dos indicadores e obtenção de dados complementares e constam na próxima seção deste relatório.

Outra atividade envolvendo a participação do GEx foi a oficina de capacitação para a utilização da ferramenta Scorecard, da Iniciativa Construindo Cidades Resilientes (MCR 2030). Esta ferramenta fornece insumos para a avaliação das principais políticas públicas vigentes e discussão sobre a capacidade institucional de resiliência e de redução do risco de desastres (RRD). A oficina foi realizada em parceria com o Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres (UNDRR) e também contou com a presença de representante da Prefeitura de Porto Alegre. O objetivo foi oferecer ao Governo Estadual mais uma ferramenta para apoiar os Municípios a compreender suas necessidades na gestão de riscos.

<sup>6</sup> Integram o Comitê Técnico Nacional: Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Ministério da Saúde, Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais, Instituto Nacional de Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Geo Karten (empresa de consultoria em Tecnologia da Informação integrante da Rede Map Biomass) e Centro Brasil no Clima.

<sup>7</sup> Integram o Comitê Técnico Internacional: Escritório das Nações Unidas para Redução do Risco de Desastres, Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Urbanos, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, Organização Internacional para as Migrações e Resilient Cities Network.

<sup>8</sup> O Fórum Gaúcho de Mudanças Climáticas, no âmbito da Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura, tem caráter participativo e representativo, que visa à promoção da discussão e à proposição de ações governamentais voltadas à mitigação, minimização e adaptação às mudanças climáticas globais. Conta com a participação de órgãos e entidades da administração pública estadual com atuação ou interface com os eixos da Política de Mudanças Climáticas, sociedade civil organizada e sociedade científica.

### Quadro 10: Resumo das etapas metodológicas aplicadas

Sensibilização do GEx.
Levantamento e coleta de dados locais, com os órgãos e secretarias do estado, e dados disponíveis em bases abertas, nacionais e internacionais.
Apresentação do projeto e da metodologia de elaboração do produto para contribuições do Comitê Técnico Nacional e do Comitê Técnico Internacional.
Oficina de capacitação do GEx para a utilização da ferramenta Scorecard, da iniciativa MCR 2030.
Apresentação sobre o andamento do projeto para o Comitê de Diálogo Ampliado no Fórum Gaúcho de Mudanças Climáticas.
Tratamento e análise multicritério dos dados obtidos, com a utilização de SIG.
Apresentação dos resultados preliminares ao GEx.
Elaboração e entrega deste relatório técnico.

Fonte: Adaptado de IPCC, 2015

### Foto 1: Registro da 10ª reunião ordinária do Fórum Gaúcho de Mudanças Climáticas



Fonte: SEMA, 2025.

### Foto 2: Registro da oficina de capacitação para gestão de riscos, adaptação climática e resiliência urbana



Fonte: SEMA, 2025.

## 3.3. RISCOS CLIMÁTICOS PARA O RIO GRANDE DO SUL

A avaliação dos riscos climáticos, assim como a análise do risco crítico e dos cenários futuros, faz parte de uma série de estudos visando apoiar o desenvolvimento de políticas públicas de adaptação urbana frente aos efeitos da mudança climática por meio do aprofundamento do conhecimento do governo local sobre os riscos a que a cidade está exposta. A partir dos resultados obtidos, das análises e recomendações, o governo local poderá se apropriar do conhecimento técnico gerado para desenvolver estratégias para aumentar a capacidade de resiliência local.

Este capítulo visa compartilhar os resultados finais obtidos na ARVC para o Rio Grande do Sul.

Para a análise do território gaúcho, no âmbito desta ARVC foram selecionados pelo estado seis riscos climáticos, a saber: aumento do nível do mar, inundação, deslizamento, ondas de calor, ondas de frio e proliferação de vetores de arboviroses urbanas – chikungunya, dengue e zika.

### 3.3.1. Aumento do nível do mar

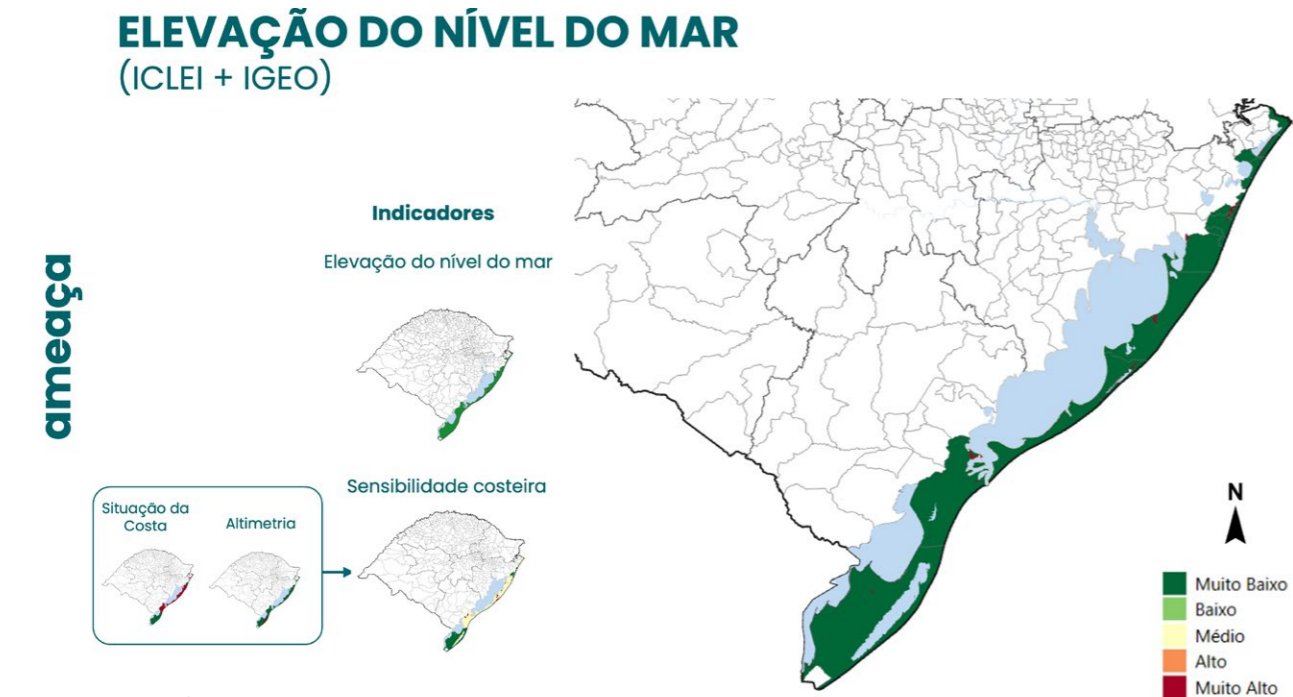
Assim como os rios e córregos, as zonas costeiras estão sujeitas a dinâmicas naturais influenciadas por fatores climáticos, como o aumento da temperatura global e a intensificação de eventos extremos (IPCC, 2022). O aumento do nível do mar, acelerado pelo derretimento das geleiras e expansão térmica dos oceanos tem potencial para amplificar inundações costeiras, erosão e salinização de aquíferos (KOPP et al., 2014). Esse fenômeno é particularmente crítico em áreas urbanizadas próximas ao litoral, onde a ocupação desordenada e a falta de infraestrutura adequada aumentam a exposição de populações vulneráveis (HALLEGATTE et al., 2013). Dessa forma, o risco climático associado à elevação do nível do mar não se limita apenas à perda do território, mas também a impactos socioeconômicos, como deslocamentos populacionais e a perda de ecossistemas costeiros essenciais (WONG et al., 2014).

Conforme apresentado no Capítulo 2, os riscos climáticos são analisados a partir dos componentes de **ameaça, exposição e vulnerabilidade**, cada um deles apresentando indicadores próprios.

Na análise de **ameaça** no contexto deste risco para a região costeira do Estado do Rio Grande do Sul (Figura 11), foi considerado o modelo estimado de elevação do nível do mar para o ano de 2100, que estima um aumento médio de 40 cm na região em função das mudanças do clima. Essa estimativa deriva da combinação dos processos de expansão térmica dos oceanos e do derretimento acelerado das geleiras e mantos de gelo, elementos documentados e validados nos modelos apresentados pelo IPCC. A análise foi desenvolvida em parceria com o Instituto de Geociências da UFRGS e concentrou-se exclusivamente nos municípios litorâneos cuja área urbanizada ou proporção territorial está diretamente inserida na faixa de praia, em trechos onde há interação direta entre o ambiente marinho e o espaço terrestre. Essa delimitação busca assegurar que a análise considere apenas áreas efetivamente expostas aos processos costeiros associados à elevação do nível do mar. Além disso, foram considerados os indicadores de situação costeira, que pondera o comportamento da costa (estado de progradação, de erosão ou estável) e os dados de cota altimétrica.

Tendo em vista que os impactos avaliados restringem-se aos efeitos diretos da elevação do nível do mar sobre a faixa costeira, não foram contemplados neste estudo os efeitos indiretos ou derivados que possam ocorrer em outras partes do território, como a potencial salinização da Lagoa dos Patos, que, por estar conectada ao sistema lagunar e servir como fonte de abastecimento para municípios situados na margem interna, poderá ser afetada em cenários futuros de elevação marinha. Embora relevantes, estes impactos secundários não integram o escopo desta modelagem e demandam estudos complementares mais detalhados.

Figura 11: Indicadores e componente de ameaça para o risco climático de aumento do nível do mar para o Rio Grande do Sul



Fonte: Elaboração própria, 2025.

Para análise da exposição ao risco de aumento do nível do mar, foram considerados indicadores com objetivo de compreender a distribuição da população pelo território e sua vulnerabilidade e indicadores destinados a identificar as infraestruturas estratégicas para o estado.

Para tanto, foi adotado o indicador de densidade demográfica, com vistas à compreensão da dinâmica de ocupação do território. Como é esperado, observa-se maior concentração populacional na Região Metropolitana de Porto Alegre, onde a densidade é superior a 300 habitantes por km<sup>2</sup>, refletindo um elevado grau de urbanização e adensamento populacional, com destaque para a capital e os municípios conurbados.

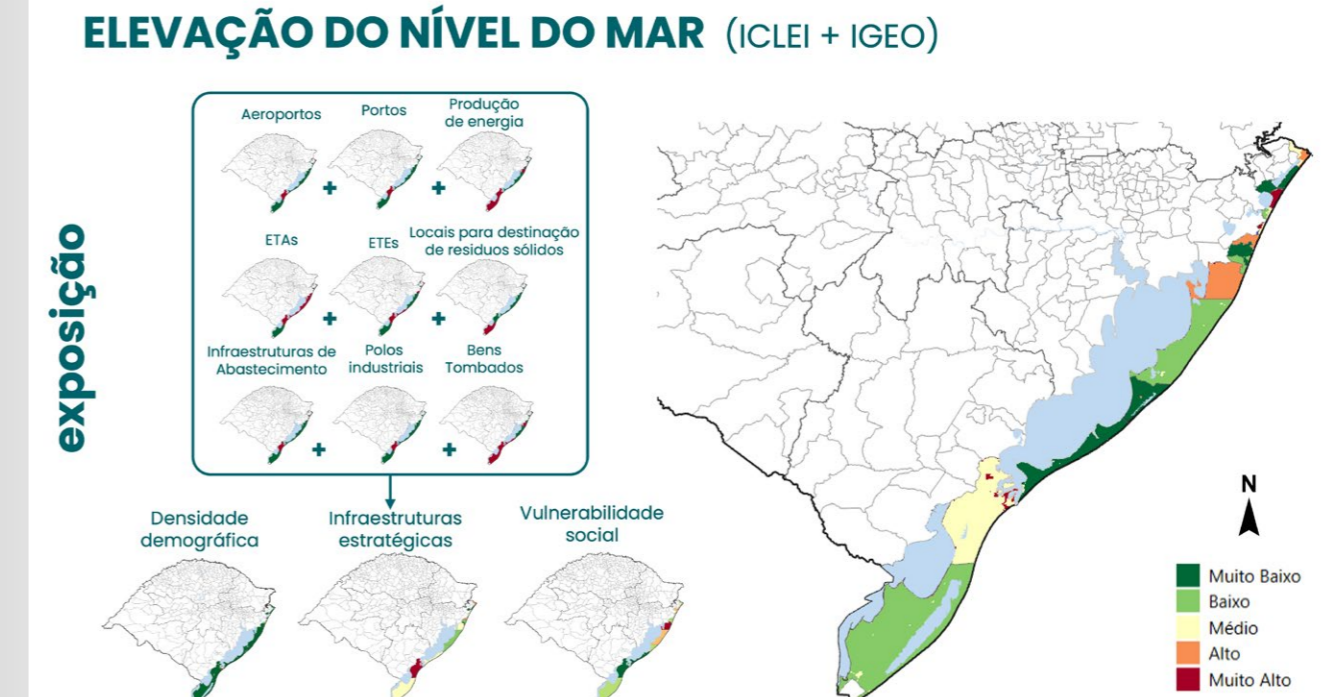
Para balizar o nível de exposição da população optou-se por adotar o Índice de Vulnerabilidade Social das Famílias do Cadastro Único (IVCAD). Este índice é desenvolvido pelo Ministério do

Desenvolvimento e Assistência Social, Família e Combate à Fome (MDS) - permite considerar fatores que vulnerabilizam as condições de vida das famílias e é composto por seis dimensões: necessidade de cuidados, desenvolvimento na primeira infância, desenvolvimento de crianças e adolescentes, trabalho e qualificação de adultos, disponibilidade de recursos e condições habitacionais.

Por fim, foram localizadas as infraestruturas consideradas estratégicas pelo estado, incluindo infraestruturas estratégicas de transporte (portos e aeroportos), produção ou transmissão de energia elétrica, estações de tratamento de esgoto e água, infraestrutura para destinação de resíduos sólidos, centros de comercialização de alimentos, parques industriais estratégicos e infraestruturas de grande valor cultural, sítios e monumentos históricos.

O resultado do mapeamento dos indicadores de exposição está representado na Figura 12.

Figura 12: Indicadores e componente de exposição para o risco climático de aumento do nível do mar para o Rio Grande do Sul

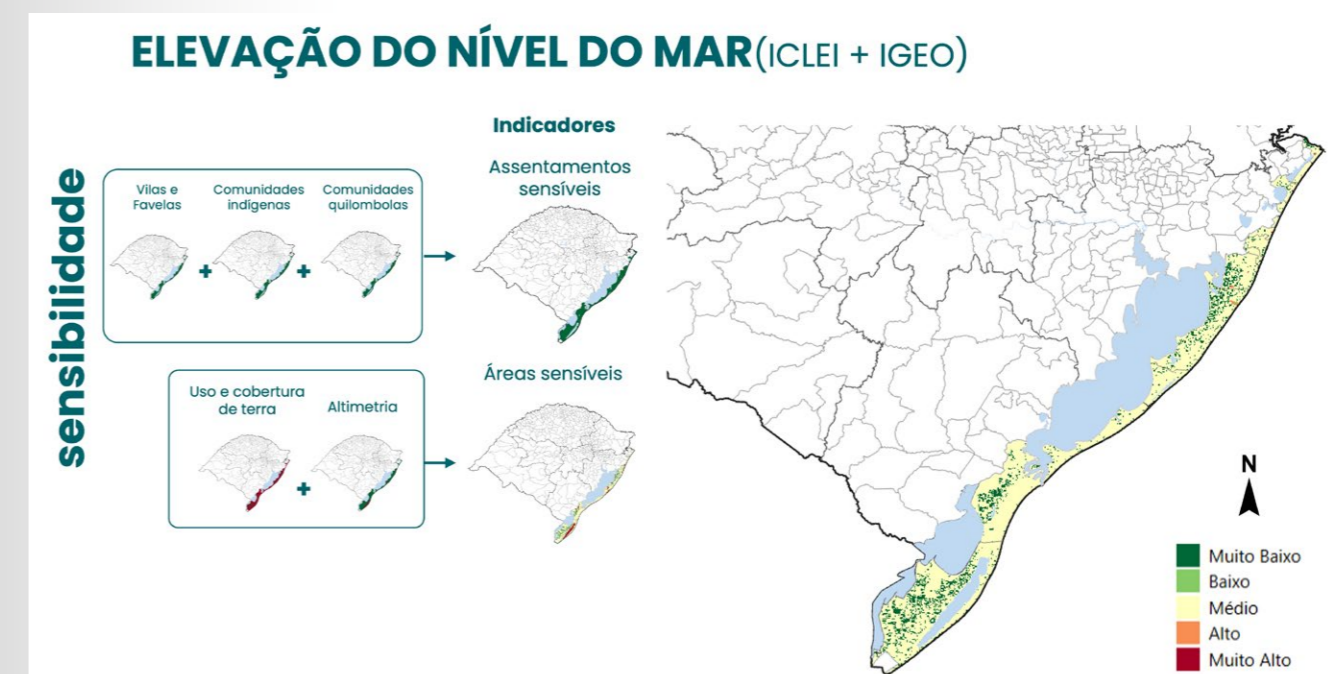


Fonte: Elaboração própria, 2025.

Para o componente de sensibilidade ao aumento do nível do mar (Figura 13), foi adotado o indicador "assentamentos sensíveis", que incorporou uma

composição de territórios vulneráveis formados pelas favelas, áreas ocupadas por comunidades indígenas e áreas ocupadas por comunidades quilombolas.

Figura 13: Indicadores e componente de sensibilidade para o risco climático de aumento do nível do mar para o Rio Grande do Sul



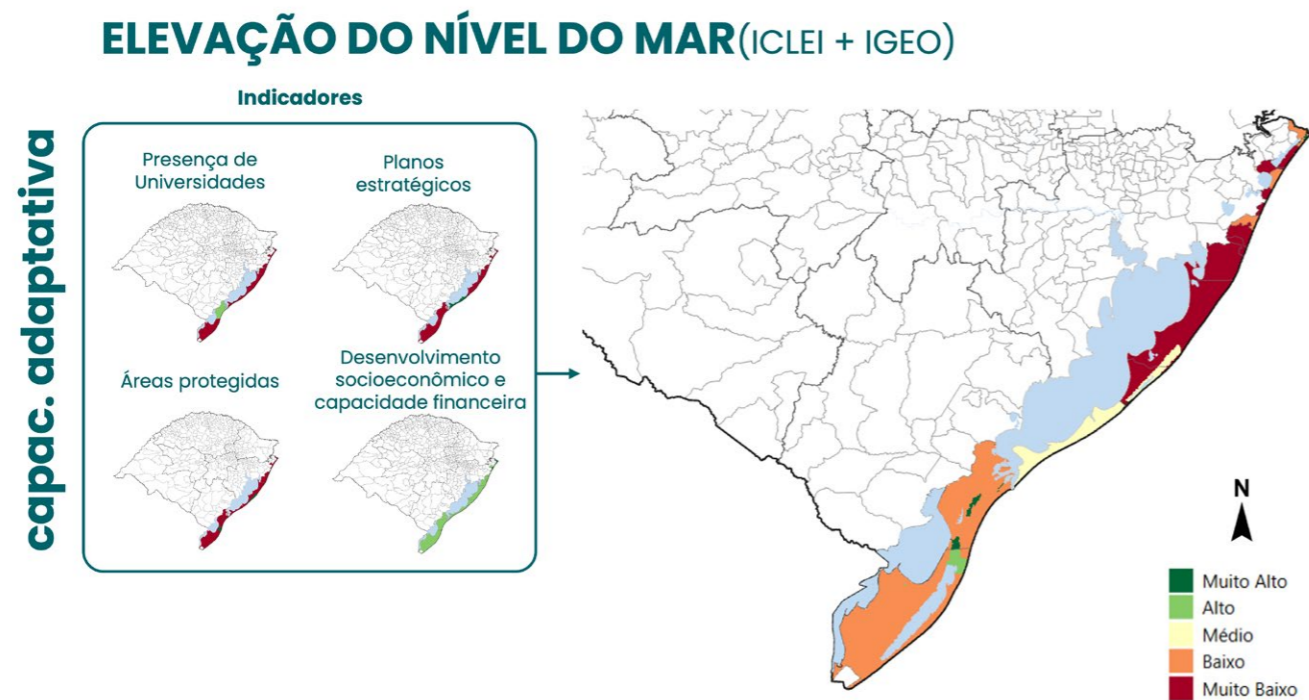
Fonte: Elaboração própria, 2025.

No desenvolvimento do componente de capacidade adaptativa<sup>9</sup> para o risco de aumento do nível do mar (Figura 14), foram considerados os indicadores de presença de universidades, de planos estratégicos, de áreas protegidas e, por também o índice FIRJAN, que avalia a capacidade de

desenvolvimento socioeconômico e financeiro dos municípios.

A Figura 15 apresenta o mapa com o modelo de risco para o aumento do nível do mar, enquanto o Quadro 11 traz uma síntese do conjunto de indicadores utilizados para seu desenvolvimento.

Figura 14: Indicadores e componente de capacidade adaptativa para o risco climático de aumento do nível do mar para o Rio Grande do Sul



Fonte: Elaboração própria, 2025.

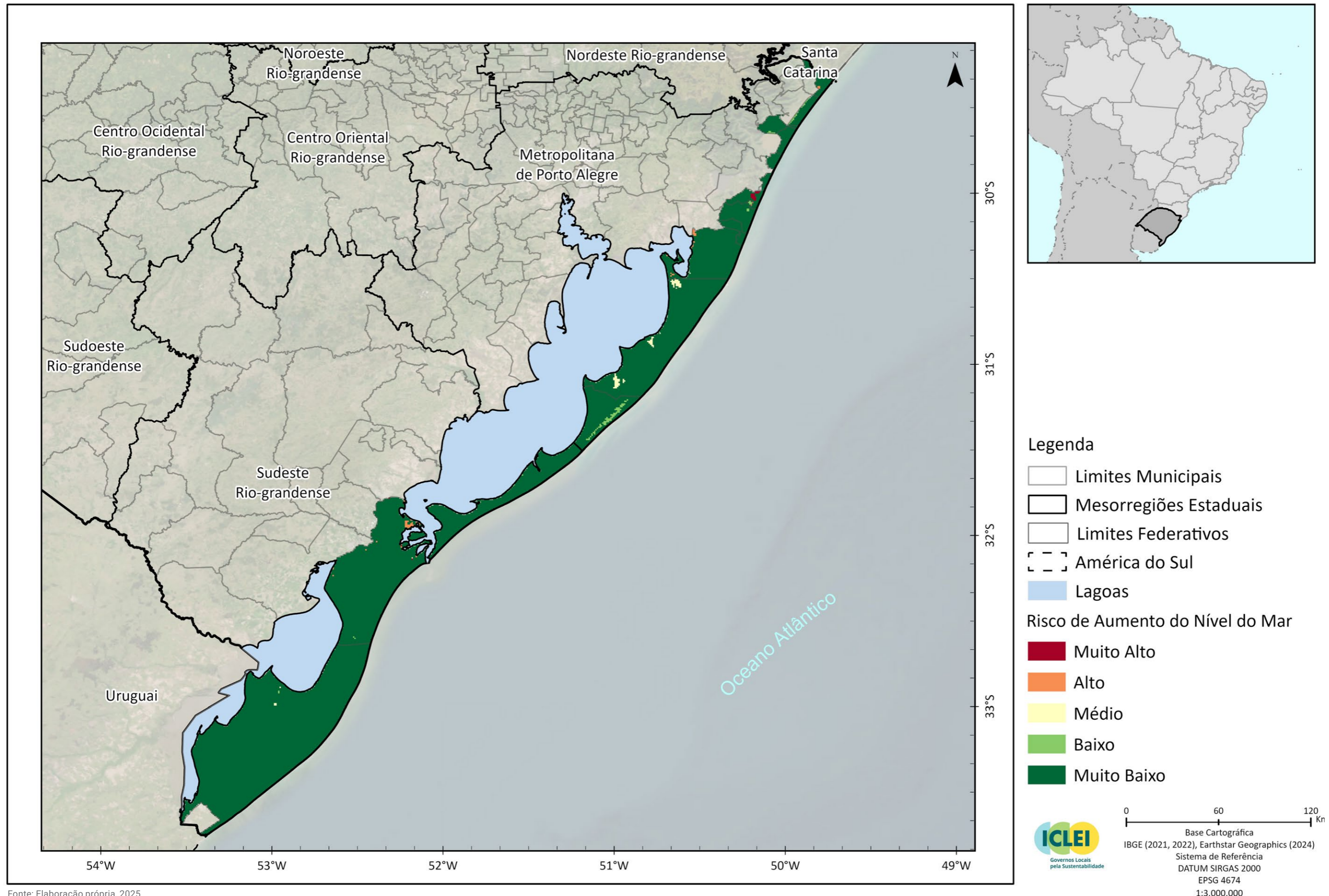
<sup>9</sup> Diferentemente das figuras de risco climático e dos componentes de ameaça, exposição e sensibilidade, nas quais as cores indicam níveis crescentes de intensidade (vermelho para muito alto e verde para muito baixo), nas figuras de capacidade adaptativa a leitura é inversa. Nesses casos, o verde escuro indica maior capacidade adaptativa do território, enquanto o vermelho escuro representa menor capacidade adaptativa. Neste caso, as cores indicam o potencial do território de responder e se adaptar aos impactos climáticos.

Quadro 11: Indicadores utilizados para a modelagem do risco climático de aumento do nível do mar

Componente de risco climático	Indicadores	Dados	Fonte
Ameaça	Elevação do nível do mar	Modelo de aumento estimado do nível do mar para 2040	InVEST - Natural Capital
	Sensibilidade costeira	Situação da costa (progradação, erosão, estável)	IGEO
Hipsometria		ESA	
Exposição	Infraestruturas estratégicas	Existência de infraestrutura estratégica de transporte (aerportos), por município	PELT
		Existência de infraestrutura estratégica de transporte (portos), por município	PELT
		Existência de infraestrutura estratégica de produção ou transmissão de energia, por município	EPE
		Existência de infraestrutura estratégica de saneamento (Estações de Tratamento de Água), por município	SNIRH
		Existência de infraestrutura estratégica de saneamento (Estações de Tratamento de Esgoto), por município	SNIRH
		Existência de infraestrutura estratégica de saneamento (locais para destinação de resíduos sólidos), por município	SNIS
		Existência de infraestrutura estratégica de abastecimento (centrais de comercialização, por exemplo, CEASA), por município	SEMA
		Existência de distritos e parques industriais estratégicos, por município	SEDEC
		Existência de infraestrutura estratégica de grande valor cultural (sítios e monumentos históricos), por município	IPHAE / IPHAN
		Vulnerabilidade Social	Índice de Vulnerabilidade Social das Famílias do Cadastro Único
Densidade Demográfica	Quantidade de pessoas (População Urbana/ Rural) / Área dos municípios	IBGE	
Sensibilidade	Assentamentos sensíveis	Delimitação de áreas de interesse social com infraestrutura precária (vilas e favelas, ocupações espontâneas e loteamentos irregulares)	IBGE
		Delimitação de áreas ocupadas por comunidades indígenas	FUNAI
		Delimitação de áreas ocupadas por comunidades quilombolas	DAER
	Áreas sensíveis	Uso e Cobertura da Terra	MapBiomass
Hipsometria		ESA	
Capacidade Adaptativa	Universidades	Localização de instituições de ensino, pesquisa e extensão da União e do Estado.	Estado
	Planos Estratégicos	Existência de planos de redução de riscos	Roadmap
	Áreas protegidas	Delimitação de Áreas de Proteção Ambiental	INDE
		Delimitação dos Parques Nacionais	SEMA
	Delimitação dos Parques Estaduais	SEMA	

Fonte: Elaboração própria, 2025.

Figura 15: Mapa de risco climático de aumento do nível do mar para o Rio Grande do Sul



Fonte: Elaboração própria, 2025.

A análise de risco para aumento do nível do mar identificou o município de Rio Grande na categoria de risco muito alto. A modelagem integrou componentes de ameaça, exposição e vulnerabilidade, considerando um aumento médio de 40 centímetros no nível do mar para toda a costa, aplicado com uma resolução espacial de 500 metros. Esta abordagem, embora adequada para análise em escala regional, pode ter subestimado os impactos mais localizados, uma vez que processos erosivos e de inundação são influenciados por variações topográficas de alta resolução não capturadas pelo pixel do modelo.

O componente de exposição foi analisado a partir de múltiplas dimensões que incluíram, além da densidade demográfica, o mapeamento de infraestruturas estratégicas como portos, aeroportos, instalações de energia, estações de tratamento de água e esgoto, destinos de resíduos sólidos, distritos industriais e sítios de valor cultural e histórico. A sobreposição desses ativos com a área de ameaça projetada elevou significativamente o nível de risco. Adicionalmente, a exposição foi qualificada pelo Índice de Vulnerabilidade Social, permitindo identificar populações socioeconomicamente mais frágeis e com menor capacidade de resposta autônoma.

A vulnerabilidade do território foi avaliada pelo balanço entre sensibilidade e capacidade adaptativa. A sensibilidade considerou a localização de assentamentos precários, comunidades tradicionais e o uso e cobertura do solo em áreas de baixa altitude. Já a capacidade adaptativa, por sua vez, foi mensurada por indicadores de resiliência institucional e de infraestrutura, como a existência de planos de redução de riscos, instituições de ensino e pesquisa, áreas protegidas e um índice de desenvolvimento municipal. A combinação de alta ameaça física, elevada exposição de populações e infraestruturas críticas e vulnerabilidade acentuada resultou na classificação de risco muito alto para Rio Grande.

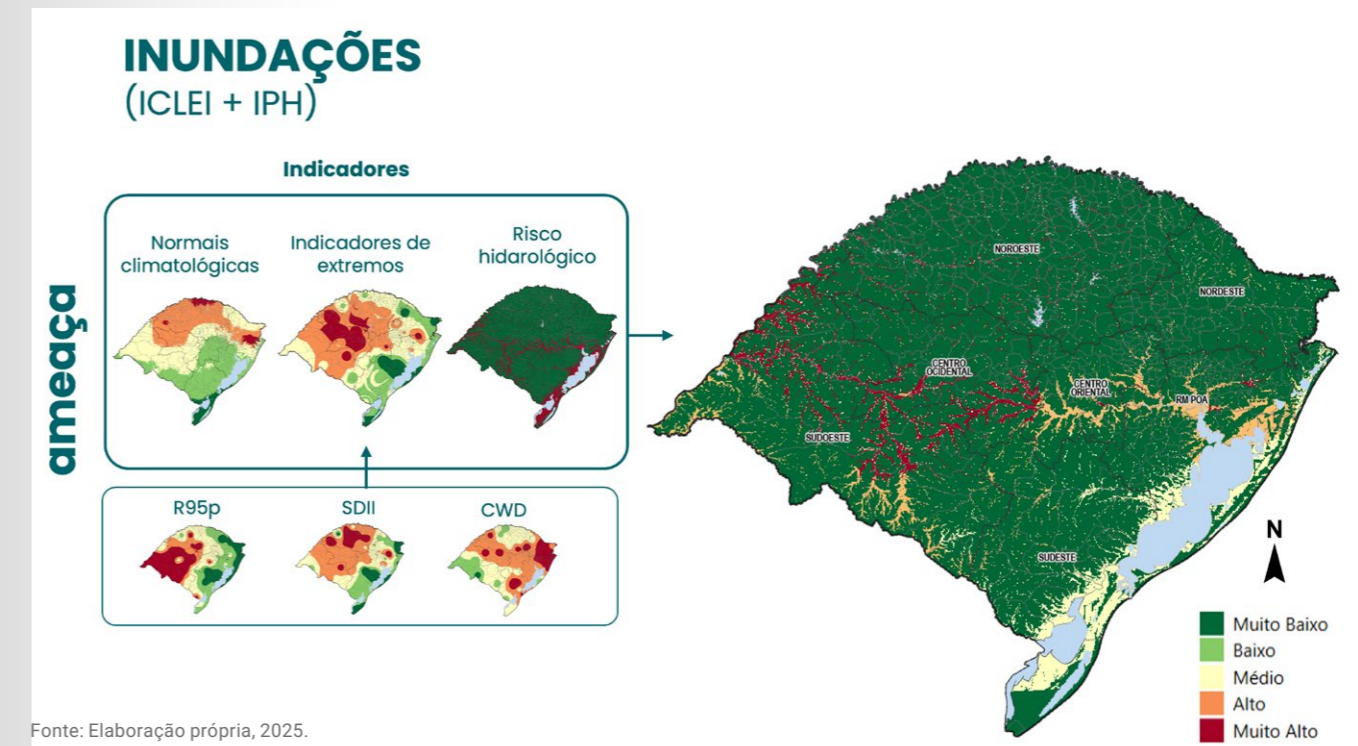
### 3.3.2. Inundações

Naturalmente, os rios e córregos apresentam um ciclo hidrológico que acompanha fatores que estão associados, por exemplo, à precipitação, temperatura e vegetação de sua mata ciliar (ROCHA e SANTOS, 2018). De acordo com as variações do regime hidrológico, as margens dos rios e córregos podem apresentar cenários naturais de enchentes, com a água inundando essas áreas de várzea em diferentes magnitudes (BENATTI, 2016). Dessa forma, de maneira geral, o risco de inundações é observado onde há a presença de corpos d'água e exposição de pessoas muito próximas, estando em um território vulnerável por não contar com as devidas infraestruturas para a ocupação urbana.

Para desenvolvimento do componente de ameaça ao risco de inundações para o Estado do Rio Grande do Sul, foram considerados como indicadores as normais climatológicas e os extremos climáticos, além da suscetibilidade ao risco hidrológico - modelo processado pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS. Esse conjunto de indicadores permite a avaliação da pressão de precipitação sobre o território, conforme pode ser observado na Figura 16.

Nesta análise foram levantados os dados de precipitação anual média de 30 anos para o estado, a intensidade média da precipitação durante o ano (SDII), o número de dias em que a precipitação excedeu o percentil 95 (R95p), assim como o número máximo de dias consecutivos com chuva no ano (CWD) para o ano de 2024 - ano recente mais chuvoso. Os indicadores de precipitação anual refletem resultados semelhantes para o estado, é possível destacar que regiões do Noroeste, Centro Ocidental e Sudoeste Rio-Grandense tendem a receber maior quantidade de chuva.

Figura 16: Indicadores e componente de ameaça para o risco climático de inundação para o Rio Grande do Sul



Fonte: Elaboração própria, 2025.

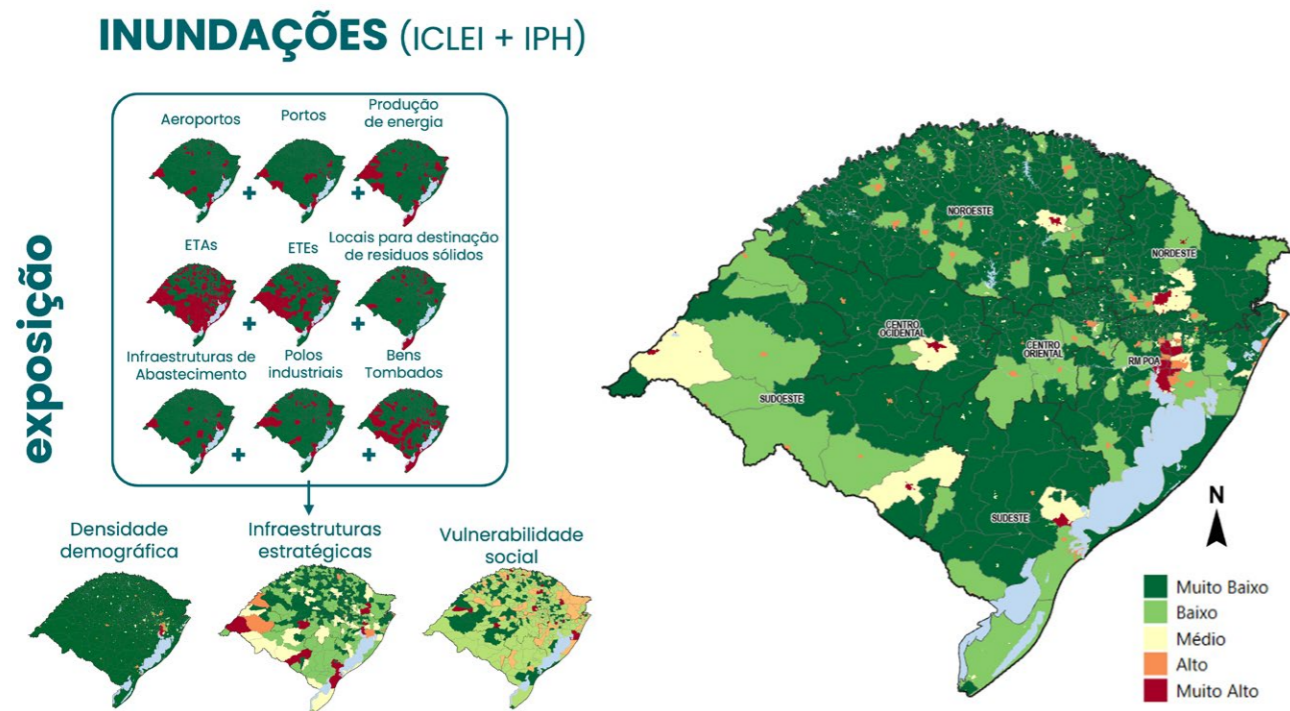
Para a análise do componente de exposição às inundações, os indicadores considerados foram os mesmos do risco de aumento do nível do mar – indicadores que refletem a caracterização da população de modo geral, da população mais frágil do ponto de vista socioeconômico, e equipamentos de infraestrutura estratégicos de interesse público ou econômico para o estado, como apresentado na Figura 17.

As infraestruturas estratégicas consideradas neste componente de exposição foram somadas em um indicador composto que permite entender como elas estão distribuídas no território gaúcho, com maior concentração na Região Metropolitana de Porto Alegre, no Sudoeste e Sudeste Rio-Grandense, representando maior exposição ao risco pela quantidade de estruturas que podem ser impactadas

pelo evento climático. Destacam-se como hotspots de exposição municípios na Região Metropolitana de Porto Alegre e as áreas urbanas dos municípios de Santa Maria e Rio Grande.

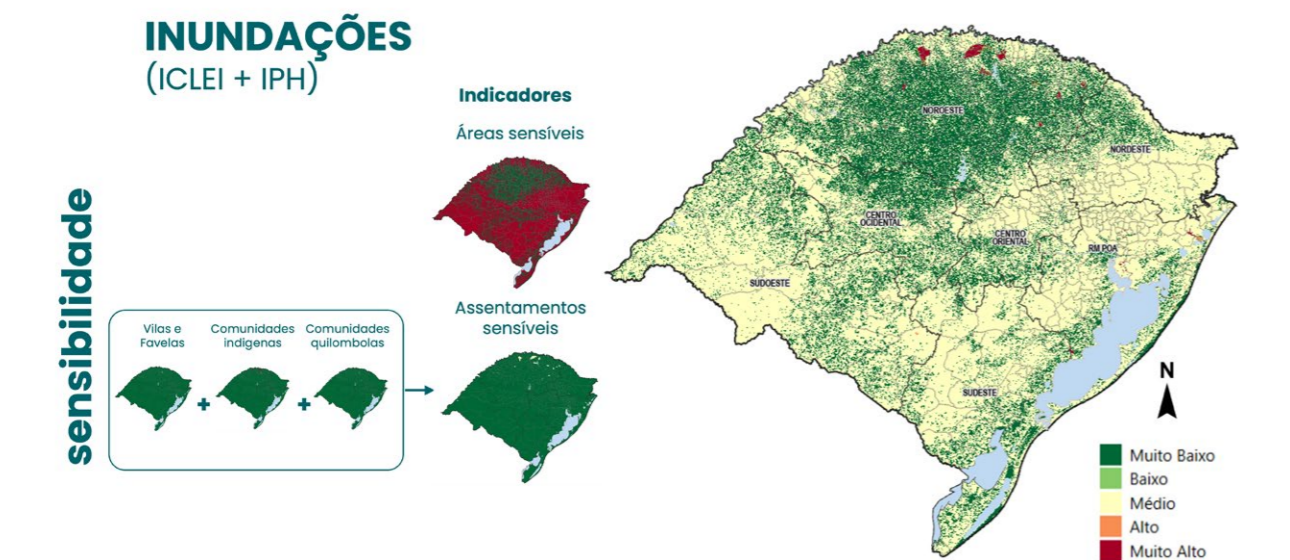
Conforme apresentado no Capítulo 2, o componente de vulnerabilidade é analisado a partir da interação entre elementos de sensibilidade e da capacidade adaptativa. Neste sentido, para a análise da sensibilidade às inundações (Figura 18), foram considerados os assentamentos sensíveis ao risco de inundação, áreas ocupadas por comunidades indígenas e quilombolas, áreas de interesse social com infraestrutura precárias, ocupações espontâneas e loteamentos irregulares. Além disso, foram consideradas as áreas sensíveis ao risco de inundação, como é possível observar na Figura 18.

Figura 17: Indicadores e componente de exposição para o risco climático de inundação para o Rio Grande do Sul



Fonte: Elaboração própria, 2025.

Figura 18: Indicadores e componente de sensibilidade para o risco climático de inundação para o Rio Grande do Sul



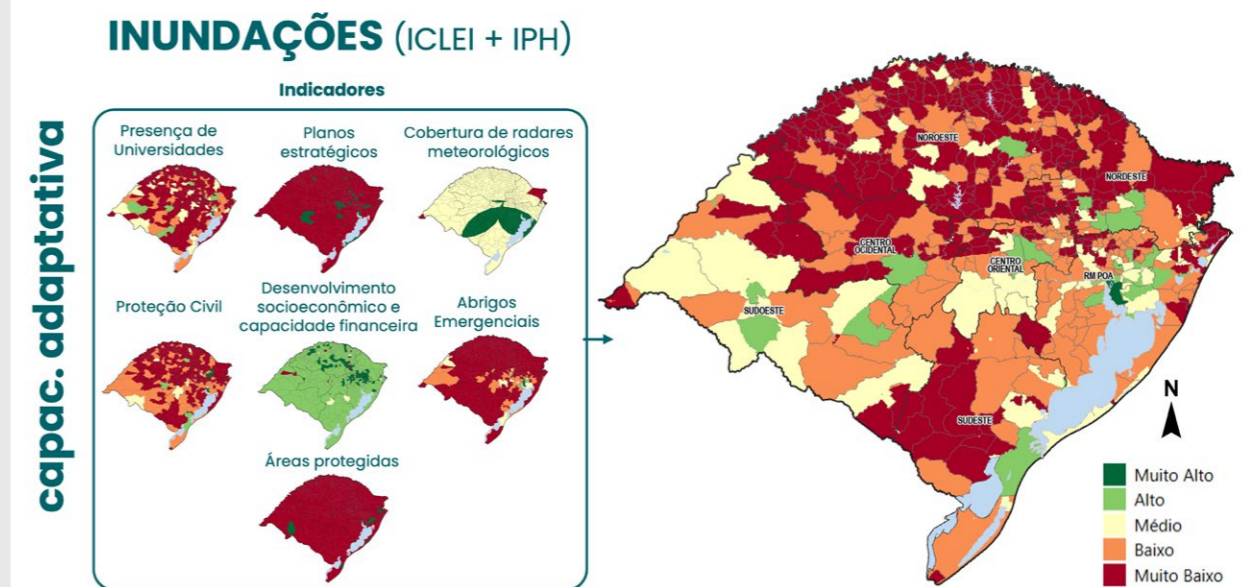
Fonte: Elaboração própria, 2025.

Para corroborar com a análise do componente de sensibilidade, foi elaborado um mapeamento de áreas suscetíveis à inundação, estudo desenvolvido pelo IPH (Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul), que identifica e delimita no território áreas de risco hidrológico. A partir da sobreposição dos dados, observa-se que as áreas com maior sensibilidade coincidem com as regiões mais próximas aos cursos d'água, resultado que se alinha ao indicador de mancha de inundação.

Para a análise da capacidade adaptativa com relação às inundações, foram considerados um

conjunto de indicadores que permitem a análise de áreas permeáveis, existência de drenagem urbana e planos de redução de risco nos municípios, a capacidade de desenvolvimento financeiro e socioeconômico, presença de órgão de proteção civil e abrigos emergenciais, localização de instituições de ensino, pesquisa e extensão, além da cobertura de radares meteorológicos – ver Figura 19. No Quadro 12 ao final desta seção, apresenta-se uma síntese dos indicadores de inundação, como é possível observar na Figura 20.

Figura 19: Indicadores e componente de capacidade adaptativa para o risco climático de inundação para o Rio Grande do Sul



Fonte: Elaboração própria, 2025.

Quadro 12: Indicadores utilizados para a modelagem do risco climático de inundação

Componente de risco climático	Indicadores	Dados	Fonte	
Ameaça	Mancha de inundação	Delimitação de áreas de risco hidrológico	IPH	
	Normais Climatológicas	Precipitação média anual	WorldClim	
	Indicadores de Extremos Climáticos	SDII - Precipitação Anual dividida pelo número de dias com chuva (mm). Indica a intensidade média da precipitação durante o ano.	INMET	
		R95p - Precipitação anual total dos dias em que RR > percentil 95 (mm). Indica precipitação de intensidade extrema.	INMET	
Exposição	Infraestruturas estratégicas	Existência de infraestrutura estratégica de transporte (aeroportos), por município	PELT	
		Existência de infraestrutura estratégica de transporte (portos), por município	PELT	
		Existência de infraestrutura estratégica de produção ou transmissão de energia, por município	EPE	
		Existência de infraestrutura estratégica de saneamento (Estações de Tratamento de Água), por município	SNIRH	
		Existência de infraestrutura estratégica de saneamento (Estações de Tratamento de Esgoto), por município	SNIRH	
		Existência de infraestrutura estratégica de saneamento (locais para destinação de resíduos sólidos), por município	SNIS	
		Existência de infraestrutura estratégica de abastecimento (centrais de comercialização, por exemplo, CEASA), por município	SEMA	
		Existência de distritos e parques industriais estratégicos, por município	SEDEC	
	Existência de infraestrutura estratégica de grande valor cultural (sítios e monumentos históricos), por município	IPHAE / IPHAN		
	Vulnerabilidade Social	Índice de Vulnerabilidade Social das Famílias do Cadastro Único	MDS	
Densidade Demográfica	Quantidade de pessoas (População Urbana/ Rural)/ Área dos municípios	IBGE		
Sensibilidade	Assentamentos sensíveis	Delimitação de áreas de interesse social com infraestrutura precária (vilas e favelas, ocupações espontâneas e loteamentos irregulares)	IBGE	
		Delimitação de áreas ocupadas por comunidades indígenas	FUNAI	
	Delimitação de áreas ocupadas por comunidades quilombolas	DAER		
Áreas sensíveis	Uso e Cobertura da Terra	MapBiomias		
Capacidade Adaptativa	Presença de universidades	Localização de instituições de ensino, pesquisa e extensão da União e do Estado.	Estado	
	Proteção Civil (Corpo de Bombeiros)	Existência de pelotões ativos do Corpo de Bombeiros Militar, por município (sim ou não)	IEDE	
	Áreas protegidas	Cobertura dos radares meteorológicos	Cobertura dos radares meteorológicos	INPE
		Delimitação das Unidades de Conservação (Proteção Integral e Uso Sustentável)	SEMA	
		Delimitação de Áreas de Proteção Ambiental	INDE	
		Delimitação dos Parques Nacionais	SEMA	
	Delimitação dos Parques Estaduais	SEMA		
	Desenvolvimento socioeconômico e capacidade financeira	Índice FIRJAN por município	SESI	
	Planos Estratégicos	Existência de plano de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas no município (sim ou não)	SNIS	
Existência de planos de redução de riscos, por município (sim ou não)		Roadmap		
Abrigos Emergenciais	Localização de infraestruturas utilizadas como abrigos para a população em casos de eventos extremos	IEDE		

Fonte: Elaboração própria, 2025.



Foto: Gustavo Mansur

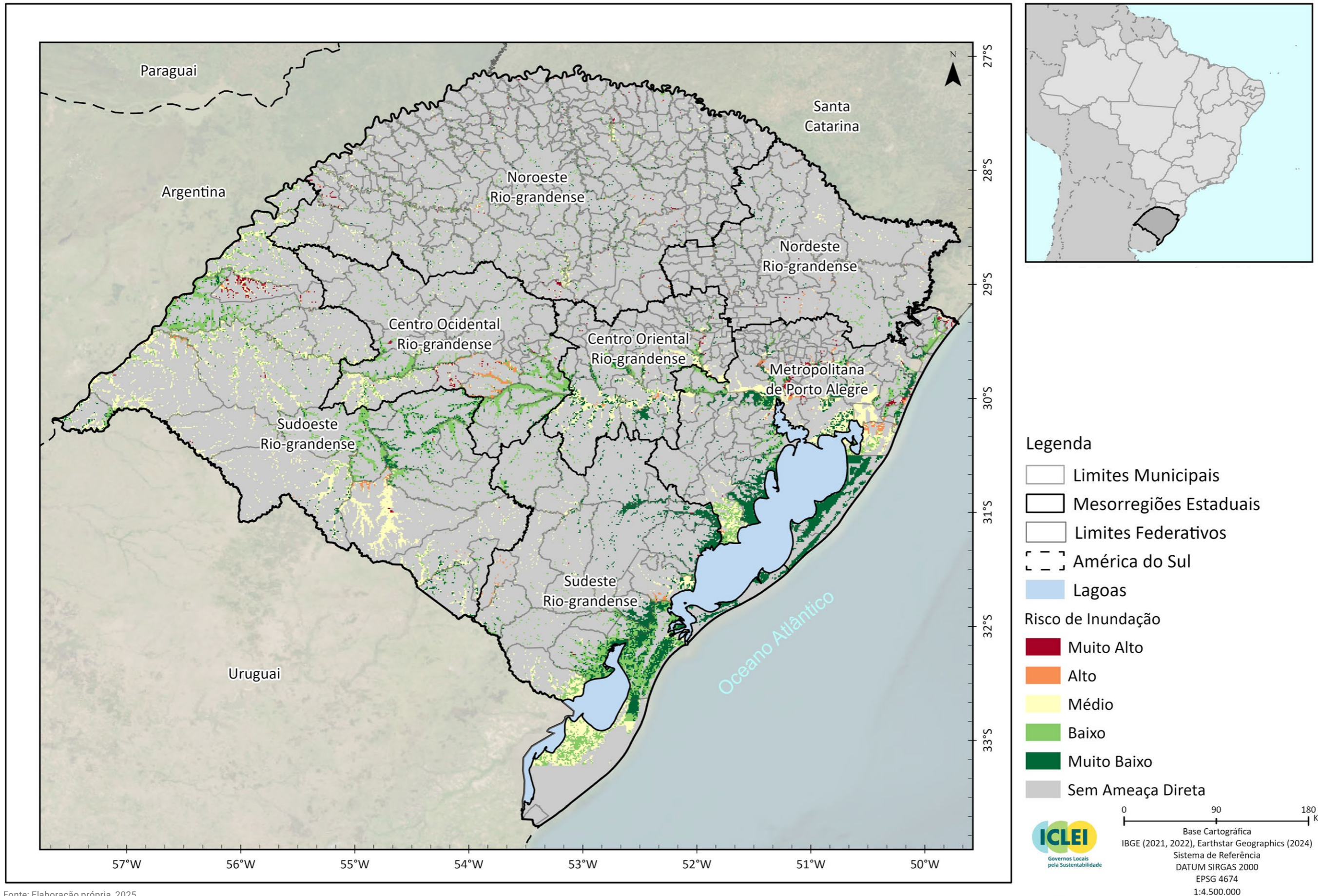
A classificação de risco muito alto para inundações nos municípios citados resulta da conjugação crítica de fatores de ameaça, exposição e vulnerabilidade. A partir do mapa de risco de inundações (Figura 20), observa-se que na Região Metropolitana de Porto Alegre, municípios como Canoas, Esteio, São Leopoldo, Sapucaia do Sul, Novo Hamburgo e Campo Bom apresentam condições particulares de risco. A ameaça é caracterizada pela combinação de manchas de inundação extensas em áreas densamente ocupadas, com altos índices pluviométricos que incluem precipitação média anual elevada e eventos extremos frequentes. A exposição atinge níveis críticos devido à alta densidade demográfica, concentração de infraestruturas estratégicas como distritos industriais, estações de tratamento e sistemas viários, somada à vulnerabilidade social em assentamentos precários localizados em áreas inundáveis.

No litoral norte, Tramandaí e Imbé enfrentam ameaça específica relacionada à combinação de eventos de precipitação intensa com influência

marinha, onde a drenagem natural é frequentemente comprometida pela ocupação do território. A exposição é amplificada pela sazonalidade turística, que aumenta significativamente a população flutuante em períodos críticos, e pela presença de infraestruturas costeiras sensíveis. Quanto ao risco, destacam-se os municípios de Torres, Mampituba e Maquiné. É importante destacar que foram observados episódios de inundação severa nos municípios de Torres e Mampituba em 1974 (ASSUNÇÃO, 2014) e em Maquiné de maneira mais recorrente (CALAZANS, 2024).

A capacidade adaptativa varia entre esses municípios, sendo geralmente mais desenvolvida na região metropolitana devido à presença de corpo de bombeiros, planos de drenagem e infraestrutura de abrigos. No entanto, essa capacidade mostra-se insuficiente para compensar a alta sensibilidade do território, marcada pela ocupação histórica de áreas de risco hidrológico já mapeadas e pela impermeabilização acelerada do solo urbano.

Figura 20: Mapa de risco climático de inundação para o Rio Grande do Sul



Fonte: Elaboração própria, 2025.

É importante ressaltar que a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) também desenvolveu um projeto específico para o estado, o Atlas de Risco a Inundações. Esta ferramenta estratégica, que realizou análises por bacia hidrográfica, se articula diretamente com o contexto estadual ao fornecer um diagnóstico abrangente e municipalizado, classificando 346 municípios segundo seu nível de risco. Esta caracterização detalhada é fundamental para orientar a implementação de políticas públicas, investimentos em obras de proteção e a atuação dos órgãos de defesa civil, criando uma base técnica comum e sinergias entre os entes federativos para a prevenção e resposta a eventos extremos, como os eventos trágicos ocorridos em 2023 e 2024.

Embora desenvolvidos a partir de perspectivas metodológicas distintas, o Atlas da ANA e a ARVC são estudos profundamente complementares. Enquanto o primeiro oferece um olhar verticalizado e aprofundado sobre o risco hidrológico, com base em dados históricos e modelagem de cheias, o segundo, que teve como uma de suas bases um modelo de suscetibilidade do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH/UFRGS), proporciona uma visão integrada e prospectiva dos riscos climáticos, incorporando vulnerabilidades socioeconômicas e projeções futuras. Juntos, eles fornecem uma visão abrangente do problema: a ANA identifica onde e quando as inundações são mais prováveis e impactantes, e a ARVC explica, além disso, o porquê da vulnerabilidade, e como o risco pode evoluir.

As diferenças entre as metodologias revelam abordagens especializadas para um foco comum.

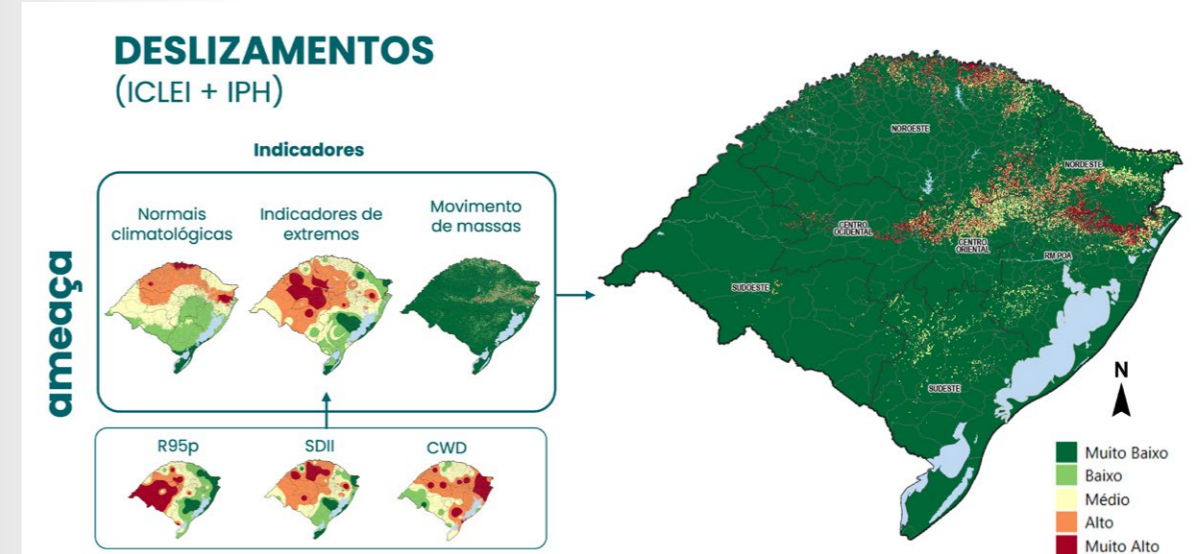
O Atlas da ANA é fundamentalmente reativo e estatístico, priorizando a precisão hidrológica para ações de curto e médio prazo, como alertas e obras de engenharia. Já a ARVC do ICLEI é estratégica e prospectiva, focando na resiliência de longo prazo por meio do planejamento territorial e de ações de adaptação. Ambas as iniciativas representam, portanto, estudos técnicos de alta relevância, cujos resultados convergentes enriquecem substancialmente a compreensão sobre os riscos no território gaúcho.

### 3.3.3. Deslizamentos

Cenários naturais de deslizamentos podem ocorrer, principalmente, em períodos chuvosos, pois essas ocorrências estão associadas, em geral, à interação entre a alta saturação de água no solo e forças externas e/ou da gravidade, que resultam em processos erosivos. Entretanto, isso também pode ser influenciado pelas ações humanas, acelerando e/ou ampliando os processos de erosão do solo.

Para a análise da ameaça de deslizamentos no Rio Grande do Sul (Figura 21), foram considerados os mesmos dados utilizados na análise da ameaça a inundações para compreender a pressão e intensidade da precipitação no território. Foram considerados a normal climatológica de precipitação média anual e os indicadores de extremos de número de dias em que a precipitação excedeu 95mm (R95p), o número máximo de dias consecutivos com chuva no ano (CWD) e precipitação anual dividida pelo número de dias com chuva (SDII), dado que indica a intensidade média da precipitação durante o ano.

Figura 21: Indicadores e componente de ameaça para o risco climático de deslizamento para o Rio Grande do Sul.

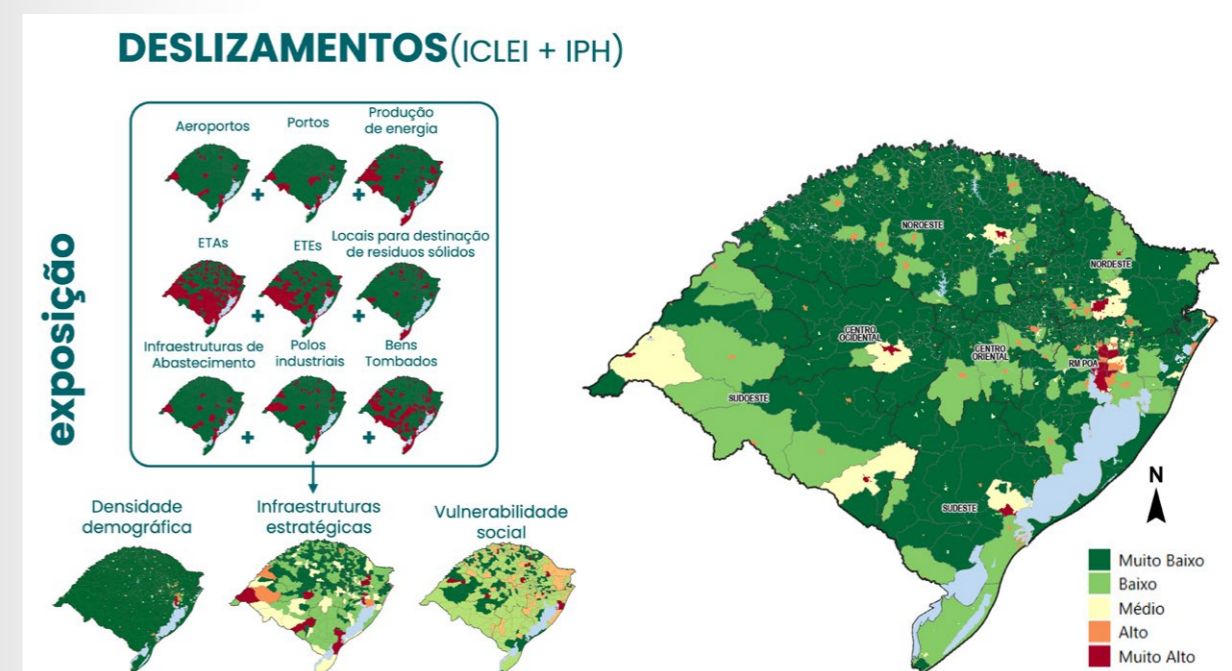


Fonte: Elaboração própria, 2025.

Para a análise do componente de exposição risco de deslizamentos os indicadores utilizados foram os mesmos da análise de exposição às inundações: infraestruturas estratégicas, indicador composto por: aeroportos, portos, produção de energia, estações de tratamento de água, estações de tratamento de esgoto, locais para destinação de resíduos sólidos, infraestruturas de abastecimento, polos industriais e bens tombados, além dos indicadores de densidade

demográfica e vulnerabilidade social, como mostra a Figura 22. A utilização dos mesmos indicadores se deve ao fato de que, tanto no risco de inundações, quanto no de deslizamento, o componente de exposição refere-se a uma caracterização da população estadual e das infraestruturas estratégicas para o território que podem estar em risco, onde a ameaça principal é a pluviosidade.

Figura 22: Indicadores e componente de exposição para o risco climático de deslizamento para o Rio Grande do Sul.

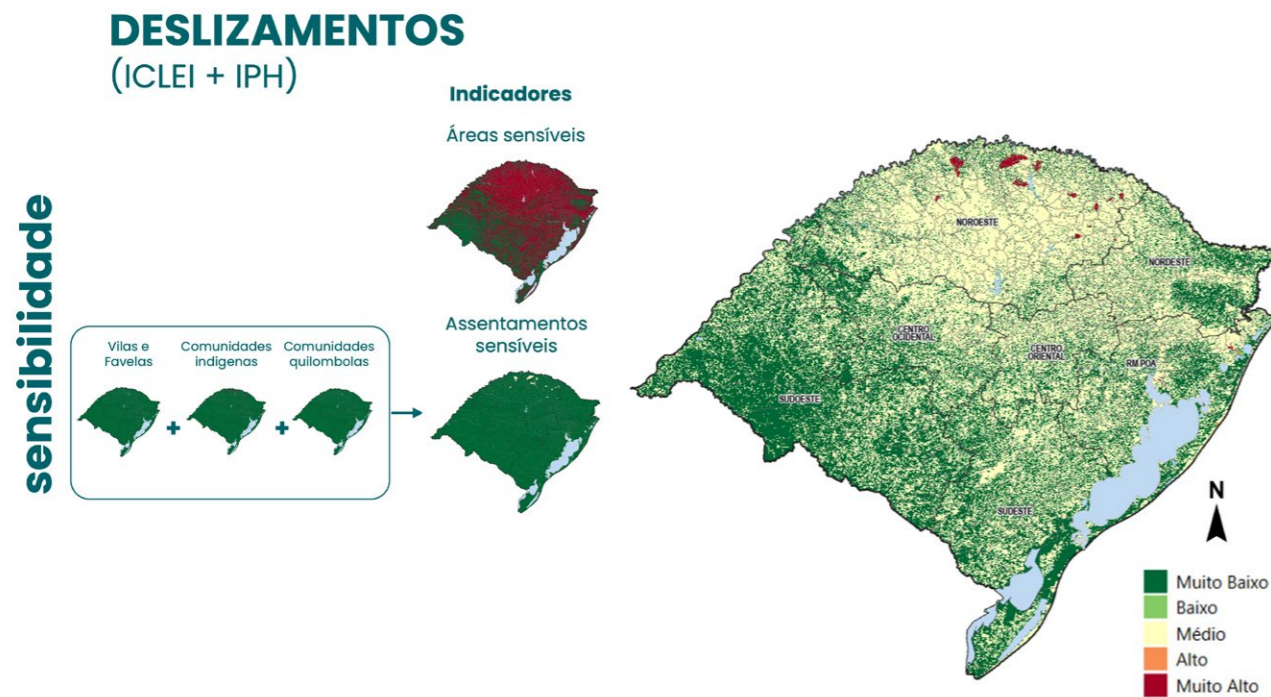


Fonte: Elaboração própria, 2025.

Na análise da vulnerabilidade do território, foi considerado, para a sensibilidade (Figura 23), um conjunto de dados que permitem a análise das áreas com alta suscetibilidade à erosão, assentamentos sensíveis (vilas e favelas, comunidades indígenas e quilombolas) e movimento de massas, indicador desenvolvido pelo IPH para identificar e delimitar áreas suscetíveis a deslizamentos no estado. Nesse último modelo, foram considerados parâmetros hidráulicos e mecânicos do solo, além de informações morfológicas do terreno para estimar o nível de suscetibilidade a deslizamentos. Utilizando o modelo Shallow Landsliding Stability Model (SHALSTAB), o mapeamento foi desenvolvido pela equipe de pesquisadores do Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais (GPDEN), do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Para a análise da capacidade adaptativa com relação aos deslizamentos, foram utilizados os indicadores de presença de universidades, proteção civil (existência de pelotões ativos do Corpo de Bombeiros), cobertura de radares meteorológicos no estado, desenvolvimento socioeconômico e capacidade financeira (índice FIRJAN), existência de planos estratégicos para redução de riscos e a localização de infraestruturas utilizados como abrigos para a população em casos de eventos extremos. Como evidenciado na Figura 24, quase todos os municípios do estado apresentam baixa capacidade adaptativa para o risco de deslizamento, com exceção, neste caso, para o município de Porto Alegre.

Figura 23: Indicadores e componente de sensibilidade para o risco climático de deslizamento para o Rio Grande do Sul



Fonte: Elaboração própria, 2025.

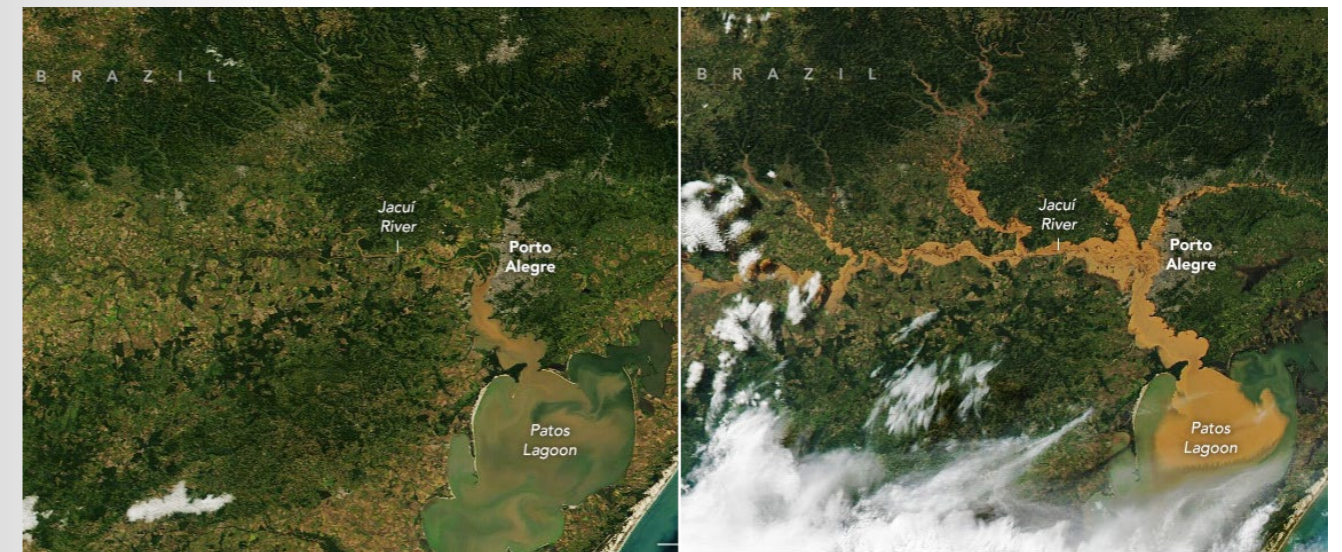
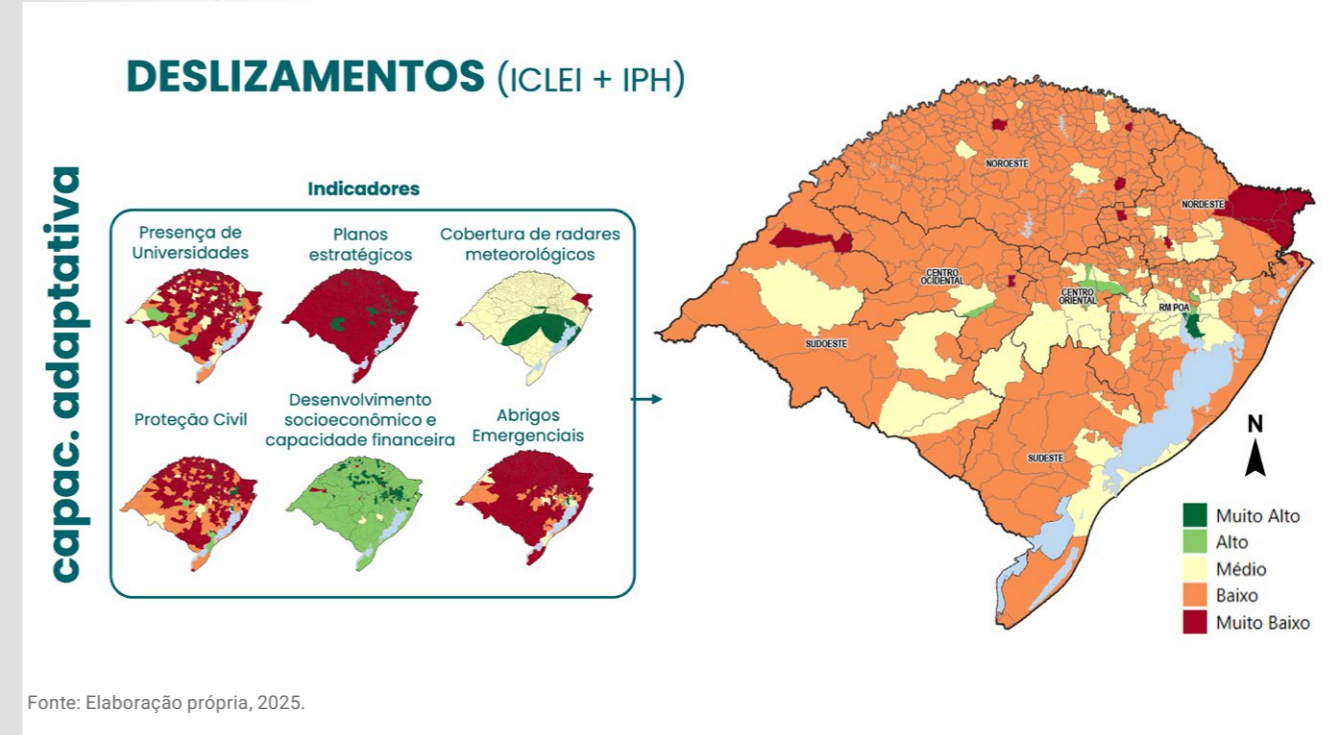


Foto: NASA

Figura 24: Indicadores e componente de capacidade adaptativa para o risco climático de deslizamento para o Rio Grande do Sul

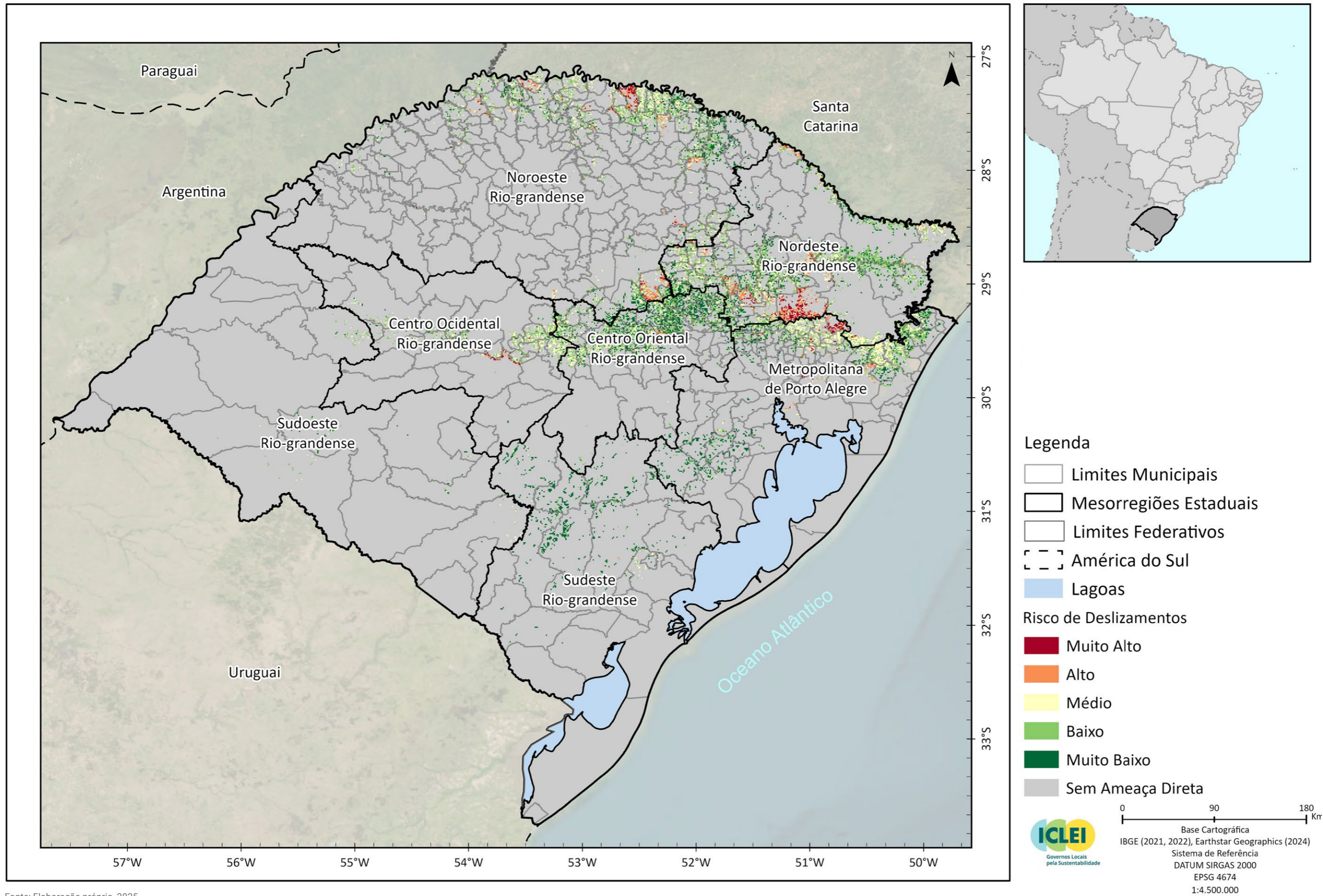


Fonte: Elaboração própria, 2025.

A Figura 25 apresenta o mapa com o modelo de risco para o deslizamento, enquanto o Quadro 13 traz

uma síntese do conjunto de indicadores utilizados para seu desenvolvimento.

Figura 25: Mapa de risco climático de deslizamentos para o Rio Grande do Sul



Fonte: Elaboração própria, 2025.

Quadro 13: Indicadores utilizados para a modelagem do risco climático de deslizamentos

Componente de risco climático	Indicadores	Dados	Fonte
Ameaça	Movimentos de massa	Delimitação de áreas de risco geológico	IPH
	Normais Climatológicas	Precipitação média anual	WorldClim
	Indicadores de Extremos Climáticos	SDII - Precipitação Anual dividida pelo número de dias com chuva (mm). Indica a intensidade média da precipitação durante o ano.	INMET
		R95p - Precipitação anual total dos dias em que RR > percentil 95 (mm). Indica precipitação de intensidade extrema.	INMET
Exposição	Infraestruturas estratégicas	Existência de infraestrutura estratégica de transporte (aeropostos), por município	PELT
		Existência de infraestrutura estratégica de transporte (portos), por município	PELT
		Existência de infraestrutura estratégica de produção ou transmissão de energia, por município	EPE
		Existência de infraestrutura estratégica de saneamento (Estações de Tratamento de Água), por município	SNIRH
		Existência de infraestrutura estratégica de saneamento (Estações de Tratamento de Esgoto), por município	SNIRH
		Existência de infraestrutura estratégica de saneamento (locais para destinação de resíduos sólidos), por município	SNIS
		Existência de infraestrutura estratégica de abastecimento (centrais de comercialização, por exemplo, CEASA), por município	SEMA
		Existência de distritos e parques industriais estratégicos, por município	SEDEC
	Vulnerabilidade Social	Índice de Vulnerabilidade Social das Famílias do Cadastro Único	MDS
	Densidade Demográfica	Quantidade de pessoas (População Urbana/ Rural)/ Área dos municípios	IBGE
Sensibilidade	Assentamentos sensíveis	Delimitação de áreas de interesse social com infraestrutura precária (vilas e favelas, ocupações espontâneas e loteamentos irregulares)	IBGE
		Delimitação de áreas ocupadas por comunidades indígenas	FUNAI
		Delimitação de áreas ocupadas por comunidades quilombolas	DAER
Áreas sensíveis	Uso e Cobertura da Terra	MapBiomass	
Capacidade Adaptativa	Presença de universidades	Localização de instituições de ensino, pesquisa e extensão da União e do Estado.	Estado
	Proteção Civil (Corpo de Bombeiros)	Existência de pelotões ativos do Corpo de Bombeiros Militar, por município (sim ou não)	IEDE
	Cobertura de radares meteorológicos	Cobertura dos radares meteorológicos	INPE
	Desenvolvimento socioeconômico e capacidade financeira	Índice FIRJAN por município	SESI
	Planos estratégicos	Existência de planos de redução de riscos, por município (sim ou não)	Roadmap
	Abrigos Emergenciais	Localização de infraestruturas utilizadas como abrigos para a população em casos de eventos extremos	IEDE

Fonte: Elaboração própria, 2025.

A classificação de risco muito alto para deslizamentos em municípios da Serra Gaúcha, Noroeste e Centro Ocidental resulta da conjugação específica de fatores de ameaça, exposição e vulnerabilidade. Na Serra Gaúcha, municípios como Caxias do Sul, Bento Gonçalves e Canela apresentam condições particulares de risco. A ameaça é caracterizada pela combinação de relevo acidentado com altos índices pluviométricos, incluindo precipitação média anual elevada e eventos extremos frequentes. A exposição é significativamente amplificada pela alta densidade demográfica, pela presença de infraestruturas estratégicas como distritos industriais e pela vulnerabilidade social em assentamentos situados em áreas de encosta. A capacidade adaptativa, embora moderada pela presença de instituições de ensino e corpo de bombeiros, é insuficiente para compensar a alta sensibilidade do território, marcada por ocupações em áreas de risco geológico já mapeadas.

No Noroeste Rio-Grandense, municípios como Fontoura Xavier e Erval Grande apresentam padrão distinto mas igualmente crítico. A ameaça mantém-se alta devido aos indicadores de extremos climáticos, particularmente a precipitação em dias muito chuvosos. A exposição, embora com menor densidade demográfica que a Serra Gaúcha, é agravada pela presença de comunidades rurais e pela vulnerabilidade socioeconômica mais acentuada. A capacidade adaptativa é geralmente mais limitada nesta região, com menor cobertura de sistemas de monitoramento e recursos institucionais mais escassos para enfrentamento de desastres.

Santa Maria, no contexto do Centro Ocidental, representa um caso particular onde fatores antrópicos se somam às condições naturais. A expansão urbana sobre áreas de risco, combinada com a concentração de infraestruturas críticas e a ocorrência de eventos extremos de precipitação, cria cenário propício para deslizamentos. A presença de instituições como a Universidade Federal de Santa Maria confere certa capacidade adaptativa, mas insuficiente para mitigar a alta exposição e sensibilidade do território. Em todos esses municípios, a repetição de registros na base de dados indica múltiplas áreas críticas, exigindo ações específicas de monitoramento e intervenção em escala local.

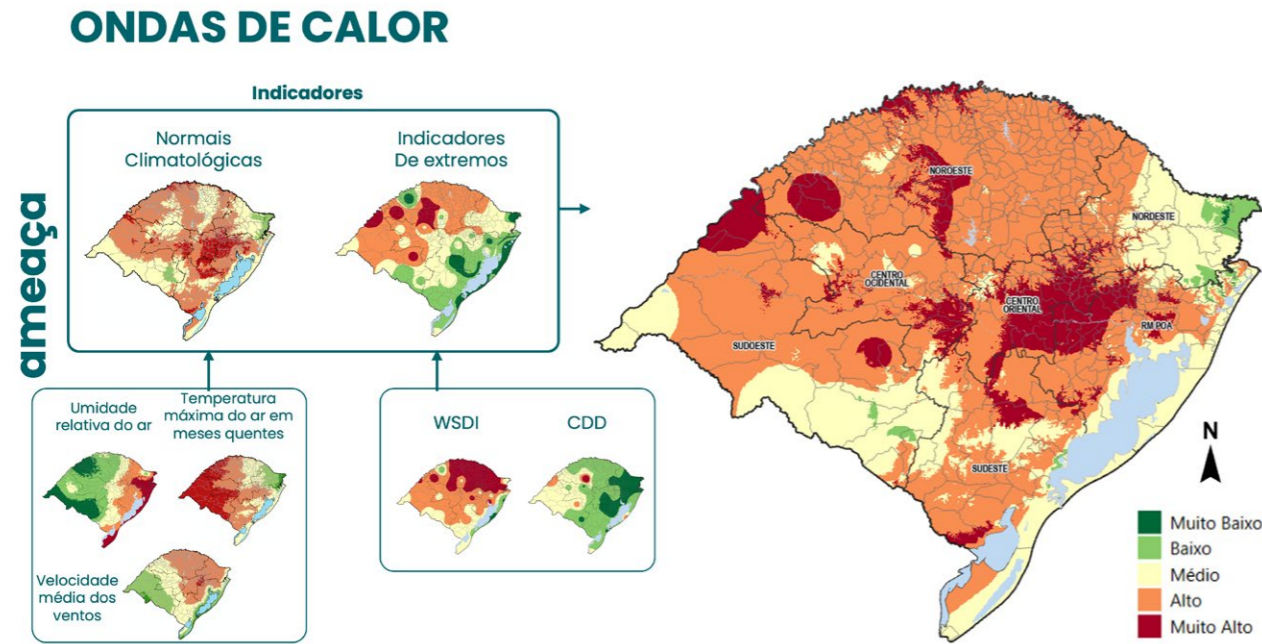
### 3.3.4. Ondas de calor

As ondas de calor, caracterizadas por períodos prolongados de temperaturas elevadas, representam um dos riscos climáticos mais significativos em um cenário de aquecimento global (IPCC, 2022). Esses eventos resultam da combinação entre um sistema de alta pressão atmosférica, mudanças nos padrões de circulação global e aumento das temperaturas médias (PERKINS-KIRKPATRICK & LEWIS, 2020), com tendência de maior frequência, intensidade e duração nas próximas décadas (VOSE et al., 2022).

Os impactos das ondas de calor manifestam-se em múltiplas dimensões: aumento de morbimortalidade por doenças cardiovasculares e respiratórias, especialmente entre idosos, crianças e populações urbanas vulneráveis (GASPARRINI et al., 2015); sobrecarga dos sistemas de energia (pico de demanda por refrigeração) e danos à malha viária (MEEHL & TEBALDI, 2021); além da redução da produtividade laboral e perdas em setores como agricultura e construção civil (DUNNE et al., 2022).

Para a análise da ameaça às ondas de calor para o Rio Grande do Sul, foram considerados como indicadores os dados com relação às temperaturas máximas média do ar e a umidade média relativa, além dos indicadores de extremos climáticos relativos ao número de dias com temperatura máxima acima de 90% (WSDI) e o número máximo de dias consecutivos sem chuva no ano (CDD), indicador que reflete a duração de períodos de estiagem. O componente de ameaça para o risco de ondas de calor mostra resultados altos e muito altos na região noroeste, sudoeste e sudeste do estado, como é possível observar na Figura 26.

Figura 26: Indicadores e componente de ameaça para o risco climático de ondas de calor para o Rio Grande do Sul

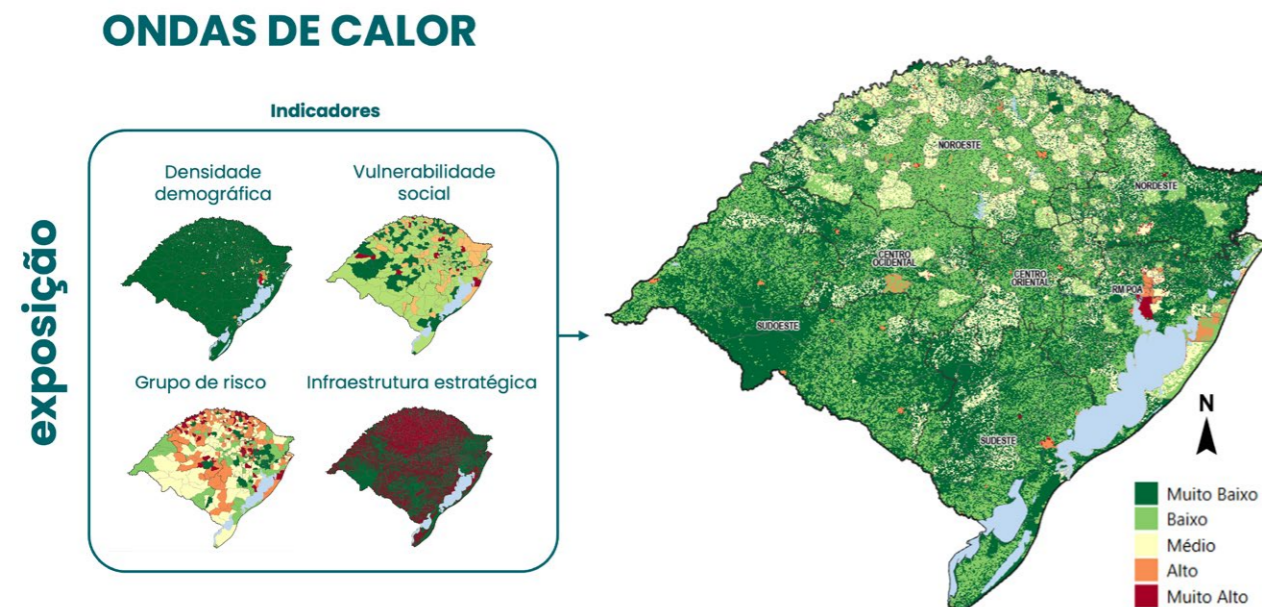


Fonte: Elaboração própria, 2025.

Para a análise da exposição às ondas de calor (Figura 27), foram considerados densidade demográfica, o índice de vulnerabilidade social, além de indicadores específicos para o risco de ilhas de calor a fim de considerar as populações mais

sensíveis ao desconforto térmico (concentração de crianças abaixo de 14 anos e de idosos acima de 65 anos) e infraestruturas estratégicas de cultivos sensíveis a ondas de calor.

Figura 27: Indicadores e componente de exposição para o risco climático de ondas de calor para o Rio Grande do Sul

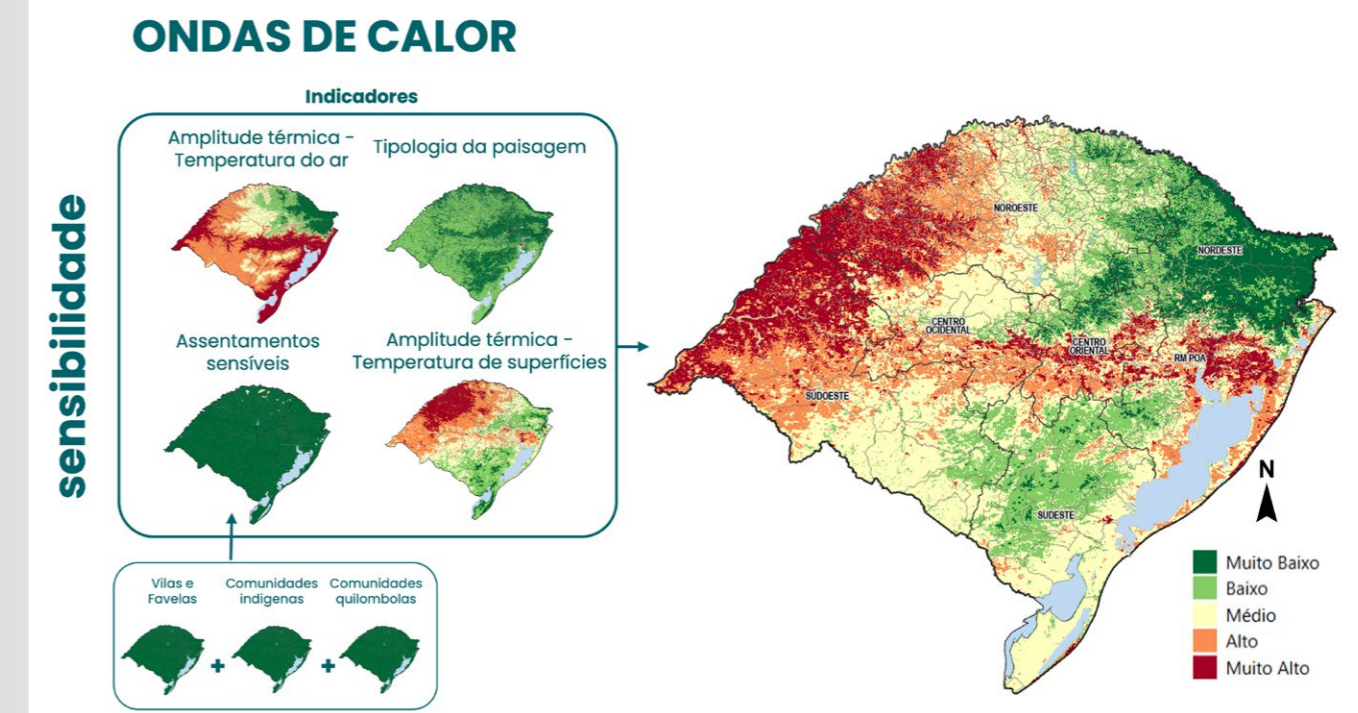


Fonte: Elaboração própria, 2025.

Para a análise da sensibilidade às ondas de calor foram considerados indicadores que permitem a análise das temperaturas de superfícies e temperatura do ar, resultados da incidência de raios solares sobre o terreno e da altimetria. Além destes, também foram analisados indicadores de tipologia da paisagem e assentamentos sensíveis. Pela natureza deste risco climático, assim como o resultado da tipologia de paisagens, as temperaturas de superfícies tendem a indicar maior sensibilidade em áreas de

concentrações urbanas mais densas. O resultado do componente de risco de sensibilidade às ondas de calor mostra, como é possível observar na Figura 28, maior sensibilidade na região metropolitana de Porto Alegre, e em boa parte da região costeira do estado. Além dessas áreas, é possível observar resultados classificados como alto e muito alto na região central do território, que se expande até o sudoeste Rio-Grandense.

Figura 28: Indicadores e componente de sensibilidade para o risco climático de ondas de calor para o Rio Grande do Sul

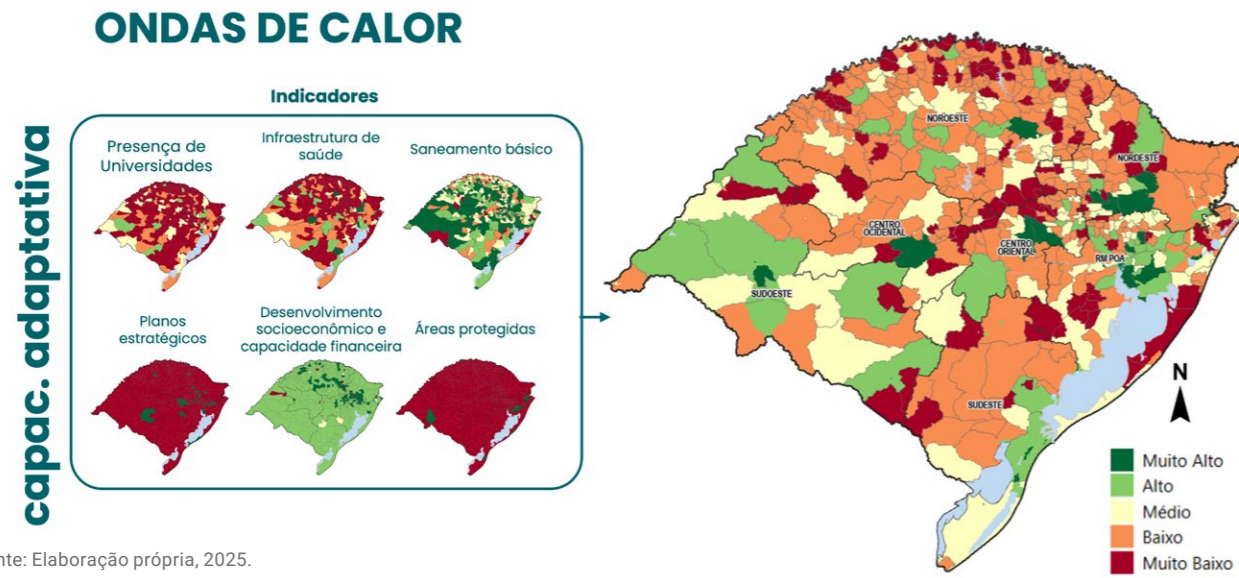


Fonte: Elaboração própria, 2025.

Para análise da capacidade adaptativa ao risco de ondas de calor, foram considerados indicadores de presença de universidades, infraestruturas de saúde, saneamento básico, planos estratégicos, capacidade de desenvolvimento socioeconômico e áreas protegidas. O conjunto destes indicadores pondera

a capacidade de adaptação para o enfrentamento do risco de ondas de calor. Neste caso é possível observar na Figura 29, que boa parte dos municípios do estado apresentam média e baixa capacidade adaptativa com relação às ondas de calor.

Figura 29: Indicadores e componente de capacidade adaptativa para o risco climático de ondas de calor para o Rio Grande do Sul



Fonte: Elaboração própria, 2025.

A Figura 30 apresenta o mapa com o modelo de risco de ondas de calor, enquanto o Quadro 14 traz

uma síntese do conjunto de indicadores utilizados para seu desenvolvimento.



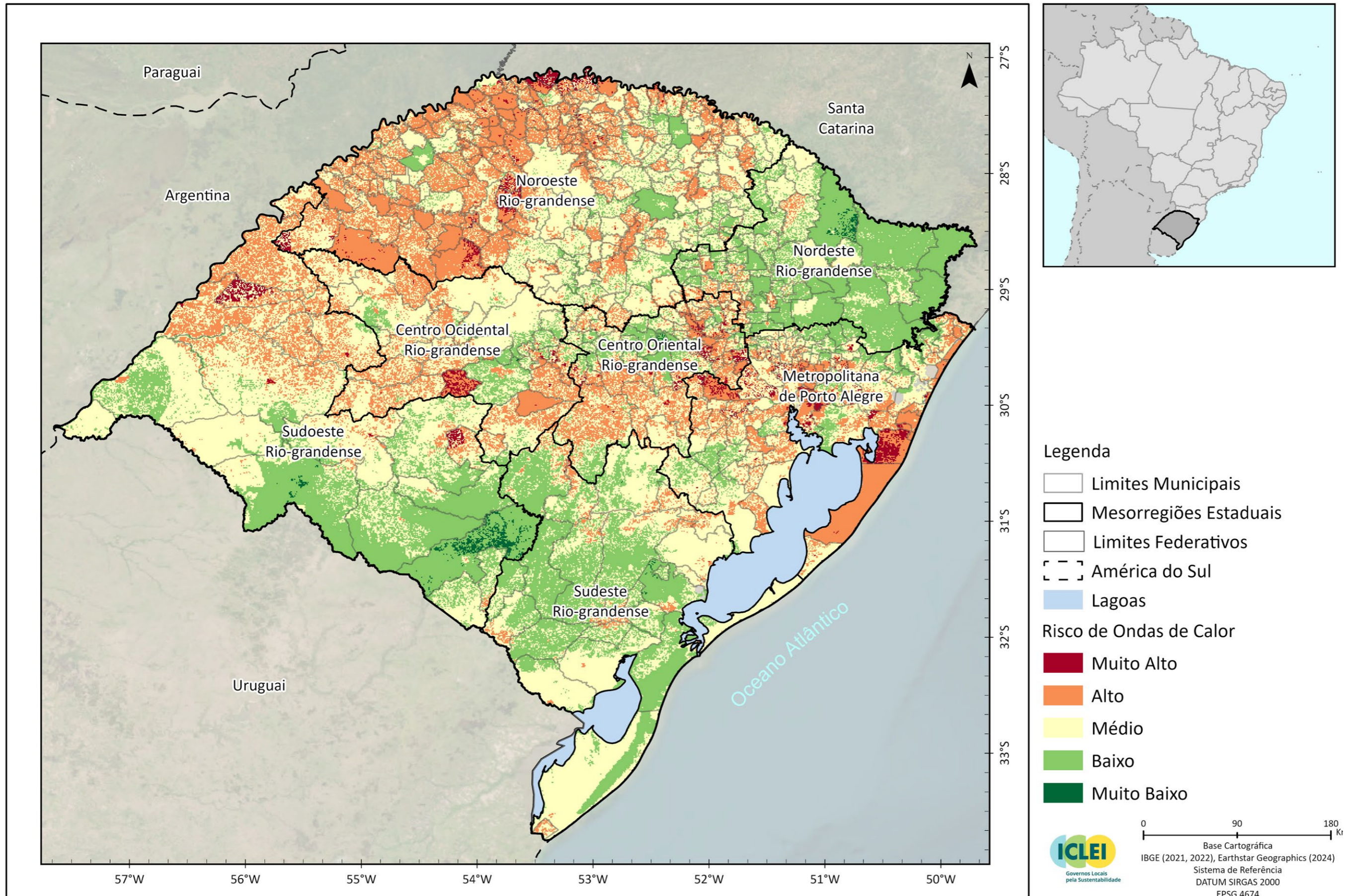
Foto: Governo do Estado do Rio Grande do Sul

Quadro 14: Indicadores utilizados para a modelagem do risco climático de ondas de calor

Componente de risco climático	Indicadores	Dados	Fonte	
Ameaça	Normais Climatológicas	Temperatura máxima média do ar	WorldClim	
		Umidade relativa média do ar	WorldClim	
		Velocidade média dos ventos	WorldClim	
	Indicadores de Extremos Climáticos	WSDI - Número máximo de dias consecutivos no ano com TX > percentil 90 (dias). Indica a duração das ondas de calor no ano	INMET	
CDD - Número máximo de dias consecutivos sem chuva no ano (dias). Este índice reflete a duração de períodos de estiagem.		INMET		
Exposição	Infraestruturas estratégicas	Delimitação de áreas de cultivo estratégico para abastecimento, sensíveis às ondas de calor	MapBio-mas	
	Grupos de Risco	Percentual de pessoas em idade sensível (crianças abaixo de 14 anos e idosos acima de 60 anos)	IBGE	
	Vulnerabilidade Social	Índice de Vulnerabilidade Social das Famílias do Cadastro Único	MDS	
	Densidade Demográfica	Quantidade de pessoas (População Urbana/ Rural)/ Área dos municípios	IBGE	
Sensibilidade	Assentamentos sensíveis	Delimitação de áreas de interesse social com infraestrutura precária (vilas e favelas, ocupações espontâneas e loteamentos irregulares)	IBGE	
		Delimitação de áreas ocupadas por comunidades indígenas	FUNAI	
		Delimitação de áreas ocupadas por comunidades quilombolas	DAER	
	Tipologias de paisagem	Zonas Climáticas Locais	WUDAPT	
	Amplitude térmica - Temperatura do ar	Hipsometria	ESA	
	Amplitude térmica - Temperatura de Superfícies	Temperaturas de Superfícies	MODIS	
Capacidade Adaptativa	Presença de universidades	Localização de instituições de ensino, pesquisa e extensão da União e do Estado.	Estado	
	Infraestrutura de saúde	Hospitais, UPA ou UBS, por município	IEDE	
	Saneamento Básico	Percentual de cobertura de serviços de saneamento (rede de água), por município	SNIS	
	Desenvolvimento socioeconômico e capacidade financeira	Índice FIRJAN por município	SESI	
	Planos Estratégicos	Existência de planos de redução de riscos, por município (sim ou não)	Roadmap	
	Áreas protegidas	Unidades de Conservação		INDE
		Delimitação de Áreas de Proteção Ambiental		INDE
		Delimitação dos Parques Nacionais		SEMA
Delimitação dos Parques Estaduais			SEMA	

Fonte: Elaboração própria, 2025.

Figura 30: Mapa de risco climático de ondas de calor para o Rio Grande do Sul



Fonte: Elaboração própria, 2025.

A classificação de risco muito alto para ondas de calor não é homogênea, podendo ser compreendida através de perfis distintos que se formam a partir da interação específica dos critérios analisados. Um primeiro perfil, representado por municípios como Canoas, Cachoeirinha, Alvorada, Esteio, Charqueadas e Santa Maria, caracteriza-se pela intensificação do calor em contextos urbanos. Nestes casos, uma ameaça climática significativa, manifestada através de altas temperaturas máximas e prolongada duração das ondas de calor, combina-se com uma exposição crítica determinada pela alta densidade demográfica e pela presença de Zonas Climáticas Locais que potencializam o efeito do calor.

A vulnerabilidade naqueles municípios é amplificada pela expressiva presença de assentamentos sensíveis com infraestrutura precária, onde a escassa cobertura vegetal e os materiais construtivos inadequados elevam substancialmente as temperaturas de superfície. Apesar de geralmente contarem com uma capacidade adaptativa mais desenvolvida, incluindo rede hospitalar e instrumentos de planejamento, estes recursos mostram-se insuficientes para compensar a intensidade da exposição e da sensibilidade presentes.

Um segundo perfil emerge em municípios como Alegrete, São Borja, Itaqui, Uruguaiana e Santana do Livramento, onde o risco decorre principalmente da conjugação entre vulnerabilidade socioambiental e extremos climáticos. Neste contexto, a ameaça caracteriza-se por temperaturas elevadas associadas a extensos períodos de estiagem, enquanto a exposição é definida pela significativa presença de grupos etários sensíveis (crianças e idosos) e populações com alta vulnerabilidade social.

Nestes casos, a sensibilidade é acentuada por uma capacidade adaptativa institucional mais limitada – tanto sob o ponto de vista da existência de planos quanto da tutela de áreas verdes e da presença de infraestruturas – e pela cobertura menos abrangente da rede de saneamento, configurando um cenário onde o risco elevado não deriva necessariamente da densidade populacional, mas sim da combinação entre um regime climático severo e uma base socioeconômica com menor resiliência.

Um terceiro perfil pode ser identificado em municípios das regiões noroeste e missões, como Três Passos e Crissiumal, marcados pela sensibilidade aos extremos térmicos. Nestes territórios, a ameaça climática impacta diretamente a exposição representada pelas infraestruturas estratégicas do setor primário, especialmente as áreas de cultivo destinadas ao abastecimento. O risco é potencializado pela vulnerabilidade das comunidades rurais e tradicionais, que frequentemente apresentam menor acesso a serviços de saúde e estão mais expostas às variações térmicas em virtude de suas atividades laborais. A capacidade adaptativa mostra-se particularmente limitada pela menor cobertura de serviços urbanos, tornando, tanto o sistema produtivo, quanto as comunidades rurais, especialmente sensíveis aos efeitos das ondas de calor.

Esta última tipologia demonstra que a classificação de risco muito alto constitui um conceito relacional, onde um município como Canoas atinge essa condição principalmente pela concentração de pessoas e infraestrutura em ambiente que retém calor, enquanto Alegrete alcança a mesma categoria pela combinação entre clima extremo e população vulnerável, e Três Passos pelo impacto potencial sobre seu sistema produtivo e comunidades rurais. Esta distinção exige, portanto, estratégias de gestão de risco diferenciadas e específicas para cada contexto municipal.

### 3.3.5. Ondas de frio

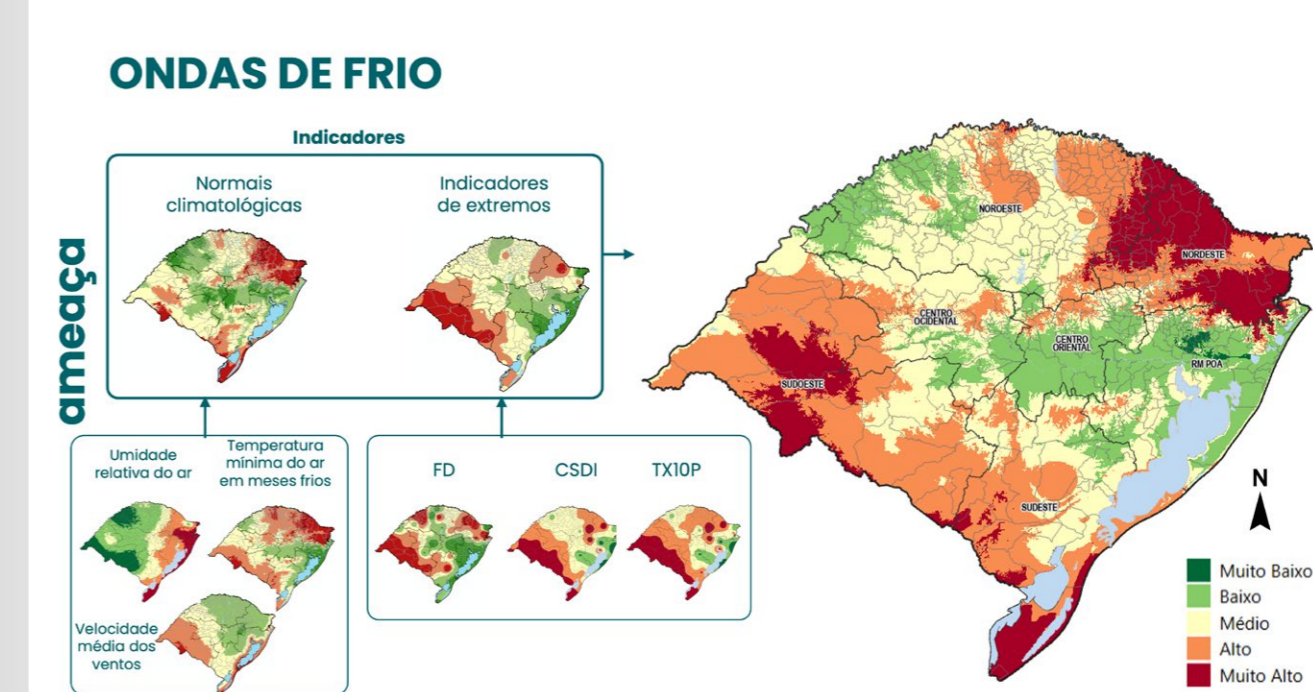
Assim como os eventos hidrológicos, as ondas de frio intenso representam um importante risco climático, especialmente em regiões onde tais fenômenos são atípicos ou onde a população e infraestrutura não estão adequadamente preparadas (CARDOSO et al., 2020). Esses eventos são caracterizados por quedas bruscas ou prolongadas de temperatura, frequentemente associadas a sistemas frontais polares que avançam sobre regiões de média latitude (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2017).

Os impactos das ondas de frio vão além do desconforto térmico, podendo acarretar no aumento

de doenças respiratórias e cardiovasculares, especialmente em grupos vulneráveis, idosos e crianças (GOUVEIA et al., 2019), danos à agricultura, com perdas em culturas sensíveis a geadas (PANDOFRI et al., 2021), além de sobrecarga aos sistemas de energia devido ao maior consumo por aquecimento (ROCHE et al., 2022). Em áreas urbanas, os efeitos são amplificados pela alta densidade populacional e pela precariedade de habitações, onde a falta de isolamento térmico adequado expõe moradores de baixa renda a riscos maiores (MARENGO et al., 2021).

Para o desenvolvimento da análise do componente de ameaça para o risco de ondas de frio (Figura 31) foram considerados os indicadores de normais climatológicas de umidade relativa do ar e temperatura mínima do ar. Além destes, também foram considerados índices de extremos climáticos de número máximo de dias consecutivos no ano com temperatura mínima diária abaixo de 10% (CSDI), frequência de dias muito frios no ano (TX10P) e o índice que reflete a frequência de dias de possível ocorrência de geada e condições desfavoráveis para culturas sensíveis à geada (FD).

Figura 31: Indicadores e componente de ameaça para o risco climático de ondas de frio para o Rio Grande do Sul.

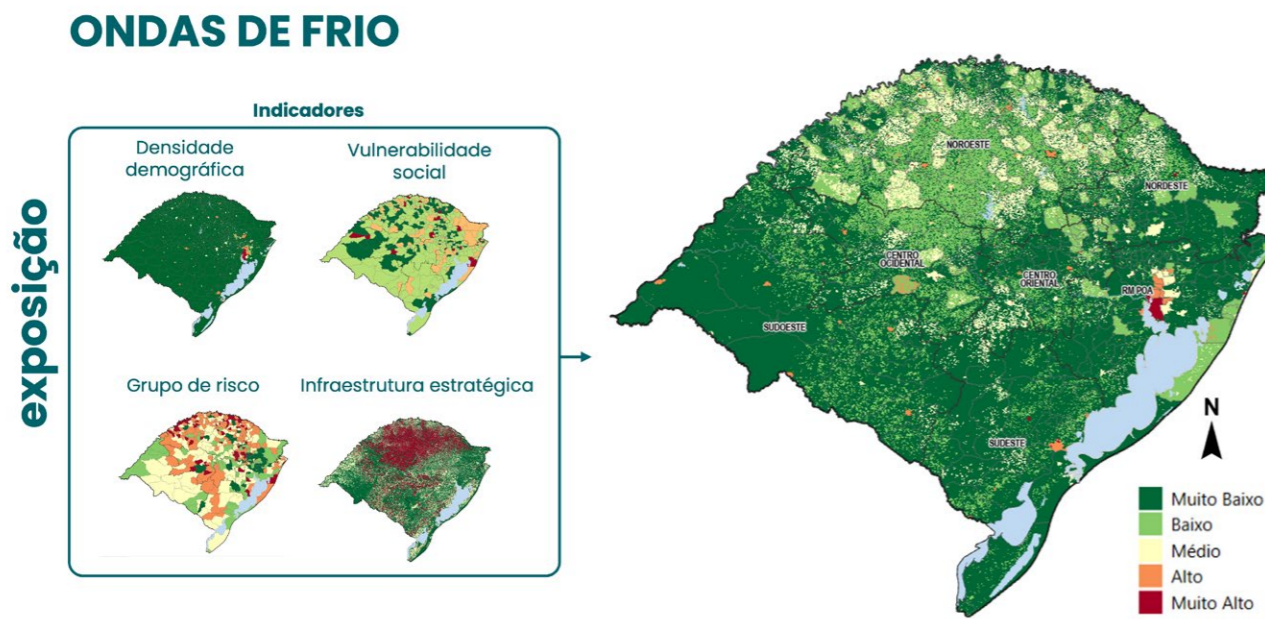


Fonte: Elaboração própria, 2025.

Para a análise do componente de exposição às ondas de frio, foram considerados os indicadores de densidade demográfica, vulnerabilidade social, grupo de risco e infraestrutura de cultivo estratégicas sensíveis às ondas de frio. Como evidenciado na Figura 32, a região noroeste do estado apresenta

os maiores níveis de exposição, classificada como muito alta, padrão explicado pela alta concentração de populações vulneráveis e presença significativa de cultivos sensíveis às ondas de frio.

Figura 32: Indicadores e componente de exposição para o risco climático de ondas de frio para o Rio Grande do Sul

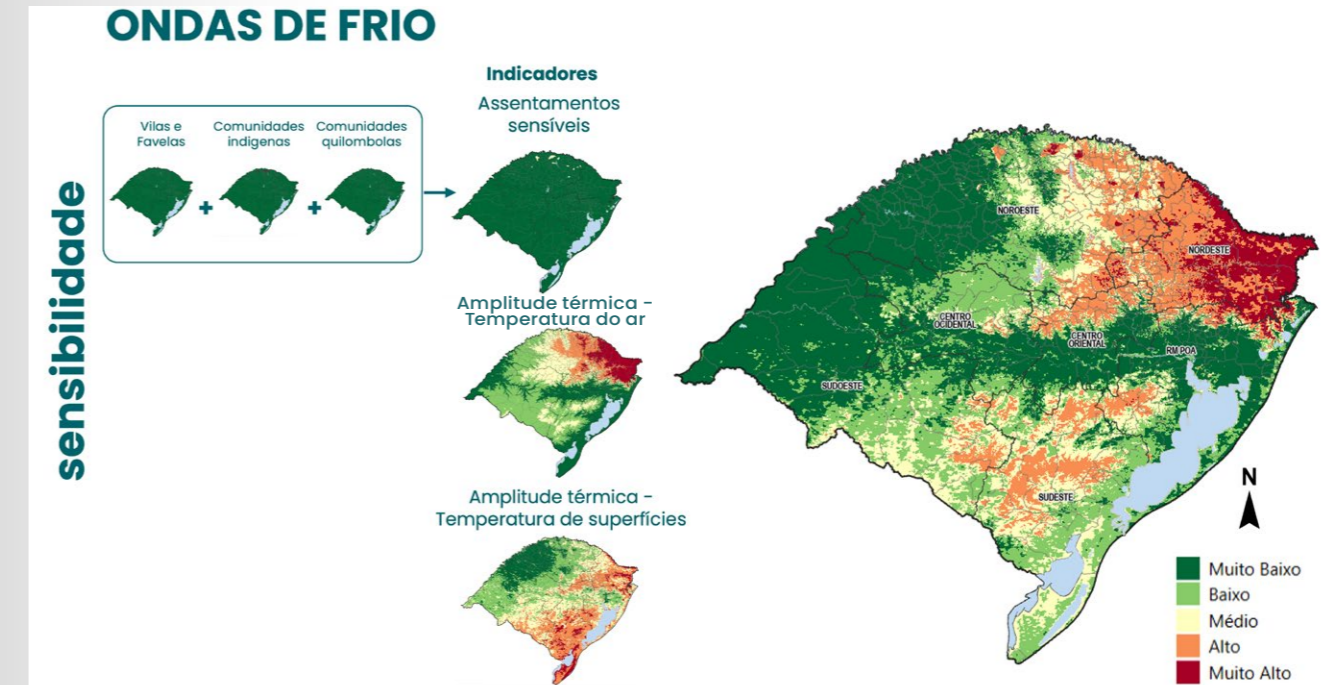


Fonte: Elaboração própria, 2025.

Na análise do componente de sensibilidade às ondas de frio (Figura 33), foram considerados os indicadores de assentamentos sensíveis, amplitude térmica (temperatura do ar) e amplitude térmica (temperatura de superfícies). Os resultados da Figura 33 revelam maior sensibilidade nas regiões Nordeste e Sudeste Rio-Grandense, onde se observam amplitudes térmicas elevadas, tanto do ar quanto de superfície, indicando maior estresse térmico e relativa concentração de assentamentos vulneráveis.

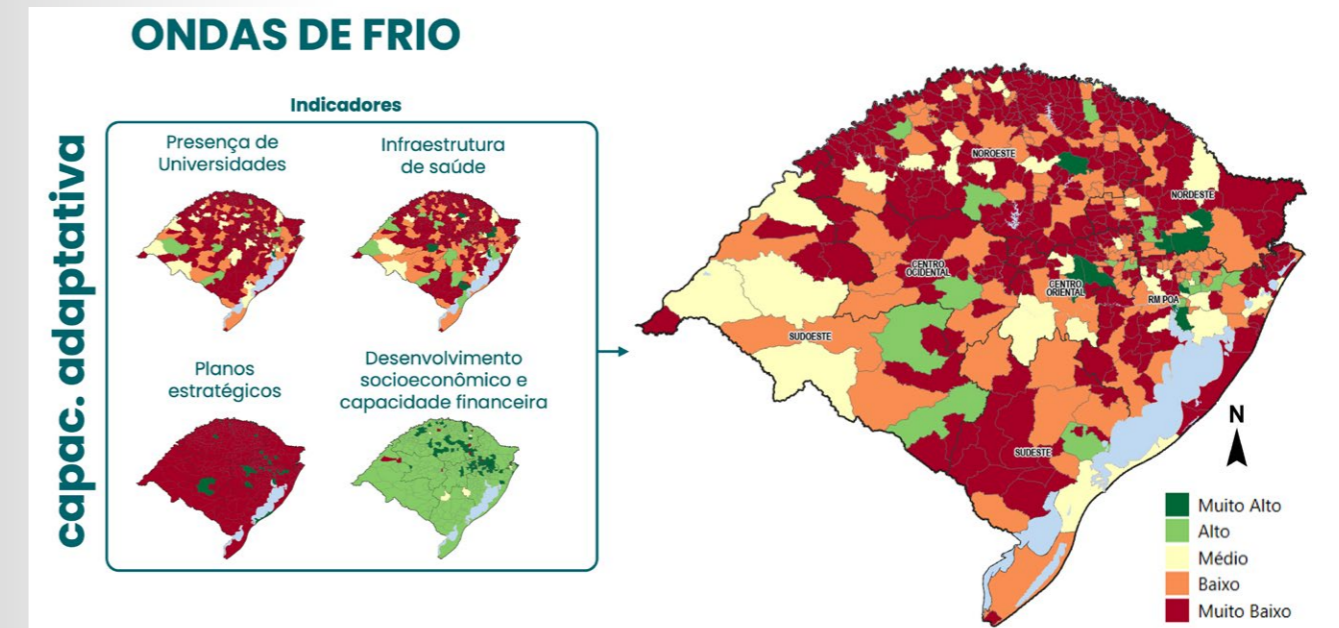
Para o componente de capacidade adaptativa às ondas de frio (Figura 34), foram considerados os indicadores de presença de universidades, infraestrutura de saúde, planos estratégicos e capacidade de desenvolvimento socioeconômico e financeiro.

Figura 33: Indicadores e componente de sensibilidade para o risco climático de ondas de frio para o Rio Grande do Sul



Fonte: Elaboração própria, 2025.

Figura 34: Indicadores e componente de capacidade adaptativa para o risco climático de ondas de frio para o Rio Grande do Sul



Fonte: Elaboração própria, 2025.

A Figura 35 apresenta o mapa com o modelo de risco de ondas de frio, enquanto o Quadro 15 traz uma síntese do conjunto de indicadores utilizados para seu desenvolvimento.

**Quadro 15: Indicadores utilizados para a modelagem do risco climático de ondas de frio**

Componente de risco climático	Indicadores	Dados	Fonte
Ameaça	Normais Climatológicas	Temperatura mínima média do ar	WorldClim
		Umidade relativa média do ar	WorldClim
		Velocidade média dos ventos	WorldClim
	Indicadores de Extremos Climáticos	CSDI - Número máximo de dias consecutivos no ano com temperatura mínima diária menor que percentil 10 (dias). Este índice reflete a duração das ondas de frio	INMET
		TX10p - Porcentagem anual de dias em que TX < percentil 10 (%). Indica a frequência de dias muito frios no ano.	INMET
	FD - Total de dias com temperatura abaixo de 0°C (dias). Este índice reflete a frequência de dias de possível ocorrência de geada e condições desfavoráveis para culturas sensíveis à geada.	INMET	
Exposição	Infraestruturas estratégicas	Delimitação de áreas de cultivo estratégico para abastecimento, sensíveis às ondas de frio	MapBiomias
	Grupos de Risco	Percentual de pessoas em idade sensível (crianças abaixo de 14 anos e idosos acima de 60 anos)	IBGE
	Vulnerabilidade Social	Índice de Vulnerabilidade Social das Famílias do Cadastro Único	MDS
	Densidade Demográfica	Quantidade de pessoas (População Urbana/ Rural)/ Área dos municípios	IBGE
Sensibilidade	Assentamentos sensíveis	Delimitação de áreas de interesse social com infraestrutura precária (vilas e favelas, ocupações espontâneas e loteamentos irregulares)	IBGE
		Delimitação de áreas ocupadas por comunidades indígenas	FUNAI
		Delimitação de áreas ocupadas por comunidades quilombolas	DAER
	Amplitude térmica - Temperatura do ar	Hipsometria	ESA
Amplitude térmica - Temperatura de Superfícies	Temperaturas de Superfícies	MODIS	
Capacidade Adaptativa	Presença de universidades	Localização de instituições de ensino, pesquisa e extensão da União e do Estado.	Estado
	Infraestrutura de saúde	Hospitais, UPA ou UBS, por município	IEDE
	Planos Estratégicos	Existência de planos de redução de riscos, por município (sim ou não)	Roadmap
	Desenvolvimento socioeconômico e capacidade financeira	Índice FIRJAN por município	SESI

Fonte: Elaboração própria, 2025.

A modelagem de risco para ondas de frio apresenta particularidades significativas em relação aos outros riscos analisados, refletindo-se tanto na composição metodológica, quanto nas implicações para a gestão territorial. Nota-se que este modelo opera com um conjunto mais restrito de variáveis, especialmente no componente de capacidade adaptativa, onde indicadores críticos como cobertura de saneamento básico e existência de áreas protegidas não foram incorporados. Esta limitação não é acidental, mas reflete dificuldades concretas na obtenção de informações específicas sobre sistemas de aquecimento, qualidade habitacional e outras infraestruturas diretamente relacionadas à proteção contra o frio intenso.

A distribuição espacial dos municípios classificados com risco muito alto revela um padrão claramente associado às regiões serranas e de maior altitude, onde indicadores como temperatura mínima extrema, frequência de geadas e duração das ondas de frio se manifestam com maior intensidade. Municípios como Vacaria, São José dos Ausentes e Cambará do

Sul aparecem com destaque, evidenciando como a ameaça climática se concentra nestes territórios de características climáticas específicas. Não obstante, ainda que com núcleos urbanos pequenos, municípios como Quaraí e Serafina Corrêa apresentam indicação de risco muito alto.

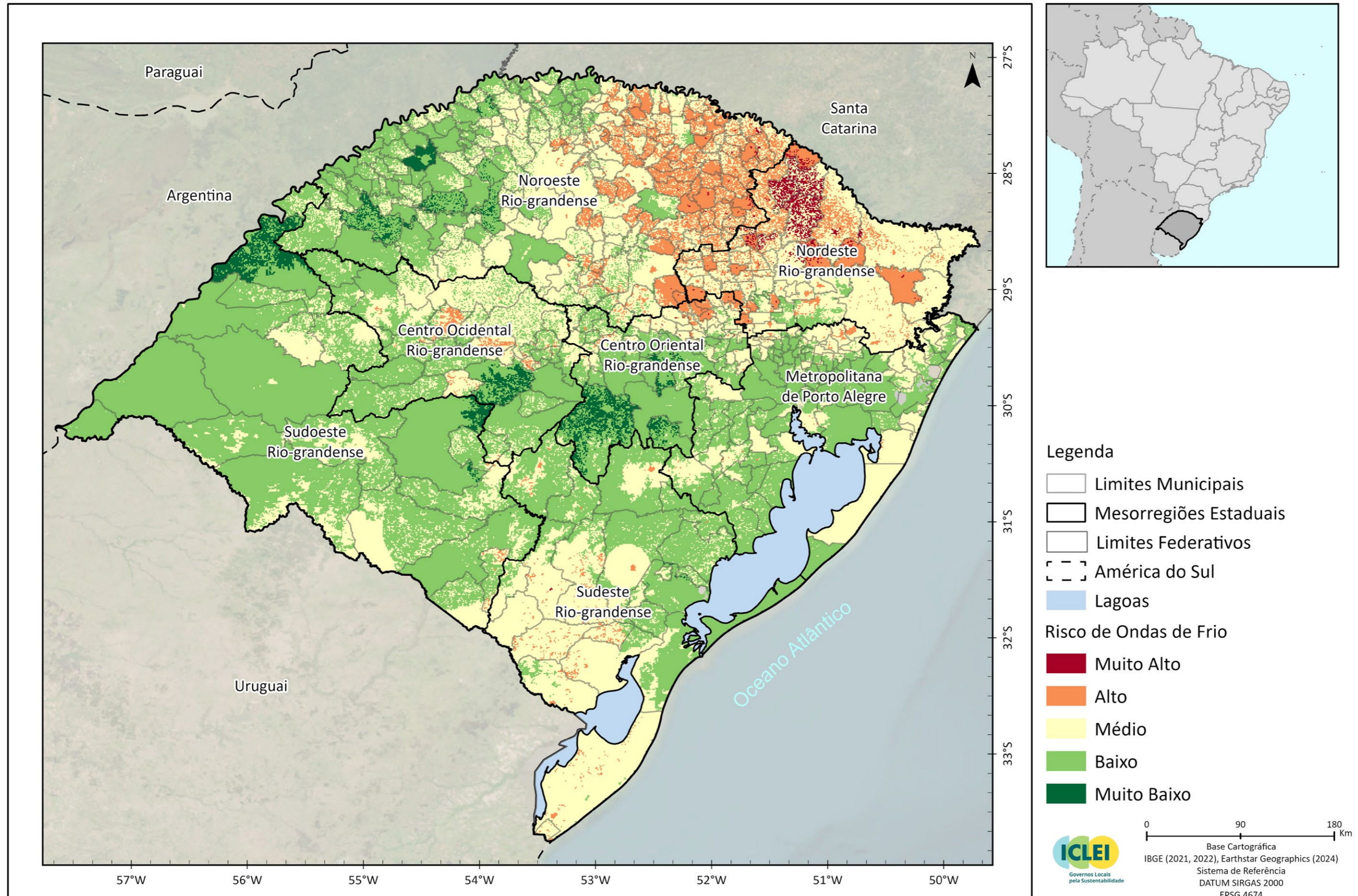
A exposição a este risco assume contornos particulares, combinando a vulnerabilidade de grupos etários sensíveis - crianças e idosos - com a sensibilidade de cultivos estratégicos para o abastecimento regional. A presença de comunidades rurais e tradicionais nestas regiões adiciona uma camada de complexidade, uma vez que estas populações frequentemente desenvolvem suas atividades laborais em condições de maior exposição aos elementos climáticos e possuem menor acesso a infraestruturas de proteção.

A capacidade adaptativa mostra-se especialmente desafiadora nestes contextos. A menor densidade de equipamentos de saúde e a escassez de planos específicos para enfrentamento de eventos de frio intenso criam um cenário onde a resiliência



Foto: Tiago Luiz Grison

Figura 35: Mapa de risco climático de ondas de frio para o Rio Grande do Sul



Fonte: Elaboração própria, 2025.

comunitária depende fundamentalmente de estratégias locais e conhecimento tradicional. A carência de indicadores específicos sobre sistemas de aquecimento e condições habitacionais adequadas para enfrentar temperaturas extremas revela uma lacuna importante no entendimento das reais condições de adaptação destes territórios.

Esta configuração aponta para a necessidade de desenvolver instrumentos de gestão que considerem as particularidades do risco por onda de frio, distinto de outros eventos climáticos. Estratégias como a identificação de abrigos temporários, programas de verificação de condições habitacionais e sistemas de alerta específicos para agricultores familiares mostram-se essenciais para reduzir a vulnerabilidade nestas regiões. A relativa escassez de ações estruturadas de adaptação evidencia a importância de incorporar este risco de forma mais substantiva no planejamento municipal e regional, superando a visão do frio como um fenômeno meramente sazonal e naturalmente administrável.

### 3.3.6. Proliferação de vetores de arboviroses urbanas

A sobrevivência de patógenos e vetores e a transmissão viral são exemplos de fatores que estão associados à distribuição global de arboviroses e que podem ser influenciados pela mudança climática (HILGENFELD e VASUDEVAN, 2018). Altas temperaturas estão relacionadas ao aumento das taxas de reprodução de vetores, frequência do comportamento de picadas e à redução do período de incubação dos patógenos no interior desses vetores. Além disso, a precipitação e umidade do ambiente impactam significativamente as condições para o desenvolvimento dos estágios larvais dos vetores (LEMOS et al., 2021).

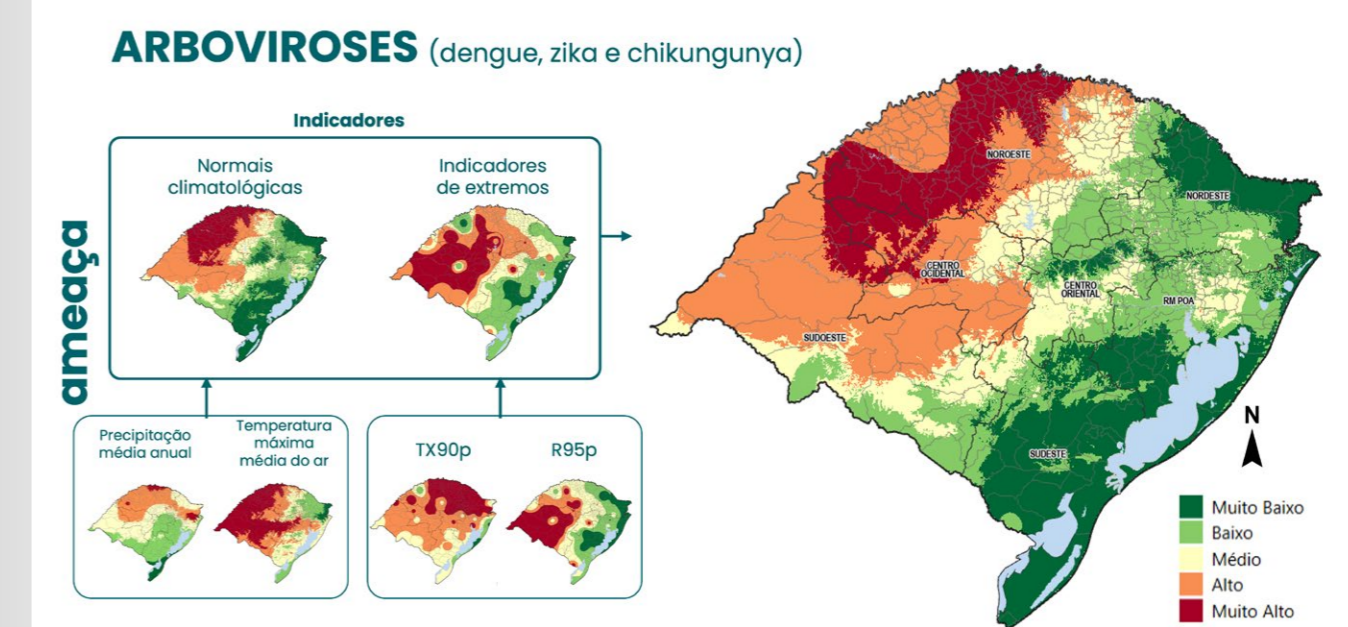
De acordo com Maniero et al. (2021), os principais arbovírus com ampla distribuição geográfica estão relacionados às doenças emergentes e reemergentes, sendo elas: chikungunya, dengue, zika e febre amarela. Essas doenças são transmitidas por duas espécies de mosquitos do gênero *Aedes*: *Aedes aegypti* ou *Aedes albopictus* (HILGENFELD e VASUDEVAN, 2018).

No Rio Grande do Sul, as arboviroses transmitidas por *Aedes aegypti*, consolidaram-se como um problema de saúde pública relevante. Até a 26ª semana epidemiológica de 2025, aproximadamente 95,5% dos municípios do estado apresentaram infestação pelo vetor, número que vem aumentando ao longo da série histórica 2010-2025 (SES-RS, 2025a). Embora o estado tenha registrado uma queda aproximada de 81,8% nos casos prováveis de dengue no início de 2025, em comparação ao mesmo período de 2024 (BRASIL, 2025a), o risco permanece elevado, devido à ampla presença do vetor e à circulação autóctone de outros vírus como o vírus chikungunya, com óbitos confirmados em 2025 (SES-RS, 2025b). Além disso, estudos indicam que, apesar de historicamente pouco incidente, a dengue vem apresentando aumentos significativos no estado desde meados de 2010, reflexos de fatores ambientais, climáticos e urbanísticos (TRONCO et al., 2024).

Conforme apresentado no Capítulo 2, os riscos climáticos são analisados a partir dos componentes de ameaça, exposição e vulnerabilidade, cada um deles apresentando indicadores próprios. Para analisar a ameaça de proliferação de vetores de arboviroses urbanas no estado, foram considerados indicadores climáticos que favorecem o desenvolvimento e a reprodução desses vetores, como níveis elevados de precipitação e temperaturas mais altas. Para isso, utilizou-se dados de normais climatológicas do WorldClim, incluindo precipitação média anual e temperatura máxima média do ar. Além disso, foram incorporados indicadores de eventos climáticos extremos, calculados a partir de dados do INMET, como o número de dias com precipitação acima de 95 (R95p) e a porcentagem de dias em que a temperatura máxima superou o percentil 90 (TX90p).

A partir dos resultados apresentados na Figura 36, é possível observar concentrações de valores altos e muito altos na região Noroeste, Central e Sudoeste, além destes destaca-se também o entorno da capital Porto Alegre com resultados classificados como altos.

Figura 36: Indicadores e componente de ameaça para o risco climático de proliferação de vetores de arboviroses urbanas para o Rio Grande do Sul

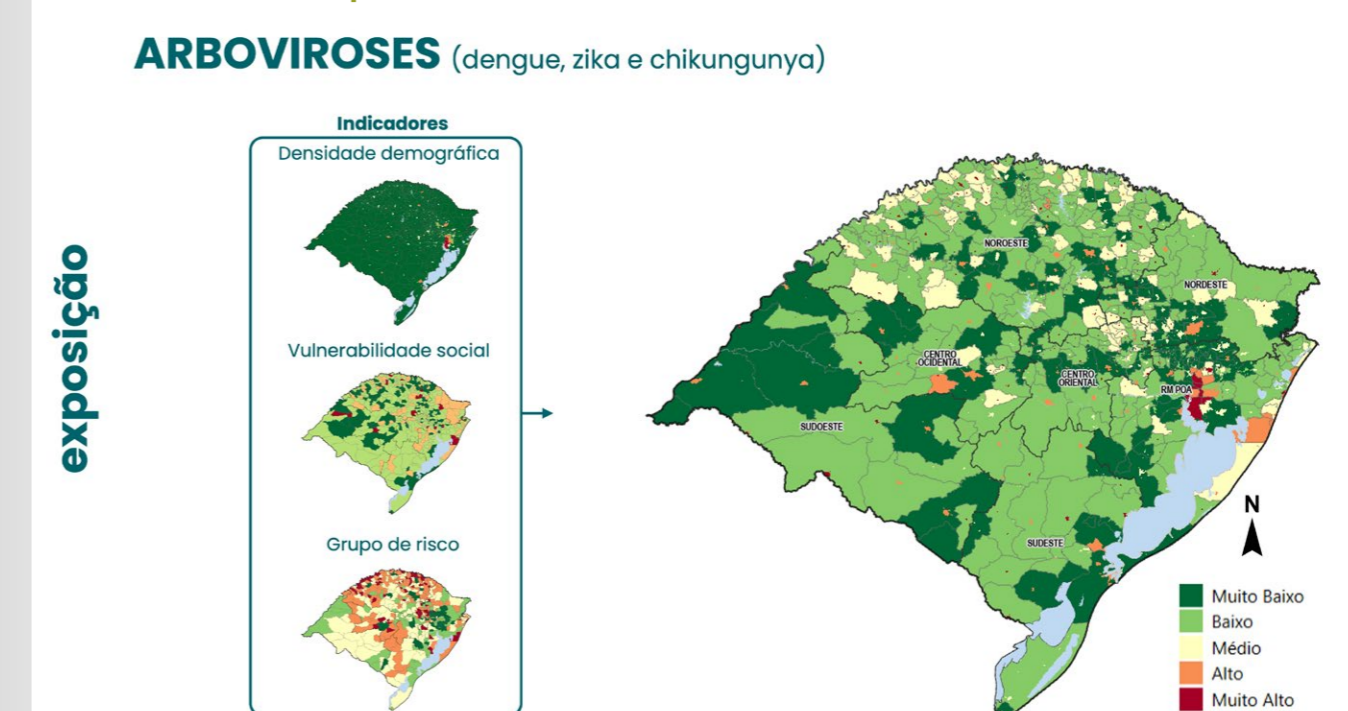


Fonte: Elaboração própria, 2025.

Os indicadores considerados para o cálculo da exposição às arboviroses (Figura 37) foram os mesmos utilizados para a análise em relação às ondas de calor: densidade demográfica, índice de

vulnerabilidade social e populações mais sensíveis ao desconforto térmico (concentração de crianças abaixo de 14 anos e de idosos acima de 65 anos).

Figura 37: Indicadores e componente de exposição para o risco climático de proliferação de vetores de arboviroses urbanas para o Rio Grande do Sul



Fonte: Elaboração própria, 2025.

Para compreender a vulnerabilidade às arboviroses, considerou-se para o componente de sensibilidade o conjunto de características que tornam determinadas áreas e populações mais suscetíveis à ocorrência dessas doenças. Foram incluídos dados que permitem identificar zonas com maior propensão à proliferação de vetores, como áreas urbanizadas e assentamentos sensíveis – incluindo vilas, favelas, comunidades indígenas e quilombolas. Além disso, foram analisados os casos confirmados de dengue, chikungunya e zika em todos os municípios do estado, para avaliar a dimensão epidemiológica da ameaça. A Figura 38 ilustra as áreas com maior suscetibilidade às arboviroses no

Rio Grande do Sul, com destaque para os municípios classificados com vulnerabilidade muito alta, como Alvorada, Cachoeira do Sul, Cachoeirinha, Canoas, Carazinho, Erechim, Novo Hamburgo, Porto Alegre, Santa Maria, Santa Rosa, Santo Augusto, Sapucaia do Sul, Tenente Portela e Viamão.

Para a análise da capacidade adaptativa em relação ao risco de proliferação de vetores de arboviroses, foram considerados indicadores que refletem a infraestrutura institucional, socioeconômica e de serviços essenciais nos municípios. Foram analisados: a presença de universidades, o desempenho socioeconômico e financeiro municipal, as estratégias de prevenção adotadas, a oferta de

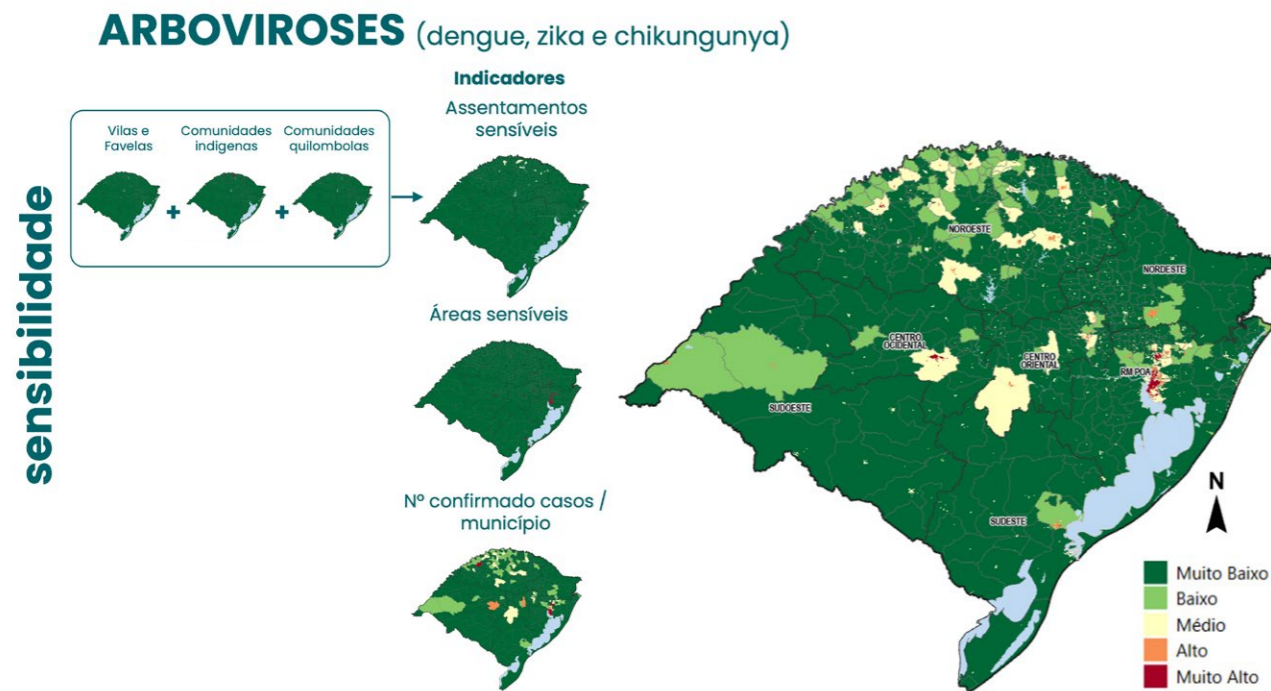
serviços de saúde e o acesso à coleta de resíduos sólidos e saneamento básico. Para mensurar a estratégia de prevenção, verificou-se a existência de planos municipais de redução de riscos; para caracterizar a oferta de serviços de saúde, foram identificadas unidades hospitalares, Unidades de Pronto Atendimento (UPAs) e Unidades Básicas de Saúde (UBSs) nos territórios; e, no que diz respeito aos serviços urbanos, analisou-se a cobertura de coleta de resíduos e de rede de esgoto.

Os resultados, apresentados na Figura 39, indicam que a maioria dos municípios do estado possui capacidade adaptativa classificada como baixa ou muito baixa diante do risco de proliferação de vetores

de arboviroses urbanas. Todavia, municípios como Canoas, Caxias do Sul, Passo Fundo, Pelotas, Porto Alegre, Rio Grande, Santa Cruz do Sul e Santa Maria destacam-se por apresentarem alta capacidade adaptativa, evidenciando maior estrutura e resiliência frente a esse risco climático.

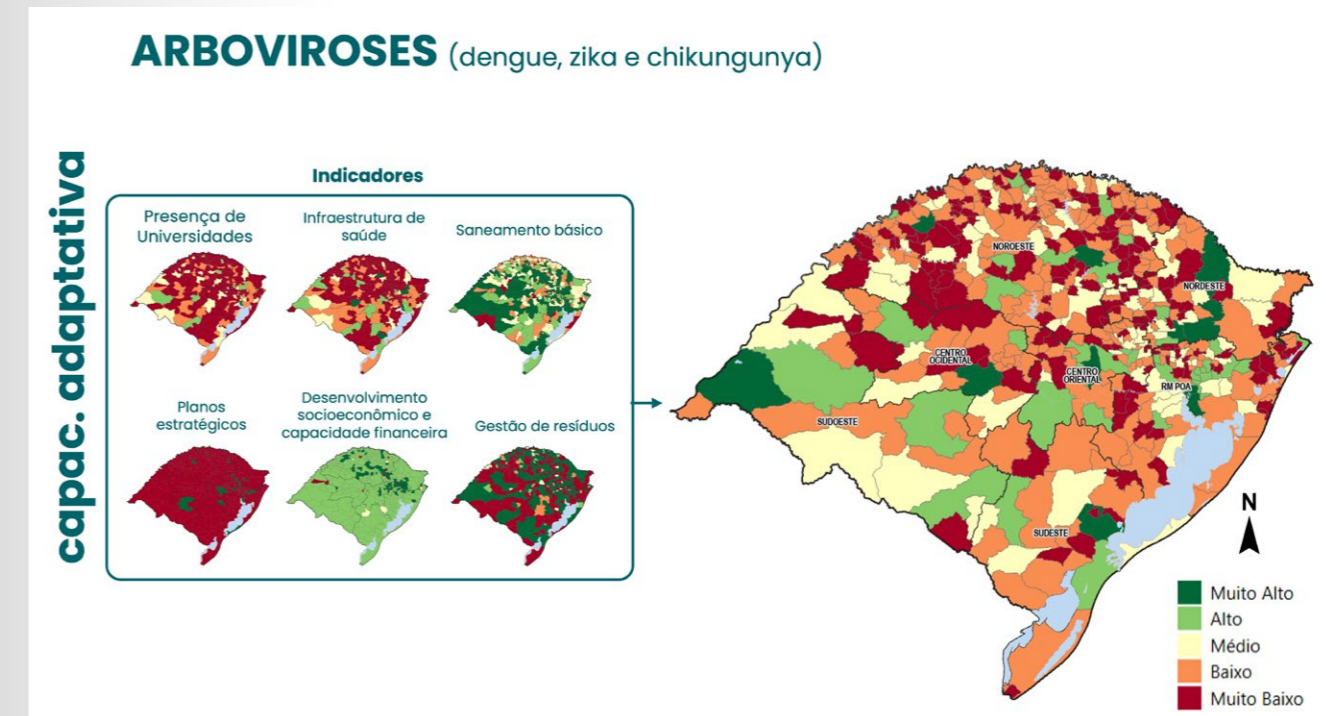
A Figura 40 apresenta o mapa com o modelo de risco de proliferação de vetores de arboviroses urbanas, enquanto o Quadro 16 traz uma síntese do conjunto de indicadores utilizados para seu desenvolvimento.

Figura 38: Indicadores e componente de sensibilidade para o risco climático de proliferação de vetores de arboviroses urbanas para o Rio Grande do Sul



Fonte: Elaboração própria, 2025.

Figura 39: Indicadores e componente de capacidade adaptativa para o risco climático de proliferação de vetores de arboviroses urbanas para o Rio Grande do Sul



Fonte: Elaboração própria, 2025.

**Quadro 16: Indicadores utilizados para a modelagem do risco climático de proliferação de vetores de arboviroses urbanas**

Componente de risco climático	Indicadores	Dados	Fonte
Ameaça	Normais Climatológicas	Precipitação média anual	WorldClim
		Temperatura máxima média do ar	WorldClim
	Indicadores de Extremos Climáticos	TX90p - Percentagem anual de dias em que TX > percentil 90 (%). Indica a frequência de dias muito quentes no ano.	INMET
		R95p - Precipitação anual total dos dias em que RR > percentil 95 (mm). Indica precipitação de intensidade extrema.	INMET
Exposição	Grupos de Risco	Percentual de pessoas em idade sensível (crianças abaixo de 14 anos e idosos acima de 60 anos)	IBGE
	Vulnerabilidade Social	Índice de Vulnerabilidade Social das Famílias do Cadastro Único	MDS
	Densidade Demográfica	Quantidade de pessoas (População Urbana/ Rural)/ Área dos municípios	IBGE
Sensibilidade	Assentamentos sensíveis	Delimitação de áreas de interesse social com infraestrutura precária (vilas e favelas, ocupações espontâneas e loteamentos irregulares)	IBGE
		Delimitação de áreas ocupadas por comunidades indígenas	FUNAI
		Delimitação de áreas ocupadas por comunidades quilombolas	DAER
	Número de casos confirmados/ município	Número de casos confirmados de dengue/ chikungunya/ zika, por município	IEDE
	Áreas sensíveis	Uso e Cobertura da Terra	MapBiomas
Capacidade Adaptativa	Presença de universidades	Localização de instituições de ensino, pesquisa e extensão da União e do Estado.	Estado
	Infraestrutura de saúde	Hospitais, UPA ou UBS, por município	IEDE
	Planos Estratégicos	Existência de planos de redução de riscos, por município (sim ou não)	Roadmap
	Desenvolvimento socioeconômico e capacidade financeira	Índice FIRJAN por município	SESI
	Gestão de resíduos	Percentual de cobertura do serviço coleta domiciliar de resíduos sólidos, por município	SNIS
	Saneamento Básico	Percentual de cobertura de serviços de saneamento (rede de esgoto), por município	SNIS

Fonte: Elaboração própria, 2025.

Os resultados do mapa de risco de arboviroses urbanas indicam forte relação com a dinâmica urbana e populacional do território gaúcho. As áreas classificadas com risco médio, alto e muito alto concentram-se, em sua maioria, em regiões urbanizadas e de maior densidade populacional, onde há maior probabilidade de proliferação do vetor e de circulação viral. Por outro lado, as áreas de risco baixo e muito baixo predominam em zonas rurais dispersas ou com menor ocupação humana, nas quais as condições ambientais são menos favoráveis ao estabelecimento dos ciclos de transmissão.

Entre os territórios mais impactados, destacam-se os municípios da Região Metropolitana de Porto Alegre — como Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Esteio, Porto Alegre, São Leopoldo, Sapucaia do Sul e Viamão — que apresentam predominância de manchas de risco muito alto. Nesses locais, a urbanização intensa, a alta densidade populacional e a elevada suscetibilidade associada ao número expressivo de casos confirmados reforçam sua condição de alta vulnerabilidade frente às arboviroses urbanas.



Foto: Governo do Estado do Rio Grande do Sul

O Noroeste Rio-Grandense também registra áreas expressivas de risco muito alto, principalmente em municípios de médio e pequeno porte, como nos municípios de Ijuí, Três Passos e Tenente Portela, onde a combinação entre adensamento populacional e lacunas na infraestrutura de saneamento cria um ambiente propício à proliferação do *Aedes aegypti* e outros vetores.

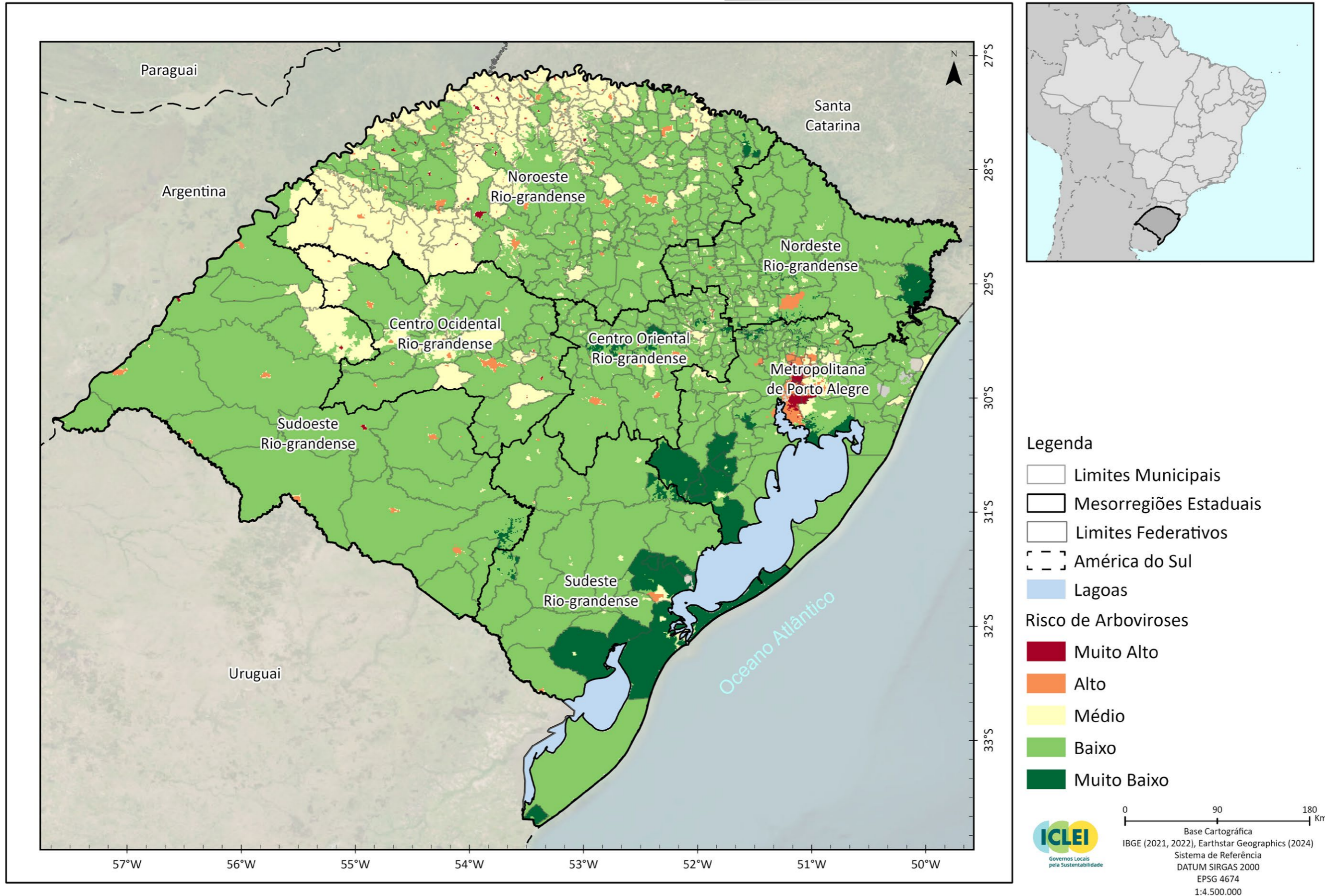
Situação semelhante é observada em outras regiões do estado, como o Nordeste, Centro Ocidental e Centro Oriental Rio-Grandense, e em menor escala, nas mesorregiões Sudeste e Nordeste. Esses resultados reforçam a importância de integrar estratégias de adaptação climática, controle vetorial e fortalecimento dos serviços de saúde, especialmente em municípios de alta vulnerabilidade, a fim de mitigar os impactos das arboviroses e prevenir a expansão de sua transmissão no território gaúcho.

Em síntese, os resultados apresentados indicam que o Rio Grande do Sul apresenta diferentes graus de exposição ao risco de arboviroses, exigindo estratégias de enfrentamento adaptadas a cada contexto territorial. A concentração de risco muito alto nos municípios aponta para a necessidade urgente de políticas integradas envolvendo: (i) monitoramento permanente e fortalecimento da vigilância em saúde, especialmente nos períodos de maior precipitação e temperatura; (ii) ações educativas e de mobilização

comunitária, voltadas para eliminação de criadouros domésticos e peridomiciliares; (iii) melhorias estruturais no saneamento básico, com foco em drenagem urbana e manejo de águas pluviais; (iv) articulação intermunicipal nas mesorregiões que apresentam risco alto e muito alto, para garantir ações coordenadas entre municípios vizinhos expostos ao mesmo cenário.

A redução do risco de emergências em saúde pública constitui uma das funções essenciais da saúde pública, e as arboviroses transmitidas pelo *Aedes aegypti* representam um dos principais desafios sanitários enfrentados pela população brasileira, incluindo o cenário observado no Rio Grande do Sul. Diante da expressiva distribuição espacial do risco identificada no estado, especialmente em municípios com alta vulnerabilidade socioambiental, reforça-se a necessidade de fortalecer as estratégias de enfrentamento dessas doenças por meio da elaboração e atualização contínua de planos estaduais e municipais de contingência para dengue, chikungunya e zika. Tais planos devem articular ações de vigilância entomológica, controle vetorial, comunicação de risco, infraestrutura de saneamento e assistência à saúde, garantindo atuação oportuna, coordenada e transparente do poder público, com ampla participação social, em consonância com as diretrizes do Ministério da Saúde (BRASIL, 2025b).

Figura 40: Mapa de risco climático de arboviroses para o Rio Grande do Sul



Fonte: Elaboração própria, 2025.

## Capítulo 04

# RESULTADOS INTEGRADOS

O mapa de risco crítico apresentado na Figura 41, resultante da sobreposição dos modelos de risco de aumento do nível do mar, inundação, deslizamento, ondas de calor, ondas de frio e proliferação de vetores de arboviroses, evidencia que o Estado do Rio Grande do Sul apresenta um padrão espacial heterogêneo de sobreposição de riscos, com a concentração de situações críticas em áreas urbanas consolidadas, corredores hidrográficos e territórios com elevada densidade populacional e pressão ambiental.

Os resultados indicam que a maioria dos municípios do estado apresenta ao menos um risco identificado, porém, os núcleos de maior criticidade – caracterizados pela sobreposição de dois e três riscos – concentram-se em mesorregiões específicas, configurando territórios prioritários para intervenções integradas de adaptação climática, gestão de riscos e políticas públicas multidisciplinares.

Destaca-se, de forma expressiva, a Região Metropolitana de Porto Alegre, onde se observa um agrupamento contínuo de municípios com três riscos críticos sobrepostos, como a capital Porto Alegre, Alvorada, Cachoeirinha e Novo Hamburgo. Esse padrão reflete a combinação de riscos de inundação, arboviroses e ondas de calor, associados à elevada densidade urbana, impermeabilização do solo e vulnerabilidades socioambientais historicamente acumuladas. Trata-se de um dos principais focos de atenção do estado, dada a concentração populacional e a relevância econômica e institucional do território.

Na Mesorregião Nordeste, observa-se outro núcleo relevante de risco crítico elevado, com municípios como Bento Gonçalves e Pinto Bandeira apresentando três riscos simultâneos. Nessa região, a sobreposição de riscos está fortemente associada à combinação entre relevo acidentado, suscetibilidade a deslizamentos, eventos hidrológicos intensos e estresses térmicos, configurando áreas com desafios tanto em contextos urbanos quanto rurais.

A Mesorregião Noroeste também apresenta municípios com elevada criticidade, como Ajuricaba e Áurea, que acumulam três riscos, além de um conjunto expressivo de municípios com dois riscos sobrepostos. Nesse território, os riscos climáticos tendem a se intensificar em função das condições climáticas regionais e da presença de áreas urbanas médias com infraestrutura limitada para resposta a eventos extremos.

No Centro Ocidental Rio-Grandense, forma-se um corredor de municípios com dois e três riscos críticos, incluindo Faxinal do Soturno (três riscos), além de Agudo, Cacequi, Dilermando de Aguiar, Mata, Nova Palma e Restinga Sêca, todos com dois riscos sobrepostos. Esse padrão revela a interação entre riscos de inundação, ondas de calor e arboviroses, especialmente ao longo de vales fluviais e áreas de transição urbano-rural.

A Mesorregião Centro Oriental também apresenta um conjunto significativo de municípios com dois riscos, como Bom Retiro do Sul, Cruzeiro do Sul, Estrela e Roca Sales, indicando vulnerabilidades associadas a eventos hidrológicos recorrentes e à exposição de áreas urbanas próximas a cursos d'água. Estes municípios foram intensamente atingidos pelos efeitos das enchurradas em decorrência do evento climático de 2023.

Por fim, na Mesorregião Sudoeste, municípios como Itaqui e São Francisco de Assis se destacam por apresentar três riscos críticos, enquanto outros municípios da região acumulam dois riscos. Nesses casos, a criticidade está relacionada à combinação entre eventos climáticos extremos, vulnerabilidades socioambientais e, pontualmente, riscos hidrológicos.

De modo geral, as áreas do estado com menor acúmulo de sobreposições severas concentram-se em municípios que apresentam apenas um risco identificado ou ausência de sobreposição relevante, configurando territórios relativamente menos

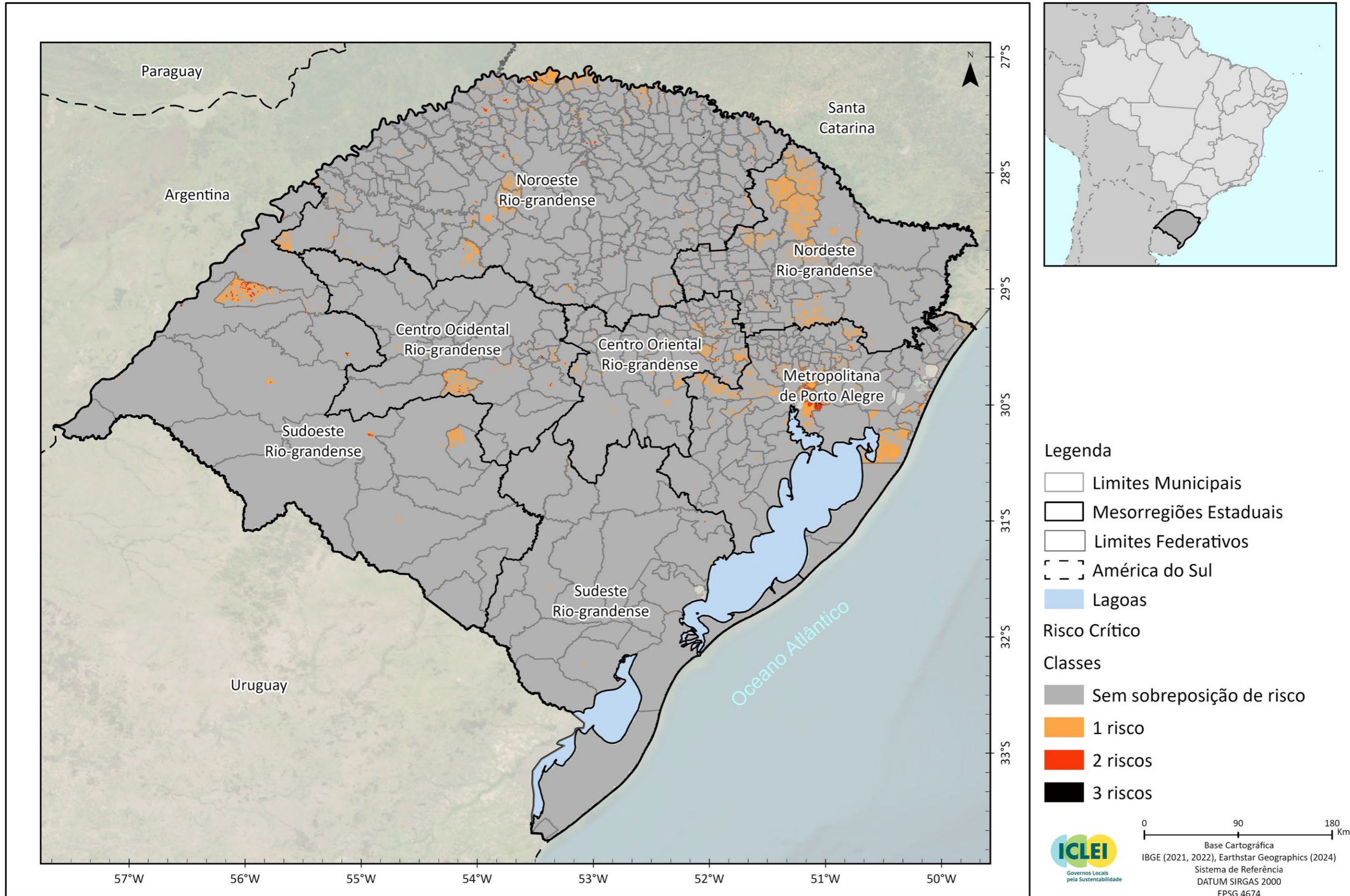
pressionados na análise integrada. No entanto, a presença disseminada de ao menos um risco em grande parte do estado reforça a necessidade de estratégias preventivas amplas, enquanto os núcleos de sobreposição de dois e três riscos, evidenciados

na Figura 41, devem ser priorizados em ações estruturantes, integradas e territorializadas de redução da vulnerabilidade e aumento da resiliência climática.



Foto: Gustavo Mansur

Figura 41: Mapa de risco crítico para o Rio Grande do Sul



Fonte: Elaboração própria, 2025.

## Capítulo 05

# MODELOS CLIMÁTICOS PARA ANÁLISE DE CENÁRIOS FUTUROS



Foto: Gustavo Mansur

Os modelos climáticos globais, desenvolvidos segundo os princípios do IPCC, produzem projeções físicas detalhadas – como temperatura e precipitação – e constituem a base para a construção de cenários que alimentam as avaliações de impacto climático. Esses modelos representam a física do sistema terrestre (atmosfera, oceanos, gelo e superfície continental) e são organizados de forma a gerar uma ampla gama de resultados comparáveis entre diferentes centros de pesquisa (Carbon Brief, 2020).

Complementarmente, as Trajetórias Socioeconômicas Compartilhadas (*Shared Socioeconomic Pathways* – SSPs) oferecem narrativas e insumos quantitativos relacionados à população, economia, uso do solo e tecnologia, permitindo a integração entre cenários climáticos e socioeconômicos. A combinação entre ambos forma uma matriz de cenários que possibilita investigar como distintos contextos de desenvolvimento humano podem influenciar emissões de gases de efeito estufa, vulnerabilidades e capacidades adaptativas (Carbon Brief, 2019).

As SSPs se baseiam em cinco narrativas que descrevem tendências socioeconômicas amplas capazes de moldar sociedades futuras, abrangendo um espectro de futuros plausíveis:

- **SSP1** – um mundo orientado à sustentabilidade e à igualdade;
- **SSP2** – um cenário intermediário, no qual as tendências seguem trajetórias históricas;
- **SSP3** – um mundo fragmentado, marcado por nacionalismos ressurgentes;
- **SSP4** – um contexto de desigualdades crescentes; e
- **SSP5** – um futuro de rápido crescimento econômico e intensivo uso de energia a partir de combustíveis fósseis.

A integração entre modelos climáticos (CMIP6) e SSPs fornece, portanto, um arcabouço robusto para simular variações do risco climático sob diferentes trajetórias plausíveis do sistema humano.

Entretanto, é fundamental reconhecer que essas variações também se expressam nos componentes de exposição e vulnerabilidade. Mesmo em cenários de intensificação das ameaças – como o aumento de chuvas extremas –, os impactos reais dependem de quem ou o que está exposto e quão vulneráveis são esses elementos. Ignorar as transformações na exposição (por exemplo, crescimento populacional, expansão urbana ou localização da infraestrutura) ou na vulnerabilidade (como variações na pobreza, na governança ou na capacidade de resposta) significa avaliar mudanças na ameaça, e não efetivamente mudanças no risco climático.

O arcabouço das SSPs foi concebido justamente para oferecer variáveis que descrevem tendências demográficas, econômicas e tecnológicas em escala global. Essa integração possibilita analisar como diferentes contextos socioeconômicos amplos influenciam emissões e, ainda que de forma mais limitada, a exposição e a vulnerabilidade em níveis agregados. Dessa forma, os produtos derivados da série CMIP6/SSP viabilizam a exploração de cenários integrados, ainda que sua aplicação em escalas locais dependa da contextualização territorial e da adaptação das narrativas socioeconômicas globais às realidades regionais.

Nesse sentido, ainda que não se trate de uma avaliação dos riscos a curto, médio e longo prazo, a avaliação das ameaças climáticas – nesse caso, da temperatura máxima média do ar e da precipitação anual média – favorece a compreensão das forças naturais que viabilizam a ocorrência de risco no que diz respeito ao clima. Serão apresentadas abaixo figuras que ilustram, ao longo dos anos, a situação média por município para cada um desses parâmetros (Figura 42), o comportamento médio das mesorregiões administrativas (Figuras 43 e 44), e o comportamento médio do estado (Figura 45).

A análise em nível regional revela a heterogeneidade espacial da ameaça climática relacionada à precipitação no estado, identificando extremos significativos em diferentes regiões e períodos. No cenário histórico, o município de São Francisco de Paula, localizado no Nordeste Rio-Grandense, já se destacava como o pólo de máxima precipitação, registrando 1.954 mm. Esta condição inicial confirma

a predisposição topoclimática da Serra Gaúcha a receber os maiores volumes de chuva do estado.

A dinâmica espacial dos máximos pluviométricos sofre uma notável transição nos períodos futuros. No curto e médio prazo (2021-2040 e 2041-2060), o epicentro da ameaça por precipitação extrema desloca-se para o Centro Oriental Rio-Grandense, com um conjunto de municípios – Santa Clara do Sul, Forquetinha, Venâncio Aires, Marques de Souza e Boqueirão do Leão – consistentemente atingindo os patamares mais elevados (2.267 mm e 2.097 mm, respectivamente). É significativo notar que Cambará do Sul, também no Nordeste, também apresenta essa condição de extremo, indicando a persistência de uma ameaça intensa na região serrana.

Contudo, a trajetória de longo prazo aponta para uma nova e acentuada mudança geográfica. Nos períodos de 2061-2080 e 2081-2100, os máximos absolutos de precipitação transferem-se decisivamente para o Sudoeste do Estado, com Barra do Quaraí (atingindo 2.455 mm no final do século) e Uruguaiana emergindo como os novos polos de chuva extrema.

Este deslocamento progressivo dos máximos – da Serra para o Centro Oriental e, finalmente, para a Fronteira Oeste – evidencia uma reconfiguração espacial da ameaça pluviométrica no Rio Grande do Sul ao longo do século. Ressalta-se, porém, que esta mudança no polo de volumes máximos não significa a ausência de chuvas significativas na Serra em 2100, mas sim que a concentração dos volumes mais intensos se dará de forma mais expressiva na região da Fronteira Oeste, sinalizando pressões climáticas distintas para diferentes regiões em diferentes momentos.

Por outro lado, a análise da temperatura máxima do ar em nível municipal evidencia não apenas uma intensificação térmica generalizada ao longo do século, mas também uma notável estabilidade geográfica dos epicentros de calor extremo no estado. No cenário histórico, os municípios de Garruchos e São Borja, no Sudoeste Rio-Grandense, e Santo Antônio das Missões, no Noroeste, já emergiam como pólos de calor, registrando a temperatura máxima média de 26,6°C.



Esta configuração inicial se intensifica e expande no período de 2021-2040. Enquanto Garruchos e São Borja mantêm sua condição crítica, a região do Noroeste vê um aumento no número de municípios expostos às máximas temperaturas, com Uruguaiana e Barra do Quaraí juntando-se a Santo Antônio das Missões, atingindo 33°C. A consolidação desta "mancha de calor" na Fronteira Oeste torna-se ainda mais clara no período de 2041-2060, quando o pico térmico de 33,7°C passa a ser registrado exclusivamente por municípios do Noroeste, incluindo Itaqui ao grupo anterior.

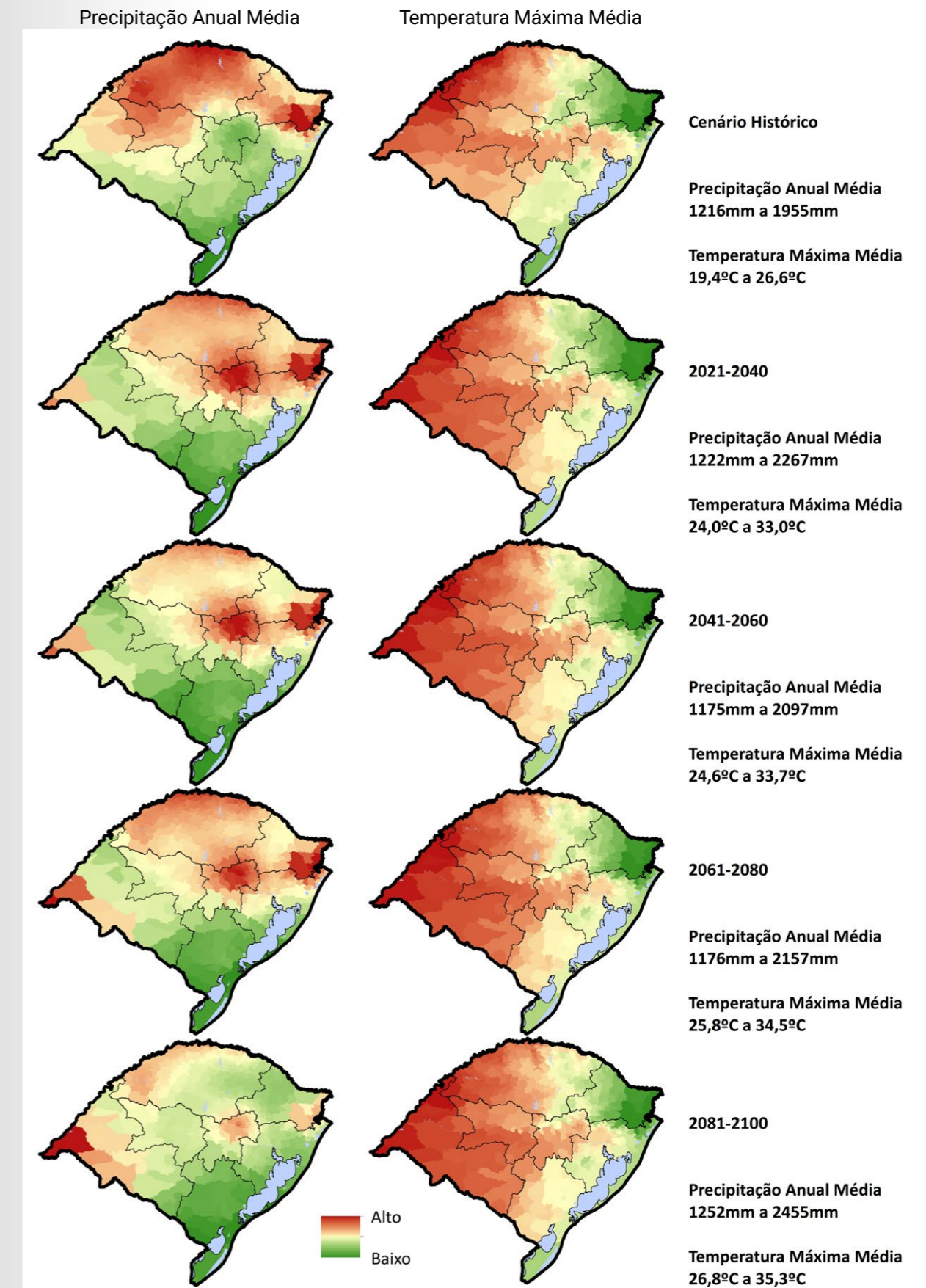
O padrão espacial estabelecido mantém-se estável nos períodos de 2061-2080 e 2081-2100, confirmando o Noroeste e Sudoeste do Estado como as regiões mais críticas e persistentemente expostas à ameaça de calor extremo. No entanto, a estabilidade geográfica contrasta fortemente com a escalada termal absoluta. Os valores máximos projetados para estes municípios sobem para 34,5°C e, finalmente, 35,3°C no final do século. Esta trajetória representa um aumento de 8,7°C em relação ao cenário histórico nos mesmos locais, ilustrando que, embora a geografia da ameaça não se desloque significativamente, sua intensidade absoluta será drasticamente amplificada,

impondo pressões climáticas crescentes sobre estas populações e sistemas produtivos.

A análise em nível municipal revela padrões espaciais distintos na distribuição das ameaças climáticas. Enquanto os extremos de temperatura máxima se mantêm persistentemente concentrados nos municípios do Noroeste e Sudoeste do estado ao longo de todo o século, os epicentros de precipitação máxima migram significativamente — partindo da Serra Gaúcha, passando pelo Centro Oriental e estabelecendo-se ao final do ciclo analisado na Fronteira Oeste. Essa variação demonstra que as ameaças tendem a não se distribuir uniformemente no território.

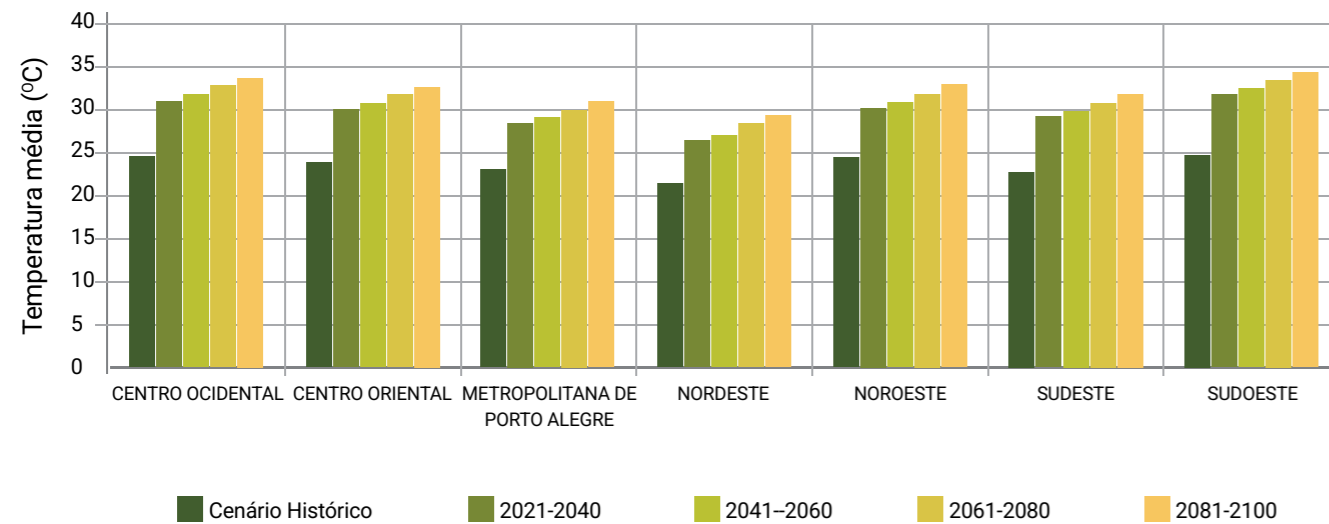
Para compreender o comportamento médio dessas tendências em escala regional, as Figuras 43 e 44 apresentam a consolidação por mesorregião. Elas permitem visualizar como as trajetórias municipais se agrupam para formar padrões regionais claros de aquecimento e alterações pluviométricas, fornecendo a transição necessária entre a escala local detalhada e a análise integrada do estado como um todo.

Figura 42: Situação média por município no Estado do Rio Grande do Sul para os parâmetros de temperatura máxima do ar e de precipitação anual em diferentes recortes temporais



Fonte: Elaboração própria a partir de WorldClim, 2025.

Figura 43: Tendências esperadas de aumento médio da temperatura máxima do ar no Estado do Rio Grande do Sul por mesorregião administrativa em diferentes recortes temporais



Fonte: Elaboração própria a partir de WorldClim, 2025.

O aquecimento projetado pelo modelo EC-Earth3-Veg sob o cenário SSP5-8.5 configura-se como uma tendência climática generalizada em todas as mesorregiões, embora com magnitudes distintas. Na linha de base histórica, o Sudoeste e o Centro Ocidental apresentam as maiores temperaturas máximas médias, próximas de 25°C, enquanto o Nordeste registra a condição mais amena, com 21,39°C.

As projeções para o período de 2081-2100 indicam uma significativa alteração nesse panorama. Todas as regiões convergem para patamares elevados, superiores a 31°C. O Sudoeste se mantém como a região com a maior temperatura máxima média projetada, alcançando 34,46°C – um incremento de 9,5°C em relação ao cenário histórico. Em termos de variação percentual, contudo, as regiões originalmente mais frias apresentam mudanças relativas equivalentes. O Nordeste, por exemplo, embora termine o século com a temperatura absoluta mais baixa entre as mesorregiões (29,53°C), registra um aumento de 8,13°C, com uma taxa de crescimento de 38,0%, similar à observada no Sudoeste (38,1%).

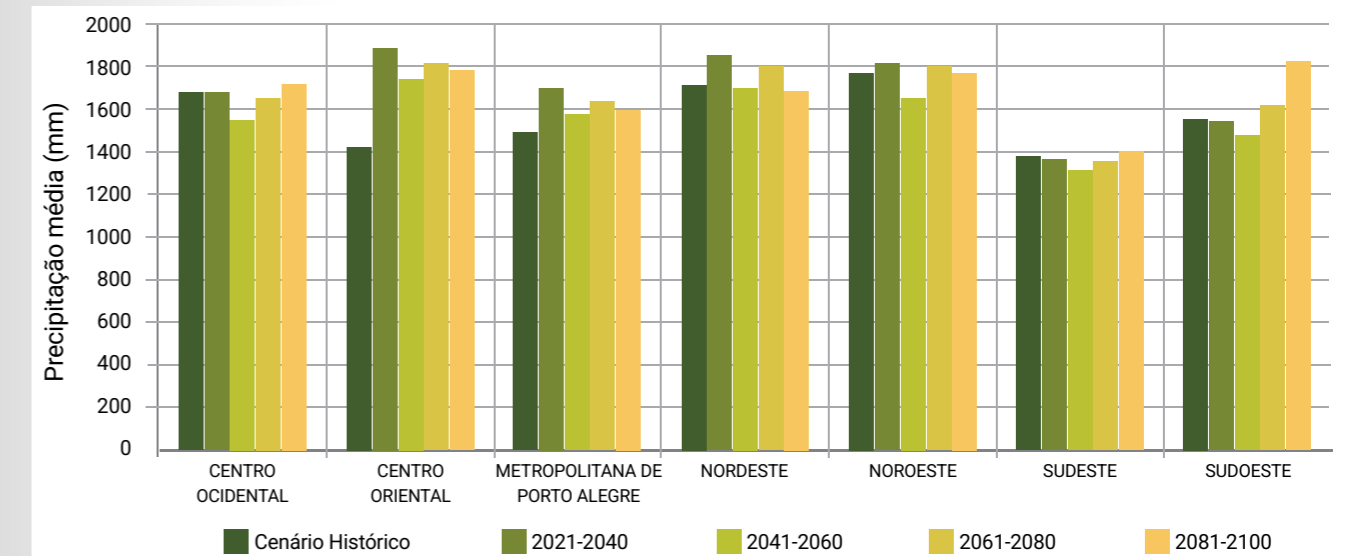
A Metropolitana de Porto Alegre permanece com os menores valores absolutos ao longo de toda a série temporal, embora também projetando um aumento considerável de aproximadamente 8°C. Esta análise evidencia uma homogeneização relativa das condições térmicas em patamares superiores,

onde a principal diferença entre as regiões reside na magnitude absoluta da exposição à ameaça de aquecimento, e não na presença ou ausência desta.

A análise espacial da precipitação sob o cenário SSP5-8.5 revela respostas heterogêneas e desafiadoras para as mesorregiões. No contexto atual (cenário histórico), o Noroeste e o Nordeste se destacam como as regiões com os maiores volumes médios (acima de 1.700 mm), enquanto o Sudeste é a mais crítica, com a menor média (1.381 mm). No cenário de 2081-2100, essa dinâmica se altera significativamente: o Sudoeste projeta o maior aumento absoluto e percentual (17,6%), saltando para 1.833 mm e saindo de uma posição intermediária para se tornar uma das regiões mais chuvosas.

Por outro lado, o Sudeste permanece como a região com a menor precipitação, embora mostre uma ligeira recuperação no longo prazo. A mesorregião Metropolitana de Porto Alegre, que parte de um patamar moderado, projeta uma redução no final do século em relação ao seu pico inicial, indicando uma possível intensificação de estresses hídricos. É crucial enfatizar que, em um cenário de altas emissões, ter menos volume de precipitação não significa menor risco, e sim uma ameaça hidroclimática diferenciada – onde regiões mais secas enfrentam a ameaça da escassez, e regiões mais úmidas, a ameaça de eventos extremos e inundações.

Figura 44: Tendências esperadas de aumento médio da precipitação no Estado do Rio Grande do Sul por mesorregião administrativa em diferentes recortes temporais

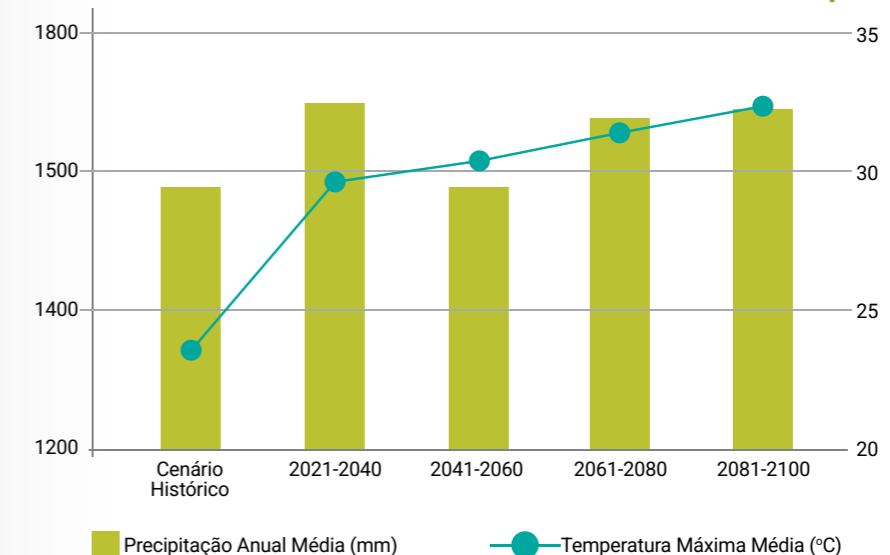


Fonte: Elaboração própria a partir de WorldClim, 2025.

Considerando as projeções do modelo EC-Earth3-Veg sob o cenário SSP5-8.5 – que representa uma trajetória de altas emissões e intenso desenvolvimento baseado em combustíveis fósseis –, o Estado do Rio Grande do Sul enfrenta uma trajetória de aquecimento climático robusta e acentuada. A Temperatura Máxima Média apresenta uma escalada constante, evoluindo de 24°C no cenário histórico para 32°C no período de 2081-2100. Este incremento de 8°C, equivalente a 33,3%, consolida um patamar termal permanentemente elevado, com o salto mais expressivo ocorrendo já no primeiro período analisado (2021-2040).

Em contrapartida, a Precipitação Anual Média exibe um comportamento mais volátil, refletindo a maior complexidade na modelagem de chuvas. Embora a média histórica de 1.577 mm seja superada em quase todos os períodos futuros, com um pico inicial de 1.698 mm (aumento de 7,7%) em 2021-2040, a projeção para 2041-2060 (1.579 mm) praticamente replica a média observada nos dados de referência. Esta flutuação sinaliza uma tendência crítica de maior variabilidade interdecadal, onde a ameaça não se traduz apenas em aumento médio, mas na potencial alternância entre extremos de seca e precipitação intensa.

Figura 45: Tendências esperadas de aumento médio da temperatura máxima do ar e da precipitação anual no Estado do Rio Grande do Sul em diferentes recortes temporais



Fonte: Elaboração própria a partir de WorldClim, 2025.

## Capítulo 06

# CONSIDERAÇÕES FINAIS

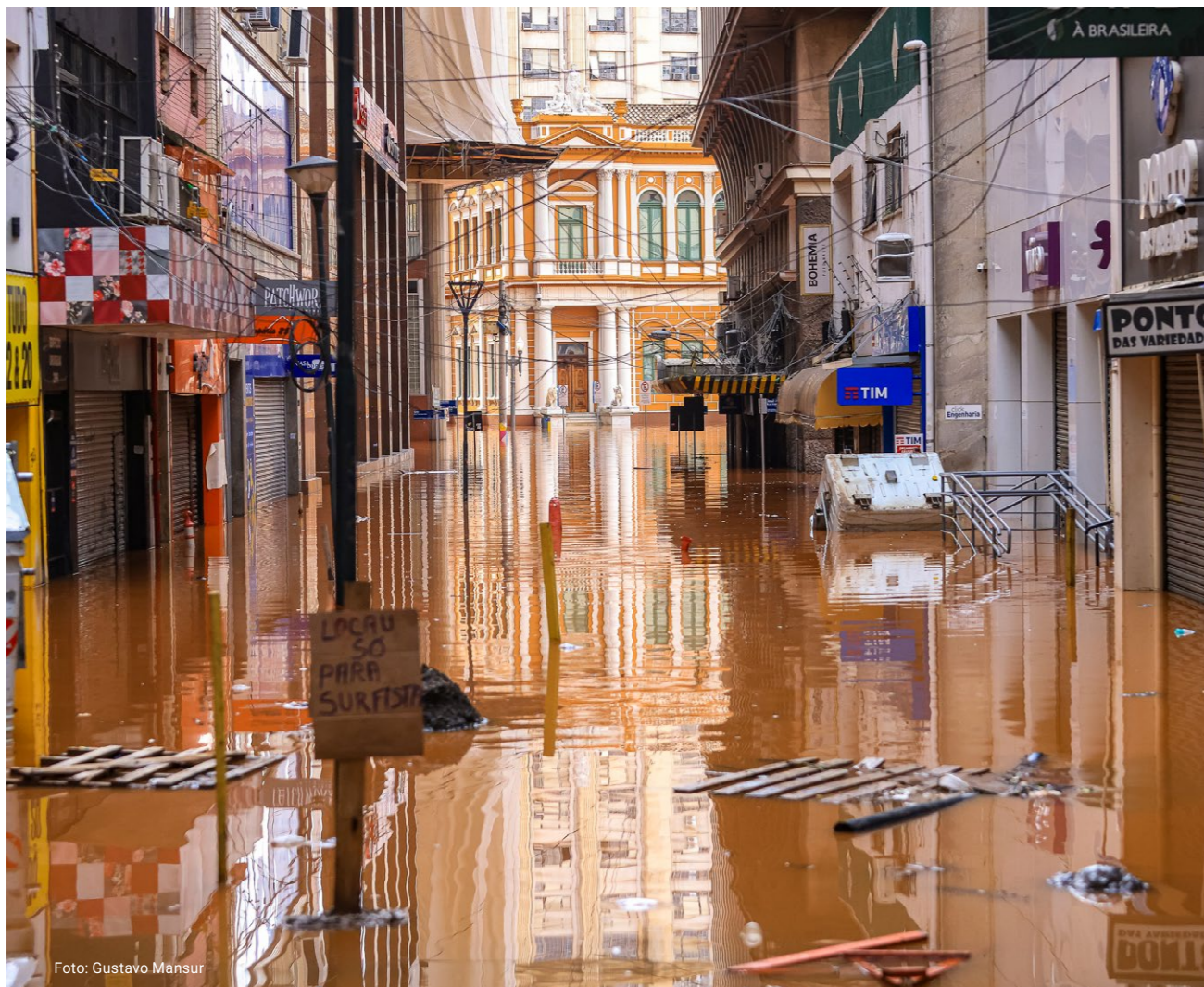


Foto: Gustavo Mansur

Os resultados da Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática (ARVC) do Estado do Rio Grande do Sul revelam um cenário complexo e multifacetado, onde diferentes ameaças se manifestam de forma distinta ao longo do território em função de sua localização. A análise evidencia que o estado enfrenta desafios significativos em múltiplas frentes, desde ameaças de origem hidrológica até extremos térmicos e questões sanitárias, com padrões espaciais claros de concentração regional.

A distribuição dos riscos não é homogênea. O risco de aumento do nível do mar naturalmente

concentra-se em municípios litorâneos como Rio Grande, onde a combinação de fatores físicos, exposição de infraestruturas estratégicas e vulnerabilidade socioeconômica apontam para cenários críticos, onde a interface entre o oceano e o sistema lagunar Patos-Mirim pode amplificar os efeitos da elevação marinha.

Os riscos de inundação apresentam uma distribuição territorial mais ampla, destacando-se nas bacias dos rios dos Sinos e Gravataí e no entorno da Região Metropolitana de Porto Alegre. Nesses territórios, a urbanização densa, a impermeabilização

acelerada do solo e a ocupação histórica de várzeas e áreas naturalmente sujeitas a cheias intensificam a magnitude dos eventos hidrológicos.

Nas regiões serranas e do Centro Ocidental, a topografia acidentada e o aumento da frequência de chuvas extremas ampliam o risco, evidenciando que tanto características naturais quanto processos antrópicos moldam a sensibilidade local. Nesse contexto, os municípios da Região Metropolitana de Porto Alegre – Canoas, Esteio, São Leopoldo, Sapucaia do Sul, Novo Hamburgo e Campo Bom – demandam atenção especial na Bacia do Rio dos Sinos e Bacia do Gravataí, onde a urbanização intensa e impermeabilização do solo potencializam as cheias. No Litoral Norte, os municípios de Tramandaí e Imbé enfrentam desafios particulares com sistemas lacustres e drenagem costeira durante eventos de maré alta combinados com chuvas intensas.

No caso dos deslizamentos, embora estreitamente associados aos mesmos regimes extremos de precipitação, o risco apresenta forte vínculo com o relevo e com a expansão urbana desordenada sobre áreas de encosta. Municípios da Serra Gaúcha, como Caxias do Sul, Bento Gonçalves, Canela, Fontoura Xavier e Erval Grande e Santa Tereza, destacam-se pela combinação entre declividades acentuadas, eventos pluviométricos intensos e ocupações irregulares em áreas suscetíveis, compondo cenários de alta sensibilidade e baixa capacidade adaptativa relativa. A Região Serrana concentra os municípios mais críticos como Caxias do Sul, Bento Gonçalves, Canela, Fontoura Xavier e Erval Grande, onde o relevo acidentado, solos susceptíveis e ocupação urbana em encostas criam condições de risco, situação que se repete em Santa Maria na região central com a expansão urbana sobre áreas de relevo movimentado.

Os extremos térmicos revelam padrões complementares: as ondas de calor atingem com maior severidade regiões urbanizadas e trechos com menor cobertura vegetal, onde o efeito de ilha de calor urbana se soma à vulnerabilidade socioeconômica de populações com limitada capacidade adaptativa – como idosos, crianças e moradores de assentamentos precários. Nos municípios metropolitanos e em cidades médias como Santa Maria, a combinação entre altas temperaturas máximas, densidade populacional e condições habitacionais inadequadas

resulta em risco muito alto. Municípios localizados na fronteira oeste, como Alegrete, São Borja, Itaqui, Uruguaiana e Santana do Livramento, apresentam condições climáticas que potencializam os efeitos do calor extremo, enquanto na Região Metropolitana, os municípios de Canoas, Cachoeirinha, Alvorada, Esteio e Charqueadas sofrem com ilhas de calor urbanas, problema que também atinge municípios serranos como Bento Gonçalves e Caxias do Sul, além de cidades do Noroeste como Três Passos e Crissiumal.

Em contraste, as ondas de frio concentram-se predominantemente em regiões de maior altitude, como a Serra Gaúcha. Entretanto, a vulnerabilidade não se explica apenas pela ocorrência do fenômeno climático: municípios serranos e do norte do estado apresentam baixa capacidade adaptativa para eventos de frio intenso, marcada por habitações com pouco isolamento térmico, escassez de abrigos de emergência, menor presença de equipamentos de saúde e limitações na infraestrutura urbana para mitigação do frio. Assim, embora o padrão espacial esteja associado à altitude, o risco final resulta da interação entre ameaça climática elevada e condições socioeconômicas menos favoráveis. Os municípios de Vacaria, São José dos Ausentes e Cambará do Sul nos Campos de Cima da Serra registram as condições mais severas, com geadas e temperaturas extremamente baixas que impactam significativamente as atividades agrícolas e pecuárias.

Para o risco de arboviroses, a Região Metropolitana apresenta os maiores desafios com Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Porto Alegre, São Leopoldo, Sapucaia do Sul e Viamão, onde a alta densidade populacional e questões de saneamento criam ambiente favorável à proliferação de vetores, situação que também preocupa no Noroeste com municípios como Ijuí, Três Passos e Tenente Portela, onde características climáticas específicas exigem vigilância sanitária permanente.

O Quadro 17 sistematiza os municípios que demandam maior atenção para cada um dos riscos analisados.

**Quadro 17: Síntese de municípios no Rio Grande do Sul classificados com risco muito alto**

RISCO CLIMÁTICO	MUNICÍPIOS COM ÍNDICE DE RISCO MUITO ALTO
<b>Aumento do Nível do Mar</b>	Rio Grande
<b>Inundações</b>	Canoas, Esteio, São Leopoldo, Sapucaia do Sul, Novo Hamburgo, Campo Bom, Tramandaí, Imbé, Maçambará, Dilermando de Aguiar, Pelotas, Porto Alegre, Rio Grande
<b>Deslizamentos</b>	Caxias do Sul, Bento Gonçalves, Canela, Fontoura Xavier, Erval Grande, Santa Maria
<b>Ondas de Calor</b>	Canoas, Cachoeirinha, Alvorada, Esteio, Charqueadas, Bento Gonçalves, Caxias do Sul, Alegrete, São Borja, Itaqui, Uruguaiiana, Santana do Livramento, Três Passos, Crissiumal
<b>Ondas de Frio</b>	Vacaria, São José dos Ausentes, Cambará do Sul
<b>Arboviroses</b>	Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Porto Alegre, São Leopoldo, Sapucaia do Sul, Viamão, Ijuí, Três Passos, Tenente Portela

Fonte: Elaboração própria, 2025.

Os resultados das projeções climáticas para o Estado do Rio Grande do Sul revelam um cenário de transformações significativas nos padrões térmicos e pluviométricos ao longo do século XXI. A análise evidencia que o estado enfrentará pressões climáticas distintas em diferentes regiões, com padrões espaciais claros de distribuição das ameaças. O aumento da temperatura máxima média configura-se como uma ameaça generalizada em todo o território, enquanto as alterações na precipitação apresentam comportamentos regionais mais heterogêneos.

A distribuição espacial dessas ameaças não é homogênea. O aquecimento mais intenso projeta-se sobre as mesorregiões do Sudoeste e Centro Ocidental, que já partem das bases térmicas mais elevadas e tendem a experimentar os maiores valores absolutos de temperatura. Em contrapartida, as alterações no regime de chuvas mostram padrões complexos, com tendência de aumento mais consistente no Sudoeste e Centro Oriental, enquanto o Sudeste permanece como a região com os menores volumes projetados. A Região Metropolitana de Porto Alegre, embora apresentando as temperaturas mais baixas em termos absolutos, não estará imune ao padrão geral de aquecimento, projetando aumentos térmicos da mesma magnitude que outras regiões.

A análise revela uma tendência clara de intensificação da ameaça climática sobre regiões que já se configuram como hotspots de risco atuais. Municípios como Uruguaiiana, São Borja, Itaqui e Barra do Quaraí, já identificados com risco muito alto para ondas de calor, projetam-se como os pólos de maior aumento da temperatura máxima ao longo do século. Da mesma forma, Cambará do Sul – hoje crítico para ondas de frio – e municípios do Centro Oriental como Venâncio Aires e Santa Clara do Sul, situados em área sensível a desastres hidrológicos, emergem como focos de precipitação extrema nas projeções de curto e médio prazos.

Esta sobreposição espacial indica que as condições climáticas futuras tendem a acentuar as pressões já existentes. O aumento consistente da temperatura sobre municípios já sujeitos a ondas de calor pode ampliar a frequência e a intensidade desses eventos. De modo análogo, a projeção de chuvas mais intensas sobre áreas com histórico de inundações e deslizamentos sugere uma potencial maior ocorrência desses fenômenos. Dessa forma, a trajetória projetada aponta para a consolidação e o agravamento dos padrões de risco já observados, em que o aumento da ameaça física atua diretamente

sobre áreas já pressionadas, demandando atenção prioritária para esses territórios.

Estas conclusões, embora baseadas em projeções de ameaças climáticas e não em avaliações de risco integrado, fornecem subsídios importantes para priorizar políticas e intervenções públicas setoriais. A persistência das tendências identificadas sob o

cenário SSP5-8.5 sugere a necessidade de aprofundar estudos em escala municipal que permitam detalhar os eventuais impactos territoriais decorrentes dessas ameaças, orientando assim as políticas públicas locais para promover a adaptação e aumentar a resiliência das populações e sistemas produtivos frente às mudanças climáticas em curso.



Foto: Governo do Estado do Rio Grande do Sul

## REFERÊNCIAS

ACTION AID. **Mulheres, mudanças climáticas e pobreza**. Out. 2019. Disponível em: <https://actionaid.org.br/noticia/mulheres-mudancas-climaticas-pobreza/>. Acesso em: 07 out. 2024.

AGÊNCIA BRASIL. **RS: organismos internacionais calculam danos de R\$ 88,9 bi com chuvas**. Agência Brasil, 28 nov. 2024. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2024-11/rs-organismos-internacionais-calculam-danos-de-r-889-bi-com-chuvas>. Acesso em: 25 abr. 2025.

ASSUNÇÃO, Viviane Kraieski de. **Enchente de 1974 como drama social: relações entre percepção de risco, conflito e gentrificação**. Ambiente & Sociedade, São Paulo, v. 17, n. 4, p. 209-228, dez. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC1109v1742014>.

BANCO MUNDIAL; BID; CEPAL. **Relatório conjunto sobre os impactos das enchentes no Rio Grande do Sul**. Brasília: Banco Mundial, 2024. Disponível em: <https://www.worldbank.org/pt/news/press-release/2024/11/28/relatorio-banco-mundial-bid-cepal-impacto-enchentes-pib-rio-grande-sul>. Acesso em: 25 abr. 2025.

BENATTI, J. H.. Várzea e as populações tradicionais: a tentativa de implementar políticas públicas em uma região ecologicamente instável. In: ALVES, F. (Org.). **A função socioambiental do patrimônio da União na Amazônia**. Brasília: IPEA, 2016. p. 17-29.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Diretrizes Nacionais para Prevenção e Controle das Arboviroses Urbanas: Vigilância Entomológica e Controle Vetorial**. Brasília: Ministério da Saúde, 2025b. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/dengue/diretrizes-nacionais-para-prevencao-e-controle-das-arboviroses-urbanas-vigilancia-entomologica-e-controle-vetorial.pdf>. Acesso em: 6 nov. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Rio Grande do Sul registra queda de 81,8% nos casos de dengue nos 2 primeiros meses de 2025**. Brasília, 2025a. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias-para-os-estados/rio-grande-do-sul/2025/marco/rio-grande-do-sul-registra-queda-de-81-8-nos-casos-de-dengue-nos-2-primeiros-meses-de-2025>. Acesso em: 5 nov. 2025.

BUCHALA, I.. **Infraestrutura verde como instrumento estratégico para adaptação e aumento da resiliência urbana: estudo de caso em Belo Horizonte, MG**. 2022. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável) – Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

CALAZANS, Daphne Becker. **Mapeamento e quantificação de risco de inundação no município de Maquiné, RS**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – UFRGS, Porto Alegre, 2024. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/272895>. Acesso em: 04 dez. 2025.

COLLISCHONN, W. et al. **The exceptional hydrological disaster of April-May 2024 in southern Brazil**. RBRH, v. 30, 2025.

CRUZ, Rafael Cabral; POLETTO, Igor; COPETTI, André Carlos Cruz; MORAES, Beatriz Stoll; BENETTI, Luciana Borba; SANTOS, Wellington Bittencourt dos. Estratégias para mitigação das mudanças climáticas no bioma Pampa. In: FERRER, João Carlos Camargo; DANERIS, Marcelo Tuerlinckx; MARQUES, Pedro Romero (org.). **RS: resiliência & sustentabilidade: reflexões para reconstrução do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Libretos, 2025. p. 205-234.

DELGADO, R.; CARVALHO, M.; GÓMEZ, L.. **Participatory mapping and social cartography: addressing risks and promoting territorial justice**. Geographies of Risk Journal, v. 12, n. 2, p. 134-150, 2023.

DIAS, C. G.; REBOITA, M. S.. **Assessment of CMIP6 Simulations over Tropical South America**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 14, n. 3, p. 1282-1295, 2021.

FAN, Fernando Mainardi; COLLISCHONN, Walter; PAIVA, Rodrigo Cauduro Dias de; RUHOFF, Anderson Luis. **A cheia de 2024 no Rio Grande do Sul**. In: FERRER, João Carlos Camargo; DANERIS, Marcelo Tuerlinckx; MARQUES,

Pedro Romero (org.). **RS: resiliência & sustentabilidade: reflexões para reconstrução do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Libretos, 2025. p. 46-63.

FERRER, João; DANÉRIS, Marcelo; MARQUES, Pedro Romero (Org.). **Resiliência & Sustentabilidade: reflexões para a reconstrução do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Libretos, 2025.

GASPARRINI, A. et al. **Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study**. The Lancet, v. 386, n. 9991, p. 369-375, jul. 2015. DOI: 10.1016/S0140-6736(14)62114-0.

GÊNERO E CLIMA; OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Por que gênero e clima?** 2021. Disponível em: <https://generoeclima.oc.eco.br/infografico-porque-genero-e-clima/>. Acesso em: 24 abr. 2025.

GÊNERO E CLIMA; OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Quem precisa de justiça climática no Brasil?** 2022. Disponível em: [https://www.oc.eco.br/wp-content/uploads/2022/08/Quem\\_precisa\\_de\\_justica\\_climatica-DIGITAL.pdf](https://www.oc.eco.br/wp-content/uploads/2022/08/Quem_precisa_de_justica_climatica-DIGITAL.pdf). Acesso em: 24 abr. 2025.

GIZ – DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT. **Risk Supplement to the Vulnerability Sourcebook: guidance on how to apply the Vulnerability Sourcebook's approach with the new IPCC AR5 concept of climate risk**. Bonn: GIZ, 2017.

GIZ – DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT. **The Vulnerability Sourcebook: concept and guidelines for standardised vulnerability assessments**. Bonn: GIZ, 2014.

GOVERNO DO RIO GRANDE DO SUL. **Boletins sobre o impacto das chuvas no RS. 2024**. Disponível em: <https://www.estado.rs.gov.br/boletins-sobre-o-impacto-das-chuvas-no-rs>. Acesso em: 02 jun. 2026.

GOVERNO DO RIO GRANDE DO SUL. **Governo do RS decreta situação de emergência devido à dengue**. Porto Alegre, 2024. Disponível em: <https://saude.rs.gov.br/governo-do-rs-decreta-situacao-de-emergencia-devido-a-dengue>. Acesso em: 25 abr. 2025.

GOVERNO DO RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão. Departamento de Planejamento Governamental. **Desastres naturais no Rio Grande do Sul: estudo sobre as ocorrências no período 2003-2021**. Porto Alegre: SPGG, 2022.

GOVERNO DO RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Saúde. **Plano Estadual de Saúde: 2024-2027**. Porto Alegre: ESP/SES, 2023.

HALLEGATTE, S.; GREEN, C.; NICHOLLS, R. J.; CORFEE-MORLOT, J.. **Future flood losses in major coastal cities**. Nature Climate Change, v. 3, p. 802-806, 2013. DOI: 10.1038/nclimate1979.

HARRIS, I.; OSBORN, T. J.; JONES, P. D.; LISTER, D. H.. **Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset**. Scientific Data, v. 7, n. 109, 2020. DOI: 10.1038/s41597-020-0453-3.

HILGENFELD, R.; VASUDEVAN, S. G. (ed.). **Dengue and Zika: control and antiviral treatment strategies**. Singapore: Springer Nature, 2018. (Advances in Experimental Medicine and Biology, v. 1062).

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2022: população e domicílios – primeiros resultados**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022a.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Biomass e Sistema Costeiro-Marinho do Brasil – 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022c. Disponível em: [https://www.ibge.gov.br/apps/biomass/pdf/Lim08\\_BiomSist.pdf](https://www.ibge.gov.br/apps/biomass/pdf/Lim08_BiomSist.pdf). Acesso em: 7 nov. 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Divisão regional do Brasil em mesorregiões e microrregiões geográficas – 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022b. Disponível em: [https://www.ibge.gov.br/apps/quadrogeografico/pdf/2022\\_170\\_180\\_mesomicro.pdf](https://www.ibge.gov.br/apps/quadrogeografico/pdf/2022_170_180_mesomicro.pdf). Acesso em: 7 nov. 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Coordenação de População e Indicadores Sociais. **Síntese de indicadores sociais: uma análise das condições de vida da população brasileira: 2019. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.** (Estudos e Pesquisas. Informação demográfica e socioeconômica, n. 40).

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Coordenação Técnica do Censo Demográfico. **Tábua completa de mortalidade para o Brasil – 2018: breve análise da evolução da mortalidade no Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3097/tcmb\\_2018.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3097/tcmb_2018.pdf). Acesso em: 02 jun. 2026.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Alert-AS: Sistema de Alertas.** Brasília, 2024. Disponível em: <https://alertas2.inmet.gov.br/>. Acesso em: 25 abr. 2025.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2007: Synthesis Report.** Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Pachauri, R. K.; Reisinger, A. (ed.). Geneva: IPCC, 2008.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2014: Synthesis Report.** Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Pachauri, R. K.; Meyer, L. A. (ed.). Geneva: IPCC, 2015.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Annex VII: Glossary.** Geneva: IPCC, 2021. Disponível em: [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_AnnexVII.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_AnnexVII.pdf). Acesso em: 18 dez. 2025.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Annex II: Glossary.** Geneva: IPCC, 2022. Disponível em: [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGII\\_Annex-II.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_Annex-II.pdf). Acesso em: 18 dez. 2025.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Summary for Policymakers. In: **Climate Change 2023: Synthesis Report.** Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Lee, H.; Romero, J. (ed.). Geneva: IPCC, 2023.

IVS-MDS. **Atlas da Vulnerabilidade Social nos Municípios Brasileiros** (dados referentes ao Censo 2010). COSTA, Marco Aurélio; MARGUTI, Bárbara Oliveira (org.). Brasília: IPEA, 2015. ISBN: 978-85-7811-255-4. Disponível em: <http://ivs.ipea.gov.br>. Acesso em: 02 jun. 2026.

KOPP, Robert. **Probabilistic 21st and 22nd Century Sea-level Projections at a Global Network of Tide-gauge Sites.** 2014.

LEMOS, L. O.; OSCAR JÚNIOR, A. C.; MENDONÇA, F. A.. **Urban climate maps as a public health tool for urban planning: the case of dengue fever in Rio de Janeiro/Brazil.** Urban Climate, v. 35, 2021.

MANIERO, V. C.; FARES, R. D.; LAMAS, C. C.; CARDOZO, S. V.. Epidemiological surveillance of main vector borne arboviral diseases in Brazil: a brief review. **Brazilian Journal of Veterinary Medicine**, v. 43, n. 1, 2021.

MAPBIOMAS. **Coleção 8 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil.** 2023. Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 02 jun. 2026.

MARGULIS, S.. **Guia de Adaptação às Mudanças do Clima para Entes Federativos: estudo completo.** Brasília: WWF, 2017.

MELLO, T.. **Planejamento orientado ao clima: uma abordagem multiescalar.** 2021. Monografia (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M.. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil.** São Paulo: Oficina de Texto, 2017.

MIDR – MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL; UFSC – CENTRO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ENGENHARIA E DEFESA CIVIL. **Atlas Digital de Desastres no Brasil.** Brasília: MIDR, [2024]. Disponível em: <https://atlasdigital.mdr.gov.br/paginas/downloads.xhtml>. Acesso em: 24 abr. 2025.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA. **Cadastro Nacional de Unidades de Conservação.** Painel de UC Brasileiras. 2025. Disponível em: <https://cnuc.mma.gov.br/powerbi>. Acesso em: 02 jun. 2026.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA. Secretaria da Biodiversidade. **Método de análise participativa de risco à mudança do clima.** Brasília: MMA, 2018.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA. **Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima. Volume II: Estratégias setoriais e temáticas.** Portaria MMA n.º 150, de 10 de maio de 2016. Brasília: MMA, 2016.

MUPRS – MAPA ÚNICO DO PLANO RIO GRANDE. Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão. Porto Alegre: SPGG/DEE, 2024. Disponível em: <https://mup.rs.gov.br/>. Acesso em: 15 ago. 2024.

PERKINS-KIRKPATRICK, S. E.; LEWIS, S. C.. **Increasing trends in regional heatwaves.** Nature Communications, v. 11, n. 3357, 2020. DOI: 10.1038/s41467-020-16970-7.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura. **Atlas Hidroenergético do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: SEMA/RS, 2024. Disponível em: <https://iede.rs.gov.br/portal/apps/storymaps/stories/b50a71e3d1004fa2be613def208058e9?header=false>. Acesso em: 7 nov. 2025.

ROCHA, P. C.; SANTOS, A. A.. Análise hidrológica em bacias hidrográficas. Mercator, Fortaleza, v. 17, 2018.

SEAPI/RS – SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUÁRIA, PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL E IRRIGAÇÃO. 2022. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202204/04103720-relatorio-estiagem-01.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2025.

SEMA/RS – SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Unidades de Conservação.** Sistema Estadual de Unidades de Conservação (SEUC). 2022. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/unidades-de-conservacao-2016-10>. Publicado em: 08 jul. 2022. Acesso em: 02 jun. 2026.

SEGIRD/RS – SISTEMA ESTADUAL DE GESTÃO INTEGRADA DE RISCO E DESASTRES. 2025. Disponível em: <https://grd.defesacivil.rs.gov.br/portal/apps/Cascade/index.html?appid=470cbdbaead74ed6844fe764dd7fb24c>. Acesso em: 28 mai. 2026.

SES/RS – SECRETARIA ESTADUAL DA SAÚDE DO RIO GRANDE DO SUL. **Plano de Contingência para Arboviroses 2024-2025.** Porto Alegre, 2025a. Disponível em: <https://saude.rs.gov.br/upload/arquivos/202502/12113524-plano-de-contingencia-dengue-2024-2025-versao2-10-02.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2025.



GOVERNO DO ESTADO  
**RIO GRANDE DO SUL**  
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE  
E INFRAESTRUTURA