



GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL  
Governador Eduardo Leite

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO, GOVERNANÇA E GESTÃO  
Secretária Danielle Calazans

SUBSECRETARIA DE PLANEJAMENTO  
Secretária Carolina Mór Scarparo

DEPARTAMENTO DE PLANEJAMENTO GOVERNAMENTAL  
Diretora Luciana Dal Forno Gianluppi

DIVISÃO DE GEOGRAFIA E CARTOGRAFIA  
Chefe de Divisão Dionisio Saccol Sangoi

#### **Comissão Editorial**

Luciana Dal Forno Gianluppi - SPGG/RS  
Dionisio Saccol Sangoi - SPGG/RS  
Fernando Dreissig de Moraes - SPGG/RS

#### **Conselho Editorial**

Aldomar Arnaldo Rückert - UFRGS  
Antonio David Cattani - UFRGS  
Antonio Paulo Cargnin - GVG/RS  
Christine Silva Schroeder - UFCSPA  
Dakir Larara Machado da Silva -UFRGS  
Iván G. Peyré Tartaruga - U.Porto, Portugal  
Jacqueline Angélica Hernández Haffner - UFRGS  
Lucas Manassi Panitz - UFRGS

Meri Lourdes Bezzi - UFSM  
Pedro Silveira Bandeira - UFRGS  
Roberto Verdum - UFRGS  
Rozalia Brandão Torres - UCS  
Sérgio Luís Allebrandt - UNIJUÍ  
Silvina Cecilia Carrizo - UNICEN, Argentina  
Virginia Elisabeta Etges - UNISC

#### **Comitê Científico**

Adriana Dorfman- UFRGS  
Adriano Luís Heck Simon - UFPEL  
Alberto Marcos Nogueira - SPGG/RS  
Alejandro Fabián Schweitzer - UNPA, Argentina  
Alex Marighetti - UNESP  
Ana Maria de Aveline Bertê- SPGG/RS  
Anelise Graciele Rambo - UFRGS  
Bárbara Maria Giacomoni Ribeiro - UFSM  
Bruno de Oliveira Lemos – SPGG/RS  
Camila Bertoletti Carpenedo - UFPR  
Camila Xavier Nunes - UFBA  
Carla Giane Soares da Cunha- SPGG/RS  
Carlos Felipe Christmann Stoll - SPGG/RS  
Carmen Juçara da Silva Nunes - SPGG/RS  
Carmen Rejane Flores Wizniewsky - UFSM  
César Augusto Ferrari Martínez - UFPEL  
Cesar De David - UFSM  
Claudio Marcus Schmitz - Min. da Economia, Brasil  
Clódis de Oliveira Andrades Filho - UFRGS  
Daniel Mallmann Vallerius - UFT  
Débora Pinto Martins - UFPEL  
Dionisio Saccol Sangoi - SPGG/RS  
Eduardo Schiavone Cardoso - UFSM  
Ely José de Mattos - PUCRS  
Erika Collischonn - UFPEL  
Evelin Cunha Biondo - Col. Aplicação- UFRGS  
Éverton de Moraes Kozenieski - UFFS  
Fabio Correa Alves – INPE  
Felipe Nievinski - UFRGS  
Fernando Comerlatto Scottá - SEMA/RS  
Gabriela Coelho-de-Souza - UFRGS  
Gabielli Teresa Gadens Marcon - UERGS  
Giovana Mendes Oliveira - UFPEL  
Heleniza Ávila Campos – UFRGS  
Herbert Klarmann - SPGG/RS

Isabel Cristiane Rekowsky - SPGG/RS  
João Luiz Nicolodi - FURG  
Juçara Spinelli - UFFS  
Juliana Cristina Franz - UFSM  
Juliana Feliciati Hoffmann - SPGG/RS  
Katia Kellem da Rosa - UFRGS  
Lauren Lewis Xerxenevsky - SPGG/RS  
Laurindo Antonio Guasselli- UFRGS  
Lilian Maria Waquil Ferraro - FEPAM/RS  
Luciana Dal Forno Gianluppi- SPGG/RS  
Luciane Rodrigues de Bitencourt - UPF  
Lucimar de Fátima Santos Vieira - UFRGS  
Luis Eduardo de Souza Robaina - UFSM  
Luiz Felipe Velho - IFRS  
Mariana Lisboa Pessoa - SPGG/RS  
Marilene Dias Bandeira - SPGG/RS  
Marlise Amália Reinehr Dal Forno - UFRGS  
Maurício Meurer – UFPEL  
Mery Stefani Leivas Pereira - SPGG/RS  
Moisés Ortemar Rehbein - UFPEL  
Nathaly Xavier Schutz - UNIPAMPA  
Nina Simone Vilaverde Moura - UFRGS  
Pedro Tonon Zuanazzi - SPGG/RS  
Rafael Lacerda Martins - ULBRA  
Rafael Zilio Fernandes - UFOPA  
Rejane Maria Alievi, UNISC  
Rosanne Lipp João Heidrich- SPGG/RS  
Siclério Ahlert - UFPEL  
Sidnei Luís Bohn Gass - UNIPAMPA  
Tanise Dias Freitas - UFRGS  
Tarson Núñez - SEDAC/RS  
Theo Soares de Lima - UFRGS  
Tiaraju Salini Duarte - UFPEL  
Viviana Aguilar Muñoz - INPE



Publicação da Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão do Rio Grande do Sul (SPGG/RS)

ISSN 2446-7251

Hospedada no Portal de Revistas da SPGG: [revistas.planejamento.rs.gov.br](http://revistas.planejamento.rs.gov.br)

Av. Borges de Medeiros, 1501/20º andar, Bairro Praia de Belas

Porto Alegre – RS

CEP: 90119-900

Telefone: +55 51 32881490

E-mail: [boletim-geografico@planejamento.rs.gov.br](mailto:boletim-geografico@planejamento.rs.gov.br)

[facebook.com/BoletimGeograficoRS](https://facebook.com/BoletimGeograficoRS)

**Indexadores e bases bibliográficas:**

BASE, Diadorim, Directory of Open Access Journals, Google Scholar, Latindex, LivRe, Miguilim, Oasisbr, Open Academic Journals Index, REDIB, Sumários

**Qualis Periódicos:**

A3 (2017-2020)

\* Os dados, ideias, opiniões e conceitos emitidos nos trabalhos publicados, bem como a exatidão das referências, são de inteira responsabilidade do(s) autor(es), não expressando necessariamente a opinião da SPGG/RS.

**Arte da capa elaborada por Laurie Cunha a partir de fotografia disponível para uso livre, sob licença Creative Commons, no seguinte endereço: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Centro\\_Passo\\_Fundo.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Centro_Passo_Fundo.jpg)**

## ÍNDICE

|                |     |
|----------------|-----|
| EDITORIAL..... | p.5 |
|----------------|-----|

### ARTIGOS

|   |     |
|---|-----|
| PAISAGEM E SENSIBILIDADE ECOLÓGICA NA REGIÃO HIDROGRÁFICA DA BACIA DO GUAÍBA/RS: UMA ANÁLISE DAS DINÂMICAS PRESENTES NAS BACIAS DO ALTO JACUÍ, BAIXO JACUÍ, PARDO E VACACAÍ-VACACAÍ MIRIM - <i>Martiele Wilhelm, Raquel Weiss</i> ..... | p.8 |
|---|-----|

|   |       |
|---|-------|
| AS CONCENTRAÇÕES DE OZÔNIO E A PREVALÊNCIA DA COVID-19 NO RIO GRANDE DO SUL DURANTE AS MEDIDAS RESTRITIVAS - <i>Carina Sinnott Duarte, Ruan Bernardy, Diuliana Leandro, Maurizio Silveira Quadro, Suelen Cristina Movio Huinca, Cicero Coelho de Escobar, Flávio Manoel Rodrigues da Silva Júnior</i> ..... | p. 38 |
|---|-------|

|  |       |
|--|-------|
| EXPANSÃO URBANA E FLEXIBILIZAÇÃO: O CASO DE SANTA MARIA/RS E PASSO FUNDO/RS - <i>Gabriela De Freitas, Bruno Gallina, Livia Teresinha Salomão Piccinini</i> ..... | p. 60 |
|--|-------|

|  |       |
|--|-------|
| PSICOGEOGRAFIA EM PELOTAS (RS): AMBIÊNCIAS DA ÁREA CENTRAL - <i>Theo Soares de Lima, Mária Bruna Pereira Ribeiro</i> ..... | p. 85 |
|--|-------|

|  |        |
|--|--------|
| A PRESENÇA DA NATUREZA NAS DECLARATÓRIAS PATRIMONIAIS DA ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL - <i>Monica Marlise Wiggers</i> ..... | p. 108 |
|--|--------|

|   |        |
|---|--------|
| SITUAÇÃO DE CORPOS HÍDRICOS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO GRANDE DO SUL SOB A PERSPECTIVA DO ÍNDICE DE CONFORMIDADE AO ENQUADRAMENTO (ICE) NOS PERÍODOS 2017-2019 E 2020-2022 - <i>Sumirê da Silva Hinata, Aline Duarte Kaliski, Fernando Comerlato Scottá, Raíza Cristóvão Schuster, Tomás Xavier Cavedon</i> ..... | p. 133 |
|---|--------|

|  |        |
|--|--------|
| EFEITOS ECONÔMICOS DA UTILIZAÇÃO DA ENERGIA SOLAR NO RIO GRANDE DO SUL NA DÉCADA DE 2010: UMA ANÁLISE VIA MATRIZ INSUMO-PRODUTO INTER-REGIONAL - <i>Rodrigo da Rocha Gonçalves, Felipe Gerhard Ledur, William Barros Miranda, Victória Beatriz Lessa Rosolem</i> ..... | p. 157 |
|--|--------|



## EDITORIAL

Fechando o ano de 2024, a 44ª edição do Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul é composta por sete artigos, que são apresentados a seguir:

O primeiro trabalho, denominado **Paisagem e sensibilidade ecológica na Região Hidrográfica da Bacia do Guaíba/RS: uma análise das dinâmicas presentes nas bacias do Alto Jacuí, Baixo Jacuí, Pardo e Vacacaí-Vacacaí Mirim**, tem a autoria de Martiele Wilhelm e Raquel Weiss. O estudo revelou uma redução de 19,4% na cobertura natural e 33,39% nas áreas de sensibilidade ecológica entre 1985 e 2022, principalmente devido à expansão agrícola e à urbanização. Os resultados destacam a necessidade de políticas de conservação e restauração para preservar a biodiversidade e garantir a resiliência ambiental das bacias hidrográficas.

Carina Sinnott Duarte, Ruan Bernardy, Diuliana Leandro, Maurizio Silveira Quadro, Suelen Cristina Movio Huinca, Cicero Coelho de Escobar e Flávio Manoel Rodrigues da Silva Júnior apresentam o trabalho **As concentrações de ozônio e a prevalência da COVID-19 no Rio Grande do Sul durante as medidas restritivas**. No artigo, os autores realizaram a análise, com base em dados do ano de 2020, dos municípios de Caxias do Sul e Porto Alegre. Embora tenha sido observada uma variação semelhante nos casos e hospitalizações por COVID-19 e nas concentrações de ozônio, não foi encontrada uma relação direta entre as variáveis, sugerindo a necessidade de estudos mais detalhados.

Em **Expansão urbana e flexibilização: o caso de Santa Maria/RS e Passo Fundo/RS**, Gabriela De Freitas, Bruno Gallina e Livia Teresinha Salomão Piccinini analisam como a legislação urbanística permite a expansão urbana nestes dois municípios, focando na flexibilização de índices e regramentos. A pesquisa revelou que ambas as cidades utilizaram mecanismos diferentes, como alterações nos índices urbanísticos em Passo Fundo e mudanças na lei de parcelamento do solo em Santa Maria, resultando em espaços urbanos fragmentados nessas duas cidades médias.

No artigo **Psicogeografia em Pelotas (RS): ambiências da área central** Theo Soares de Lima e Mária Bruna Pereira Ribeiro aplicam a metodologia de pesquisa psicogeográfica ao bairro Centro Histórico. A pesquisa combina dados institucionais, como o Plano Diretor, com observações de campo e representações espaciais, como o corema, para entender a dinâmica da localidade. Os autores buscam integrar planejamento e crítica para uma compreensão mais profunda do espaço urbano.

Monica Marlise Wiggers, em seu artigo **A presença da natureza nas declaratórias patrimoniais da Assembleia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul**, analisou 15 leis promulgadas entre 2002 e 2012 que tratam das Declaratórias de Patrimônio Cultural do Rio Grande do Sul, focando naquelas que protegem bens naturais, que visam preservação, proteção e valorização. Os valores que aparecem em maior número são histórico, cultural, ambiental, pedagógico e identitário. A distribuição espacial dessas leis é desigual pelo território estadual, e a autora destaca a importância de reflexão sobre a valoração de bens naturais como Patrimônio Cultural.

Sumirê da Silva Hinata, Aline Duarte Kaliski, Fernando Comerlato Scottá, Raíza Cristóvão Schuster e Tomás Xavier Cavedon são os autores de **Situação de corpos hídricos em bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul sob a perspectiva do índice de conformidade ao enquadramento (ICE) nos períodos 2017-2019 e 2020-2022**. Este estudo avaliou a qualidade da água em 24 bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul, analisando 211 pontos de monitoramento no período mencionado. Os resultados mostraram que parâmetros como E. coli, fósforo e oxigênio dissolvido influenciaram significativamente a qualidade. O estudo fornece uma ferramenta útil para planejamento e tomada de decisões estratégicas para a sustentabilidade e preservação dos recursos hídricos.

Por fim, no artigo **Efeitos econômicos da utilização da energia solar no Rio Grande do Sul na década de 2010: uma análise via matriz insumo-produto inter-regional**, os pesquisadores Rodrigo da Rocha Gonçalves, Felipe Gerhard Ledur, William Barros Miranda e Victória Beatriz Lessa Rosolem, simularam dois cenários (realista e otimista) e encontraram seus impactos na economia gaúcha. Os resultados mostraram que os investimentos em energia solar podem gerar produção e valor adicionado de aproximadamente R\$ 1,55 bilhão (cenário realista) e R\$ 3,49 bilhão (cenário otimista). Além disso, as áreas com maior encadeamento para trás com o setor de energia elétrica são os mais impactados pelas aplicações neste segmento.

Desejamos uma boa leitura!

**Comissão Editorial do Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**

# ARTIGOS

# **PAISAGEM E SENSIBILIDADE ECOLÓGICA NA REGIÃO HIDROGRÁFICA DA BACIA DO GUAÍBA/RS: UMA ANÁLISE DAS DINÂMICAS PRESENTES NAS BACIAS DO ALTO JACUÍ, BAIXO JACUÍ, PARDO E VACACAÍ-VACACAÍ MIRIM**

**Martiele Wilhelm**

Mestranda do PPGAUP da UFSM

Arquiteta e Urbanista – UFSM-CS

E-mail: wilhelm.martiele@acad.ufsm.br

**Raquel Weiss**

Arquiteta e Urbanista – UFSM

Docente em Arquitetura e Urbanismo – UFRGS e Docente do PPGAUP – UFSM

E-mail: raquel.weiss@ufsm.br

## **RESUMO**

O presente estudo examina os impactos das dinâmicas naturais e antrópicas nas paisagens das bacias hidrográficas do Alto Jacuí, Baixo Jacuí, Pardo e Vacacaí-Vacacaí Mirim, na Região Hidrográfica do Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. Essas áreas têm sofrido modificações expressivas em sua estrutura e função devido às intensas interações com atividades humanas ao longo do tempo. O objetivo principal foi analisar as transformações espaço-temporais das paisagens naturais e antrópicas, além de identificar áreas de sensibilidade ecológica, empregando métricas de paisagem e análise hierárquica (AHP) como base para ações de planejamento e conservação territorial. A metodologia considerou o período de 1985 a 2022, utilizando métricas de área, área núcleo e forma das manchas para avaliar alterações na conectividade e fragmentação ecológica. Os resultados indicam uma redução de 19,4% na cobertura natural e 33,39% nas áreas de sensibilidade ecológica, associadas principalmente à expansão agrícola e urbanização. Áreas com sensibilidade, em 2022, concentram-se em regiões de declividade, enquanto zonas planas são dominadas por usos antrópicos. O estudo destaca a necessidade urgente de políticas de conservação, criação de corredores ecológicos e restauração de áreas degradadas, visando mitigar os impactos humanos, preservar a biodiversidade e garantir a resiliência ambiental das bacias hidrográficas.

8

**PALAVRAS-CHAVES:** Paisagem; Sensibilidade Ecológica; Bacias Hidrográficas; Transformações Espaço-Temporais; Análise Hierárquica.

## **LANDSCAPE AND ECOLOGICAL SENSITIVITY IN THE HYDROGRAPHIC REGION OF THE GUAÍBA BASIN/RS: AN ANALYSIS OF THE DYNAMICS IN THE ALTO JACUÍ, BAIXO JACUÍ, PARDO, AND VACACAÍ-VACACAÍ MIRIM BASINS**

## **ABSTRACT**

The present study examines the impacts of natural and anthropogenic dynamics on the landscapes of the Alto Jacuí, Baixo Jacuí, Pardo, and Vacacaí-Vacacaí Mirim hydrographic basins, located in the Guaíba Hydrographic Region, Rio Grande do Sul, Brazil. These areas have undergone significant modifications in their structure and function due to intense interactions with human activities over time. The main objective was to analyze the spatiotemporal transformations of natural and anthropogenic landscapes and identify areas of ecological sensitivity, using landscape metrics and hierarchical analysis (AHP) as a basis for territorial planning and conservation actions. The methodology covered the period from 1985 to 2022, applying metrics of area, core area, and patch

shape to assess changes in connectivity and ecological fragmentation. Results indicate a 19.4% reduction in natural cover and a 33.39% decrease in ecological sensitivity areas, primarily associated with agricultural expansion and urbanization. In 2022, sensitive areas were concentrated in sloped regions, while flat areas were dominated by anthropogenic uses. The study underscores the urgent need for conservation policies, the creation of ecological corridors, and the restoration of degraded areas to mitigate human impacts, preserve biodiversity, and ensure the environmental resilience of the hydrographic basins.

**KEYWORDS:** Landscape; Ecological Sensitivity; Watersheds; Space-Time Transformations; Hierarchical Analysis.

## INTRODUÇÃO

A abordagem do planejamento da paisagem, especialmente quando vinculada à ecologia da paisagem e ao planejamento de bacias hidrográficas, abarca a integração de elementos naturais e humanos em uma área geográfica específica. A paisagem é concebida como um sistema dinâmico no qual os processos ecológicos, a distribuição de habitats, a topografia e as atividades antrópicas estão intrinsecamente interligadas (Forman; Godron, 1986). O planejamento da paisagem busca gerenciar essas interações de forma sustentável, promovendo a conservação da biodiversidade, a qualidade ambiental e o bem-estar humano (Wu, 2008).

A bacia hidrográfica é entendida como uma área drenada por um rio ou sistema fluvial, operando como um sistema aberto com entrada e saída de energia e matéria (Christofolletti, 1980). A sua utilização como unidade de planejamento é algo já aceito e pré-estabelecido, principalmente, na área de estudo da geografia. Além de unidades geográficas integradoras de recursos naturais, as bacias hidrográficas são reconhecíveis e facilmente caracterizáveis, representando limites marcantes para o ordenamento territorial (Santos, 2004).

Os ecossistemas hídricos desempenham um papel crucial nos processos ecológicos da paisagem devido à sua natureza de ecótono, facilitando intensas trocas de substâncias conforme variam os gradientes de umidade, luminosidade e natureza do substrato (Fernandes, 2021). Especificamente nos sistemas fluviais “(...) o carácter variável do seu caudal e energia de escoamento ao longo do seu traçado determina, igualmente, gradientes dinâmicos geradores de intensas variações na heterogeneidade desses ecossistemas e dos processos a eles associados” (Fernandes, 2021, p. 163).

A heterogeneidade da paisagem, moldada por gradientes ou mosaicos, é composta por três elementos espaciais básicos: matriz, manchas e corredores (Meneguetti, 2007). A matriz, abrangendo a maior proporção territorial em uma área de análise, é crucial para a estruturação e conservação do ecossistema. Por meio de ações e transformações na paisagem, a matriz fragmenta-se, dispersando-se em manchas ou fragmentos - não lineares e lineares - espaciais com características homogêneas e

divergentes, das áreas circundantes, formando padrões na paisagem (Forman; Godron, 1986; Forman, 1995; 2004; 2008).

Os padrões da paisagem que surgem dos processos na matriz, transformando-a, majoritariamente derivam das atividades humanas, dinâmicas culturais e sobre os recursos naturais. Essas ações alteram a paisagem, anteriormente caracterizada por elementos espaciais homogêneos e regulares, para uma distribuição heterogênea, impactando não apenas a estrutura da paisagem, mas também desencadeando implicações e desafios para a biodiversidade, o ecossistema e o mosaico paisagístico.

Por sua vez, os ecossistemas hídricos desempenham funções essenciais, como assegurar a disponibilidade de água, promover a estabilidade do solo, oferecer proteção contra inundações e secas, além de fornecer importantes serviços ecossistêmicos. Adicionalmente, os ecossistemas fluviais desempenham um papel singular na conectividade, abrangendo linearmente todo o território e formando redes que conectam espaços diversos, promovendo diferenciação na estrutura e na capacidade de sustentação ecológica do território. Essa conectividade amplia a presença de recursos e perturbações diversas, facilitando vias de intercâmbio genético para inúmeras espécies e favorecendo condições ecológicas locais específicas. (Fernandes, 2021). Nesse contexto, destaca-se a relevância das áreas de preservação permanente (APP 's) ao longo dos recursos hídricos.

10

A compreensão dos padrões e processos espaciais através da ecologia da paisagem possibilita entender as transformações espaço-temporais do ambiente, incluindo áreas de sensibilidade, preservação, restauração e contenção, considerando os elementos naturais e suas dinâmicas em resposta às influências e dinâmicas antrópicas, para fins de planejamento da paisagem. A aplicação da metodologia de métricas da paisagem permite a análise da fragmentação, conectividade e complexidade dos arranjos espaciais, examinando o desenvolvimento e os fatores impulsionadores de sua configuração, fundamentados nas *"características estruturais da paisagem - que são observáveis, descritível e quantificáveis"* (Lang; Blaschke, 2009, p.16). Essas métricas oferecem informações sobre a composição e configuração, abrangendo a estrutura espacial de manchas (cada mancha da paisagem), classes (conjuntos de manchas do mesmo uso do solo) e da paisagem, que representa o conjunto de classes em uma área de interesse, permitindo comparações entre os diversos usos do solo (Botequilha-Leitão *et al.*, 2021).

As métricas da paisagem, em conjunto com o método de sobreposição de mapas temáticos de Ian McHarg, que busca atribuir uma escala de valores na forma de gradiente de cores aos atributos da paisagem, desempenham um papel fundamental no mapeamento de áreas de conservação,

urbanização e recreação, considerando diferentes níveis de uso do solo conforme sua vulnerabilidade ambiental às atividades humanas. A intensidade da cor e o valor mais elevado indicam uma maior sensibilidade, enquanto desvios desse padrão resultam em menor sensibilidade em relação ao tema em questão. Conforme ressaltado por Cocco (2020, p. 58), “este método pioneiro de McHarg é muito importante para a análise dos diferentes mosaicos de paisagens [...], pois permite aos arquitetos paisagistas e outros profissionais, a avaliação de critérios e o planejamento da paisagem (...)” em uma escala macro, abrangendo uma cidade, região ou, no caso específico, bacias hidrográficas.

Para realizar uma análise e planejamento ecológico da paisagem por meio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), é crucial manter uma interação constante com o processo decisório. Nesse contexto, a utilização da análise multicritério, especificamente o Processo de Hierarquia Analítica (AHP), destaca-se como um dos métodos mais empregados para avaliar os atributos da paisagem. Introduzido por Thomas Wharton em 1977 e amplamente adotado nos estudos de Thomas Saaty sobre múltiplos critérios, o AHP envolve a confrontação de diversos fatores e variáveis, caracterizando-os de acordo com o objetivo do estudo e hierarquizando-os mediante a atribuição de pesos (Cocco, 2020).

No contexto do planejamento da paisagem, a hierarquização das variáveis por meio da atribuição de pesos é uma ferramenta crucial para definir e avaliar regiões quanto à sua sensibilidade ecológica e/ou antrópica, bem como quanto ao seu potencial/atratividade em diferentes graus de importância, como extremamente alta, alta, média, baixa e extremamente baixa (Cocco, 2020). Essas potencialidades podem estar vinculadas a distintos níveis de conservação e preservação ambiental, ou ainda, ao potencial uso para atividades de lazer e recreação. A identificação dessas áreas, principalmente em relação à sensibilidade ecológica, foco do presente artigo, aponta para ações específicas diante das classificações, conforme destacado por Cocco (2020, p. 59): “as áreas de baixa sensibilidade podem ser ocupadas, as áreas de mediana sensibilidade devem ter restrições de usos e as áreas de alta sensibilidade necessitam da restauração de seus ecossistemas degradados, isto é, de preservação ambiental imediata”.

Nesse sentido, no estado do Rio Grande do Sul, o Rio Jacuí em seu ecossistema hídrico (Figura 1) desempenha um papel crucial não apenas em termos hídricos, mas também socioeconômicos. Sua importância é acentuada pela presença de extensos reservatórios e usinas hidrelétricas, além de ser uma área de destaque para as principais produções agrícolas do estado. Além disso, o Rio Jacuí atua como uma zona de transição entre os Biomas Mata Atlântica e Pampa, exibindo uma notável diversidade paisagística e sendo sujeito a transformações constantes na paisagem.



**Figura 1** - Localização do Rio Jacuí no estado do Rio Grande do Sul contemplado pela Região Hidrográfica do Guaíba.



Fonte: elaborado pelas autoras, 2023.

Originando-se no município de Passo Fundo, na região noroeste, o rio se estende por 800 quilômetros até a região metropolitana de Porto Alegre, ampliando sua extensão ao longo desse



percurso. O Rio Jacuí integra a região hidrográfica da Bacia do Guaíba, que abrange nove bacias, sendo a do Lago Guaíba o destino final para todo o fluxo hídrico.

Com o propósito de aprofundar as pesquisas sobre o Rio Jacuí e sua diversidade paisagística, busca-se contribuir para o avanço do entendimento, fornecendo orientações para o ordenamento e planejamento da sua paisagem. Dessa forma, este artigo tem como propósito analisar as dinâmicas das paisagens naturais e antrópicas, bem como identificar áreas de sensibilidade ecológica nas bacias hidrográficas do Alto Jacuí, Baixo Jacuí, Vacacaí-Vacacaí Mirim e Pardo, situadas a oeste da Região Hidrográfica da Bacia do Guaíba. Para alcançar esse objetivo, serão empregadas métricas da paisagem, análise hierárquica e uma abordagem temporal abrangendo o período de 1985 a 2022.

A escolha das quatro bacias hidrográficas é fundamentada no fato de que a extensão predominante do Rio Jacuí abrange as bacias do Alto Jacuí e Baixo Jacuí, enquanto as bacias do Pardo e Vacacaí-Vacacaí Mirim exercem uma influência significativa, visto que seus principais recursos hídricos desaguam no Rio Jacuí. Além disso, essa seleção está associada ao fato de que essas quatro bacias hidrográficas geram impactos encadeados, especialmente ao sul de outras quatro (bacia do Taquari-Antas, Caí, Sinos, Gravataí), e todas essas oito bacias influenciam integralmente na Bacia do Lago Guaíba. Tais impactos são de natureza quali-quantitativa, abrangendo aspectos ambientais, socioeconômicos, recreativos, produtivos e, principalmente, no abastecimento e qualidade de água para os habitantes.

## SENSIBILIDADE ECOLÓGICA

Nos últimos anos, as alterações na paisagem têm revelado uma notável simplificação, levando à desumanização dos espaços urbanos, à perda do patrimônio biológico e ao despovoamento das áreas rurais. Essas mudanças refletem uma falta de sensibilidade em relação ao valor e à complexidade da paisagem, indicando uma ignorância ou indiferença em relação às suas características singulares e fragilidades intrínsecas. Esses fatores têm contribuído para o surgimento e/ou acumulação de problemas e desequilíbrios em várias dimensões, incluindo elementos ecológicos, urbanos, sociais e ambientais (Freire, 2021).

Nesse contexto, a sensibilidade é entendida como a “capacidade de detectar fenômenos, objetos, processos ou sistemas” (Fernandes, 2021, p. 73) que afetam a paisagem de forma positiva ou negativa. Dessa forma, uma perturbação é definida genericamente “como qualquer evento que impacta a composição, estrutura e função de ecossistemas, comunidades ou populações, resultando em mudanças nos recursos disponíveis” (Guiomar *et al.*, 2021, p.119-120). Como resultado imediato

e evidente de uma perturbação ecológica, observa-se frequentemente a destruição total ou parcial da vegetação. Após a cessação da influência dos fatores de perturbação, o processo de regeneração é desencadeado devido ao legado biológico que persiste no local (Guiomar *et al.*, 2021).

A compreensão da sensibilidade ecológica é essencial para a promoção da conservação da biodiversidade, a prevenção de impactos adversos e a elaboração de estratégias sustentáveis de uso da terra. Além disso, a sensibilidade ecológica é crucial para a identificação de áreas prioritárias para preservação e restauração, contribuindo para a sustentabilidade a longo prazo dos ecossistemas.

## MÉTRICAS DA PAISAGEM

As métricas da paisagem referem-se a ferramentas quantitativas utilizadas para medir e descrever características espaciais e estruturais de uma paisagem. Essas medidas proporcionam insights sobre a composição, configuração e dinâmica de elementos no ambiente, contribuindo para a compreensão de padrões e processos paisagísticos.

Segundo Turner *et al.* (2001), as métricas da paisagem são ferramentas indispensáveis para analisar sua estrutura e funcionamento, oferecendo uma abordagem sistemática para compreender fenômenos ecológicos em escalas espaciais mais amplas. Elas abrangem uma variedade de aspectos, incluindo a distribuição de diferentes tipos de cobertura do solo, a conectividade entre fragmentos, e a forma e tamanho das manchas na paisagem.

As métricas da paisagem podem ser avaliadas em três níveis: o nível de fragmentos, o de classe e o da paisagem. Além disso, elas se dividem em métricas estruturais e funcionais. As métricas estruturais mensuram a estrutura e configuração do mosaico sem relação com um processo ecológico específico. Por outro lado, as métricas funcionais avaliam o padrão da paisagem de uma forma funcionalmente relevante para o processo em consideração, demandando, assim, um parâmetro específico para sua avaliação (Botequilha-Leitão *et al.*, 2021). O Quadro 1, a seguir apresenta, descreve e salienta as características das três métricas da paisagem que serão aplicadas neste artigo.

**Quadro 1** - Caracterização de métricas da paisagem que serão aplicadas no presente estudo.

| Métrica            | Tipo               | Características  |
|--------------------|--------------------|--|
| Área e Percentagem | Métrica estrutural | A métrica de área representa a medida mais facilmente interpretável e amplamente difundida da estrutura da paisagem, sendo talvez a mais crucial. Tanto a área quanto a percentagem da classe são métricas de composição de interpretação simples e extremamente úteis para descrever o padrão espacial em diversas paisagens. A proporção ocupada por cada classe de uso do solo na paisagem está diretamente relacionada com o habitat disponível para diferentes espécies animais e vegetais.   |
| Área núcleo        | Métrica funcional  | A área nuclear refere-se à porção do fragmento que não sofre os efeitos da borda. Essa métrica é construída ao calcular uma área de amortecimento (buffer) negativo dirigido para o interior da região analisada. A largura do buffer corresponde à extensão do efeito de borda considerado para a espécie em estudo. A manutenção da área nuclear está sujeita, em vários aspectos, às características geométricas do fragmento examinado. Fragmentos de grandes dimensões podem incluir áreas relativamente extensas a distâncias significativas de seus limites externos. Além do tamanho, a forma desempenha um papel crucial. Fragmentos com formas alongadas e muito irregulares geralmente tendem a ter uma área nuclear menor. |
| Forma              | Métrica estrutural | A métrica de forma é um índice de compacidade fundamentado na ideia de que um círculo ou um quadrado contém a máxima área interna com um perímetro mínimo. Dessa forma, fragmentos com formatos mais simples apresentam valores de forma próximos de 1,0, ao passo que fragmentos com formas mais complexas têm valores superiores a 1,0. Essa métrica pode ser avaliada no nível de fragmentos, classes e da paisagem. Fragmentos com formas complexas possuem mais bordas expostas à paisagem circundante, permitindo interações mais amplas, como atividades humanas, vegetação e fauna.  |

Fonte: adaptado de Botequilha-Leitão *et al.* (2021).

A análise dos padrões utilizando métricas da paisagem também pode ser empregada no desenvolvimento de modelos espaço-temporais. Isso ocorre à medida que os usos e coberturas do solo em uma determinada localização geográfica mudam ou respondem a ações e pressões. Essa abordagem oferece diversas possibilidades para simular a estrutura e composição da paisagem, considerando cenários pré-estabelecidos, em evolução, atuais e futuros (Botequilha-Leitão *et al.*, 2021).

A análise de métricas da paisagem se revela crucial para a avaliação da sensibilidade ecológica, proporcionando dados fundamentais na descrição dos níveis de suscetibilidade ambiental. Nesse contexto, Wu (2004) ressalta que a aplicação dessas métricas permite uma compreensão mais profunda da estrutura espacial da paisagem, possibilitando a identificação de áreas com distintos

graus de sensibilidade a mudanças ecológicas. Além disso, conforme destacado por Haines-Young e Chopping (1996), as métricas da paisagem oferecem uma abordagem quantitativa essencial para caracterizar padrões e processos, contribuindo assim para indicar áreas de maior ou menor sensibilidade. A análise desses dados quantitativos é vital para embasar estratégias de conservação e gestão ambiental, sendo uma ferramenta valiosa na tomada de decisões orientadas para a preservação da biodiversidade e a promoção da resiliência ecossistêmica.

## ANÁLISE HIERÁRQUICA

O mapeamento de áreas de sensibilidade, independentemente do tema, envolve uma análise que requer a consideração de diversas variáveis, incorporando relações intrínsecas entre critérios tangíveis e intangíveis. A metodologia AHP (Processo de Hierarquia Analítica) proporciona uma abordagem matemática rigorosa que hierarquiza de maneira criteriosa a tomada de decisões, simplificando o processo e reduzindo erros associados às etapas de julgamento. A análise pareada das variáveis, por meio de hipóteses, possibilita a identificação da melhor alternativa, conferindo maior precisão aos resultados (Weiss, Pippi, 2019).

A acurácia é respaldada pela capacidade de verificar a consistência da avaliação da análise, avaliando a atribuição coerente dos pesos por meio do cálculo da Razão de Consistência (RC), a qual deve situar-se entre 0 e 0,10 para atender às simulações. Esse método de decisão permite integrar aspectos quantitativos (parte objetiva) e qualitativos (parte subjetiva) (Weiss, Pippi, 2019).

A metodologia AHP consiste na hierarquização dos elementos da análise por meio da atribuição de pesos, considerando seu grau de importância. Essa abordagem simplifica um sistema complexo, resultando em uma matriz de comparações pareadas das variáveis e proporcionando uma definição linear da hierarquia de importância numa escala de 1 (importância igual) a 9 (importância absoluta), conforme a metodologia de comparação proposta por Saaty (1980).

Na perspectiva da sensibilidade ecológica, essa metodologia possibilita a ponderação das variáveis pertinentes, levando em consideração sua contribuição relativa na avaliação da sensibilidade ambiental. Ao estruturar hierarquicamente os critérios e subcritérios associados à sensibilidade ecológica, é viabilizada uma avaliação sistemática e objetiva das interações entre diversos fatores. Essa abordagem hierárquica na determinação da sensibilidade ecológica estabelece uma base metodológica robusta para a tomada de decisões embasadas na gestão ambiental e na conservação.

## ÁREA DE ESTUDO

O estado do Rio Grande do Sul é composto por três regiões hidrográficas: a da bacia do Guaíba (30%), a das bacias Litorâneas (13%) e a da bacia do rio Uruguai (57%). Dentre as 9 bacias hidrográficas da Região da Bacia do Guaíba, quatro serão analisadas no presente estudo, a do Alto Jacuí, Baixo Jacuí, Vacacaí-Vacacaí Mirim e Pardo, em que é possível ver suas características no Quadro 2, a seguir.

**Quadro 2** - Caracterização das bacias hidrográficas alvos de estudo do presente artigo.

| Região Hidrográfica da Bacia do Guaíba |                                 |                               |                                 |
|--|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Alto Jacuí                             | Baixo Jacuí                     | Pardo                         | Vacacaí-Vacacaí Mirim           |
| 13.064 km <sup>2</sup> (15,32%)        | 17.359 km <sup>2</sup> (20,36%) | 3.638 km <sup>2</sup> (4,27%) | 11.177 km <sup>2</sup> (13,11%) |
| 305.822 habitantes                     | 365.764 habitantes              | 232.442 habitantes            | 373.264 habitantes              |
| 41 municípios                          | 40 municípios                   | 13 municípios                 | 14 municípios                   |

Fonte: adaptado da Secretaria Estadual do Meio Ambiente (2023).

O Rio Jacuí tem sua origem em Passo Fundo, sendo que logo no seu início de percurso a Usina Hidrelétrica e o Reservatório de Passo Real, construídos em 1973 no município de Salto Jacuí, abrangendo uma área de 230 quilômetros quadrados para armazenamento de água. Em seguida, segue-se a Usina Hidrelétrica Leonel de Moura Brizola, construída em 1962 no município de Salto do Jacuí, seguida pela Usina de Itaúba, em Pinhal Grande, erguida em 1978, e a Usina de Dona Francisca, em Nova Palma, construída em 2011. A última usina hidrelétrica marca a transição entre os biomas Mata Atlântica e Pampa e apresenta uma unidade de conservação, como compensação pela área alagada, nomeada como Parque Estadual da Quarta Colônia, criada em 2005.

O Rio Vacacaí e o Vacacaí Mirim são os principais recursos hídricos na bacia hidrográfica do Vacacaí-Vacacaí Mirim, desaguando no Rio Jacuí nas proximidades do limite entre o município de Restinga Seca, a leste, e o rio. O Rio Pardo ocupa posição central na bacia hidrográfica do Pardo, e sua confluência com o Rio Jacuí ocorre na área urbanizada do município de Rio Pardo. O Rio das Antas, que se transforma no Rio Taquari no município de Santa Bárbara, na bacia hidrográfica

Taquari-Antas, deságua no Rio Jacuí, com suas margens caracterizadas pelo desenvolvimento urbano dos municípios de Triunfo e São Jerônimo.

Os rios Caí, Sinos e Gravataí despontam como os principais recursos hídricos em suas respectivas bacias hidrográficas, desagando no Rio Jacuí ao atingir a região metropolitana e o município de Porto Alegre. Nesse ponto, o Rio Jacuí conecta-se ao Lago Guaíba, o qual, por sua vez, deságua na Lagoa dos Patos, e esta estende-se para o sul, integrando a região hidrográfica das bacias litorâneas e alcançando o oceano Atlântico Sul, conjuntamente a mancha urbana consolidada do município de Rio Grande.

Nas bacias hidrográficas, o bioma Pampa abrange 71,14% do território, enquanto o bioma Mata Atlântica compreende 28,86%. A bacia do Guaíba destaca-se por abrigar extensas áreas de intensa concentração industrial e urbana, sendo a região mais densamente habitada do Estado. Além disso, é o epicentro de uma diversidade de atividades, englobando setores agrícolas e pecuários, bem como atividades agroindustriais, industriais, comerciais e de serviços. Diante desse panorama, torna-se evidente a importância do rio para a população gaúcha, diretamente e indiretamente, e para a economia e os serviços ecossistêmicos do estado.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

18

A metodologia adotada neste artigo foi estruturada em duas etapas principais, abrangendo uma análise temporal referente aos anos de 1985, 2005 e 2022, representando, respectivamente, os dados mais antigos disponíveis, um marco intermediário e o ano mais recente analisado.

### ETAPA 1: CARACTERIZAÇÃO DA PAISAGEM

Na primeira etapa, realizou-se a caracterização das quatro bacias hidrográficas em estudo, com foco nos usos e na cobertura do solo. O objetivo foi identificar e caracterizar áreas com dinâmicas naturais e/ou antrópicas, utilizando gradientes. Para tanto, os dados do MapBiomas (Coleção 8.0) foram organizados em camadas temáticas no software *ArcGIS Pro*. As categorias de uso do solo foram classificadas como:

- **Paisagens naturais:** Formação Florestal, Formação Campestre, Afloramento Rochoso, Restinga Arborizada, Campo Alagado e Recursos Hídricos.
- **Paisagens antrópicas:** Silvicultura, Pastagem, Mosaico de Usos, Soja, Arroz, Outras Lavouras Temporárias, Outras Áreas Não Vegetadas, Área Urbana e Mineração.

As análises foram refinadas com o uso de ferramentas de interpolação e geoestatística, envolvendo conversões entre formatos raster e vetor, cálculo de densidade de pontos e aplicação da calculadora raster. Esses procedimentos foram essenciais para delimitar áreas com dinâmicas mais naturais ou mais intensamente impactadas por ações humanas.

## ETAPA 2: ANÁLISE HIERÁRQUICA E SENSIBILIDADE ECOLÓGICA

A segunda etapa consistiu na análise hierárquica das métricas da paisagem para mapear a sensibilidade ecológica. Foram utilizadas métricas como:

- **Área total:** Representa a extensão das manchas de uso.
- **Área núcleo:** Determinada por meio de um buffer negativo de 60 metros, delimitando as zonas centrais das manchas. Fragmentos menores que 1 hectare foram excluídos, considerando a escala de trabalho (1:4.000.000).
- **Forma das manchas (ou Índice de Forma):** Avalia a complexidade da forma de um fragmento em relação a outro de mesma área com a forma mais simples e compacta possível. O índice é igual a 1 para formas perfeitamente compactas e aumenta à medida que a forma se torna mais irregular.

Os cálculos das métricas foram realizados nos softwares *ArcGIS Desktop/Pro* e *V-LATE*. As informações geradas foram organizadas em camadas raster e submetidas à análise hierárquica no software *Super Decisions*, onde foram atribuídos pesos às classes das variáveis analisadas conforme a metodologia de escala de comparação de Saaty (1980). Esse processo considerou as relações entre as variáveis, destacando a área núcleo e a forma como as mais relevantes, seguidas pela área total.

Os métodos aplicados permitirão a elaboração de mapas temáticos que representam os usos do solo, as dinâmicas da paisagem e as áreas de sensibilidade ecológica para os anos de 1985, 2005 e 2022. Essa abordagem fornecerá uma perspectiva temporal sobre as transformações ocorridas ao longo de 37 anos, identificando as áreas que passaram por maiores alterações nas bacias hidrográficas estudadas.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### DINÂMICAS DA PAISAGEM

Para a caracterização da paisagem ao longo de um período de 37 anos, foram mapeados os usos do solo e as dinâmicas naturais e culturais. A análise visual dos mapas na Figura 2, aliada a uma



avaliação quantitativa preliminar, Quadro 3, evidencia uma transformação na paisagem que, inicialmente homogênea e regular, evoluiu para uma configuração mais heterogênea, com uma marcante presença de dinâmicas culturais.

**Quadro 3** - Caracterização das dinâmicas naturais e culturais da paisagem das bacias hidrográficas.

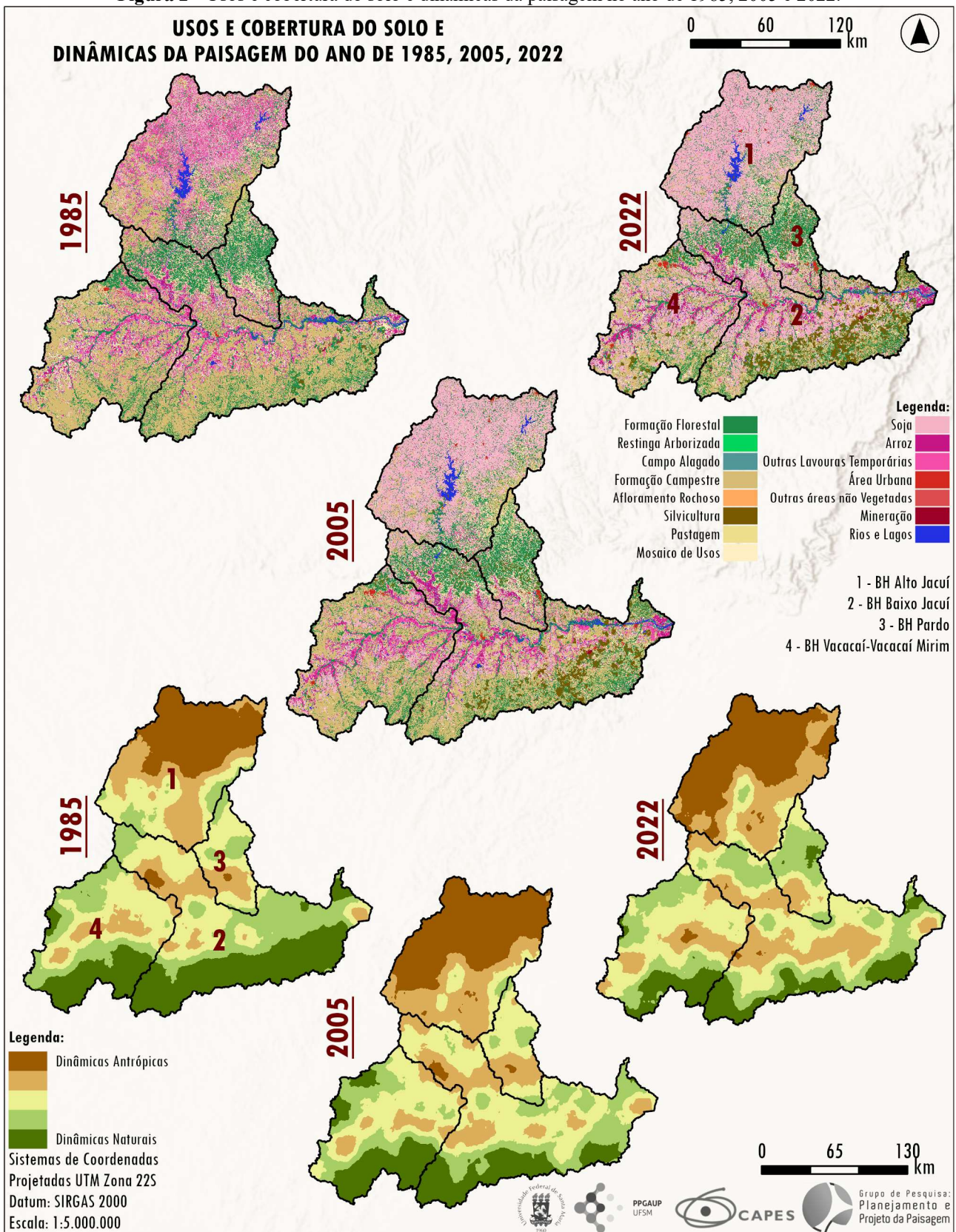
|                                   | 1985                         |                              | 2005                         |                              | 2022                         |                              |
|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Paisagem                          | Natural                      | Antrópica                    | Natural                      | Antrópica                    | Natural                      | Antrópica                    |
| Alto Jacuí                        | 479.985,05<br>ha<br>36,74%   | 826.398,54<br>ha<br>63,26%   | 340.717,12<br>ha<br>26,08%   | 965.515,54<br>ha<br>73,92%   | 287.748,65<br>ha<br>22,03%   | 1.018.542,70<br>ha<br>77,97% |
| Baixo Jacuí                       | 1.270.094,43<br>ha<br>73,17% | 465.731,11<br>ha<br>26,83%   | 1.050.757,08<br>ha<br>60,56% | 684.439,22<br>ha<br>39,44%   | 838.199,97<br>ha<br>48,30%   | 897.362,04<br>ha<br>51,70%   |
| Pardo                             | 208.625,44<br>ha<br>57,36%   | 155.074,64<br>ha<br>42,64%   | 181.930,79<br>ha<br>50,07%   | 181.453,68<br>ha<br>49,93%   | 180.810,85<br>ha<br>49,76%   | 182.527,48<br>ha<br>50,24%   |
| Vacacaí-Vacacaí Mirim             | 775.453,82<br>ha<br>69,38%   | 342.230,66<br>ha<br>30,62%   | 720.277,92<br>ha<br>64,45%   | 397.362,76<br>ha<br>35,55%   | 549.357,19<br>ha<br>49,15%   | 568.320,96<br>ha<br>59,85%   |
| Paisagem das Bacias Hidrográficas | 2.734.158,76<br>ha<br>60,44% | 1.789.434,96<br>ha<br>39,56% | 2.293.682,93<br>ha<br>50,72% | 2.228.771,22<br>ha<br>49,28% | 1.856.116,68<br>ha<br>41,04% | 2.666.753,20<br>ha<br>58,96% |

Fonte: elaborado pelas autoras, 2023.

Na análise das bacias hidrográficas, destaca-se a do Alto Jacuí como a mais preocupante, pois, em 1985, já apresentava um domínio antrópico de 63% da paisagem, chegando a 78% em 2022, impulsionado principalmente pela expansão da cultura da soja. Ainda que a totalidade da paisagem não esteja sob domínio exclusivo de dinâmicas culturais, devido à presença de áreas destinadas a reservatórios de usinas hidrelétricas e áreas com declividade desfavorável à mecanização agrícola ou sujeitas a restrições de uso, é necessário um olhar cuidadoso para planejar, gerenciar e implementar práticas que otimizem a conectividade dos ecossistemas naturais. As áreas de preservação permanente e reserva legal, ao formarem conjuntos de manchas lineares, possuem potencial para aprimorar a interconexão dos ecossistemas, requerendo estratégias eficazes de planejamento e gestão.



**Figura 2 - Usos e cobertura do solo e dinâmicas da paisagem no ano de 1985, 2005 e 2022.**



Fonte: elaborado pelas autoras, 2023.

Na bacia hidrográfica do Baixo Jacuí, observam-se quatro dinâmicas distintas. Na extremidade norte, próxima à bacia do Alto Jacuí, há uma expansão significativa da cultura de soja, seguida, devido à topografia inclinada, por extensas áreas de vegetação natural que, no entanto, exibem perfurações em sua matriz. Logo após essa transição de declividade, onde o território é plano e caracterizado pela depressão central e pelo bioma Pampa, os usos culturais predominam ao longo do rio Jacuí. Ao Sul (transição da depressão central com o escudo sul-riograndense) e a oeste da bacia, a formação campestre ainda está presente, mas está perdendo espaço para a silvicultura. A redução de 25% da paisagem natural, consolidando-se em 52% da paisagem para usos antropogênicos, ressalta a necessidade urgente de ações de conservação para preservar o que ainda resta no presente, visando o futuro.

A bacia hidrográfica do Pardo, ao norte, compartilha características semelhantes de vegetação natural com a bacia mencionada anteriormente, devido à presença das declividades e à transição da depressão central para o planalto meridional. A porção do território com relevo mais plano, ao longo do rio Pardo, é predominantemente dedicada a usos agrícolas. Essa bacia exibe uma distribuição equilibrada entre usos naturais e culturais, com metade da paisagem destinada a cada categoria. No entanto, enfatiza-se a importância contínua de monitoramento e planejamento da paisagem para garantir uma gestão sustentável.

Quanto à bacia hidrográfica do Vacacaí-Vacacaí Mirim, em 1985, ela exibiu uma grande presença da formação campestre, característica do bioma Pampa. No entanto, ao longo dos anos, houve uma perda significativa (20%) da paisagem natural para dinâmicas culturais, principalmente devido à expansão da cultura de soja ao longo dos rios que compõem a bacia.

Esse contexto ressalta a relevância do estudo da paisagem nas quatro bacias hidrográficas e a cartografia das áreas de sensibilidade ecológica para orientar o planejamento da paisagem. Isso se deve à importância fundamental e ao impacto que os processos ecológicos e as dinâmicas exercem nos ecossistemas, na configuração da paisagem e na qualidade de vida dos habitantes.

## ANÁLISE HIERÁRQUICA E MÉTRICAS DA PAISAGEM

Os resultados provenientes da aplicação da análise hierárquica representam operações algébricas utilizadas para identificar áreas de sensibilidade ecológica com base nas métricas da paisagem, incluindo área, área núcleo e forma das manchas. Para avaliar a sensibilidade ecológica na área de estudo, os mapas correspondentes às métricas foram categorizados em cinco classes. A avaliação dessas classes foi realizada de acordo com a atribuição de valores de 0 a 10, considerando

as interferências e impactos potenciais que cada classe poderia exercer no contexto de sensibilidade ecológica. Assim, as classes com as maiores áreas em metros quadrados para as métricas de área e área núcleo foram atribuídas a pesos proporcionalmente superiores através do método de quebra natural de seus valores.

No que diz respeito à métrica de forma, devido ao seu método de cálculo - perímetro do fragmento dividido pela raiz quadrada da área e dividido por 4 - um fragmento quadrado, frequentemente associado à ação antropogênica, terá um valor de 1 (como também observado na rasterização dos dados, onde ocorre a deformação das informações em relação a fragmentos mais curvilíneos em sua conversão em pixels), enquanto que para uma mancha com formato circular seu valor será de 0,88 (valor observado em dados vetoriais). Assim, quanto mais recortado e menor área um fragmento, maior será seu índice de forma (Volotão, 1998). Além disso, os fragmentos que possuem formas complexas têm mais borda exposta à paisagem circundante, permitindo uma maior interação que varia de positiva a negativa (Botequilha-Leitão *et al.*, 2021).

Entretanto, os autores André Botequilha-Leitão e Sônia Ribeiro afirmam, a partir de estudos que foram realizados, que quanto mais borda a mancha tiver, maior será o efeito de borda, resultando em *“um microclima diferente, uma maior diversidade de plantas e animais, e uma maior predação de espécies originárias de fora do fragmento”* (2021, p.246). Com isso, os valores mais baixos do índice receberam os maiores pesos por meio da disposição de intervalos iguais entre os valores do índice para a paisagem das bacias hidrográficas. O Quadro 4 apresenta a classificação das variáveis incluindo os valores correspondentes de importância e os pesos atribuídos a cada classe.

**Quadro 4** - Classificação e atribuição de importância e peso para cada uma das classes em relação às três variáveis da análise hierárquica em função das métricas da paisagem.

| Sensibilidade Ecológica pelas Métricas da Paisagem     |  |   |                                   |
|--|--|---|-----------------------------------|
| Área   | Área Núcleo  | Forma   | Índice de importância normalizado |
| Classes  |  |   |                                   |
| Áreas muito pequenas                                   | Áreas muito pequenas                                   | Muito baixa complexidade                              | 1 / 0,0927<br>Muito Fraco         |
| Áreas pequenas   | Áreas pequenas   | Baixa complexidade                                    | 3 / 0,1595<br>Fraco               |
| Áreas médias   | Áreas médias   | Complexidade média                                    | 5 / 0,3026<br>Moderado            |
| Áreas grandes  | Áreas grandes  | Alta complexidade                                     | 7 / 0,5684<br>Forte               |
| Área muito grandes                                     | Área muito grandes                                     | Muito alta complexidade                               | 9 / 1,00<br>Muito Forte           |
| Quebra natural dos valores de área em metros quadrados | Quebra natural dos valores de área em metros quadrados | Intervalos iguais entre os valores do índice de forma |                                   |

Fonte: elaborado pelas autoras, 2023.

As métricas foram aplicadas exclusivamente a cinco usos do solo na paisagem da área de estudo, considerados fundamentais para os processos ecológicos devido à sua natureza natural. Esses usos do solo incluem Formação Florestal, Formação Campestre, Afloramento Rochoso, Restinga Arborizada e Campo Alagado.

O Quadro 5 apresenta uma visão geral da quantidade de fragmentos para os 5 usos do solo selecionados, em nível de paisagem e com base nas métricas da paisagem, bem como algumas informações sobre os tamanhos desses fragmentos. Além disso, fornece dados relativos ao critério de exclusão da métrica de área núcleo e os valores alcançados pelo índice de forma.

**Quadro 5** - Quantidade de fragmentos e tamanhos relativos aos usos do solo selecionados e a aplicação das métricas da paisagem.

| Anos             |   | 1985             | 2005             | 2022             |
|------------------|---|------------------|------------------|------------------|
| Paisagem         | Número de Fragmentos                          | 169.450          | 238.110          | 254.152          |
| Área das manchas | Maior fragmento (m²)                          | 3.305.918.909,72 | 1.036.910.193,89 | 1.536.384.282,95 |
|                  | Menor Fragmento (m²)                          | 493,55           | 493,61           | 493,57           |
| Área núcleo      | Número de fragmentos após o “buffer negativo” | 33.584           | 35.587           | 38.854           |
|                  | Critério de exclusão (fragm. até 1 ha)        | 21.080           | 22.580           | 24.728           |
|                  | Número de fragmentos                          | 12.504           | 13.007           | 13.007           |
|                  | Maior fragmento (m²)                          | 1.995.729.620,34 | 706.758.775,92   | 760.585.383,33   |
|                  | Menor fragmento (m²)                          | 10.000           | 10.000           | 10.000           |
| Índice Forma     | Formas menos complexas                        | 1,046            | 1,045            | 1,042            |
|                  | Formas bem complexas                          | 114,016          | 84,228           | 111,40           |

Fonte: elaborado pelas autoras, 2023.

Após estabelecer os pesos para as classes das variáveis e entre as variáveis por meio de uma matriz de comparação (Quadro 6), procedeu-se à avaliação da veracidade das atribuições através do cálculo da razão de consistência (RC). O resultado obtido foi  $RC = 0,01211$ , atendendo ao requisito  $<0,10$  e  $>0$ , o que leva à conclusão de que os pesos definidos são aceitáveis.

A etapa final da análise consiste na integração das variáveis utilizando a álgebra de mapas em software ArcGis Pro. Isso resultou na determinação da sensibilidade ecológica pelas métricas da paisagem para os anos de 1985, 2005 e 2022, conforme expresso pela equação destacada ao final do Quadro 6. As Figuras 3, 4 e 5 exibem os mapas das métricas, representando as cinco classes de acordo com a importância e peso atribuídos, conforme já apresentado no Quadro 4. Além disso, exibem o resultado final da análise hierárquica após o processo de álgebra e a classificação em 5 categorias.

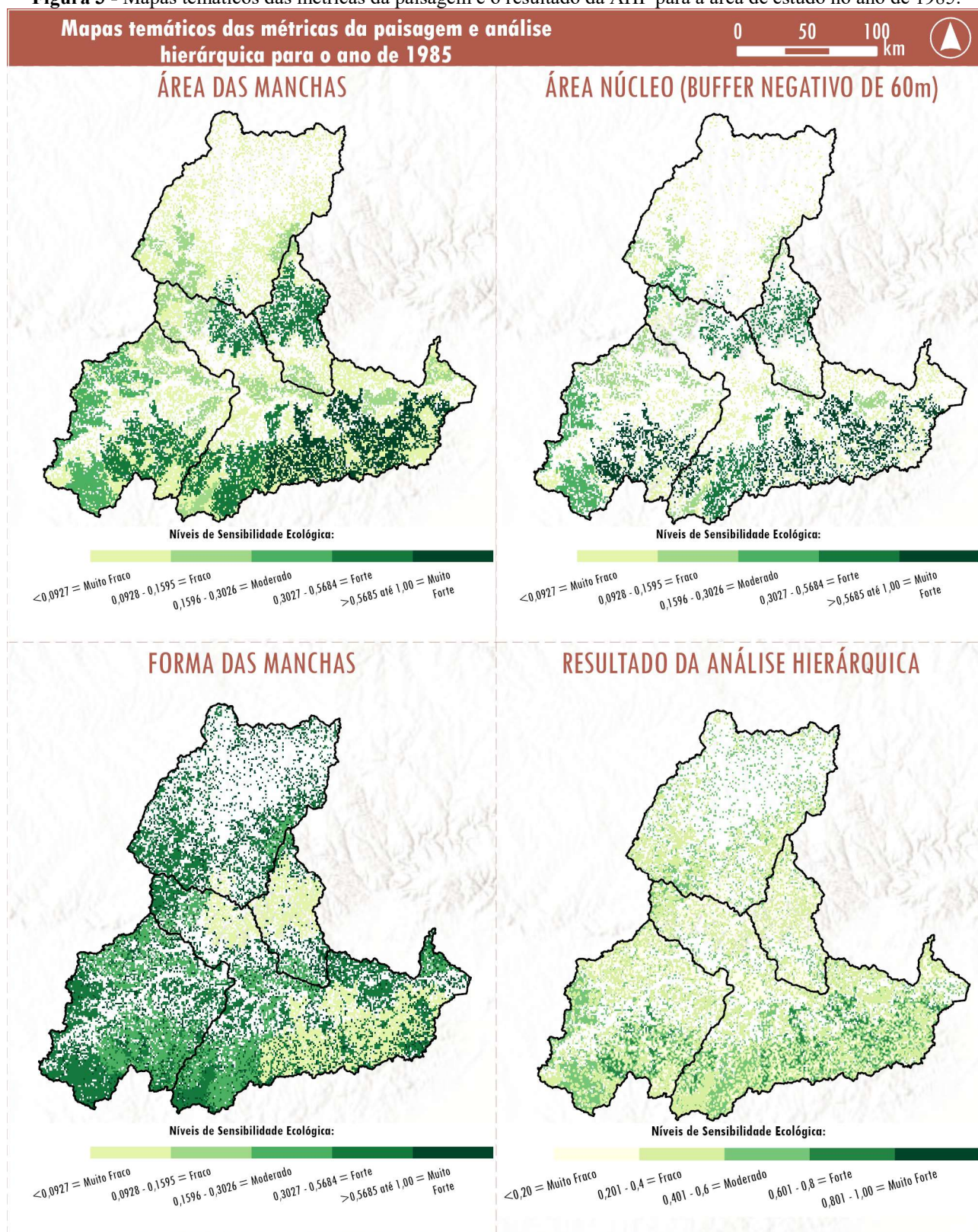


**Quadro 6** - Matriz de comparação da importância e pesos para as variáveis das métricas da paisagem.

| Variáveis das Métricas  | Área | Área Núcleo | Forma | Pesos   | Razão de Consistência |
|---|------|-------------|-------|---------|-----------------------|
| Área  | 1    | 1/7         | 1/5   | 0,07782 | 0,01211               |
| Área Núcleo   | 7    | 1           | 1     | 0,48692 |                       |
| Forma   | 5    | 1           | 1     | 0,43526 |                       |
| Algebra = SHAPEárea*0,07782+SHAPEáreanucleo*0,48692+SHAPEforma*0,43526<br>(x1985/x2005/x2022) |      |             |       |         |                       |

Fonte: elaborado pelas autoras, 2023.

**Figura 3** - Mapas temáticos das métricas da paisagem e o resultado da AHP para a área de estudo no ano de 1985.



Sistema de Coordenadas Projetadas UTM Zona 22S  
Datum: SIRGAS 2000  
Escala: 1:4.150.000



PPGAUP  
UFSM

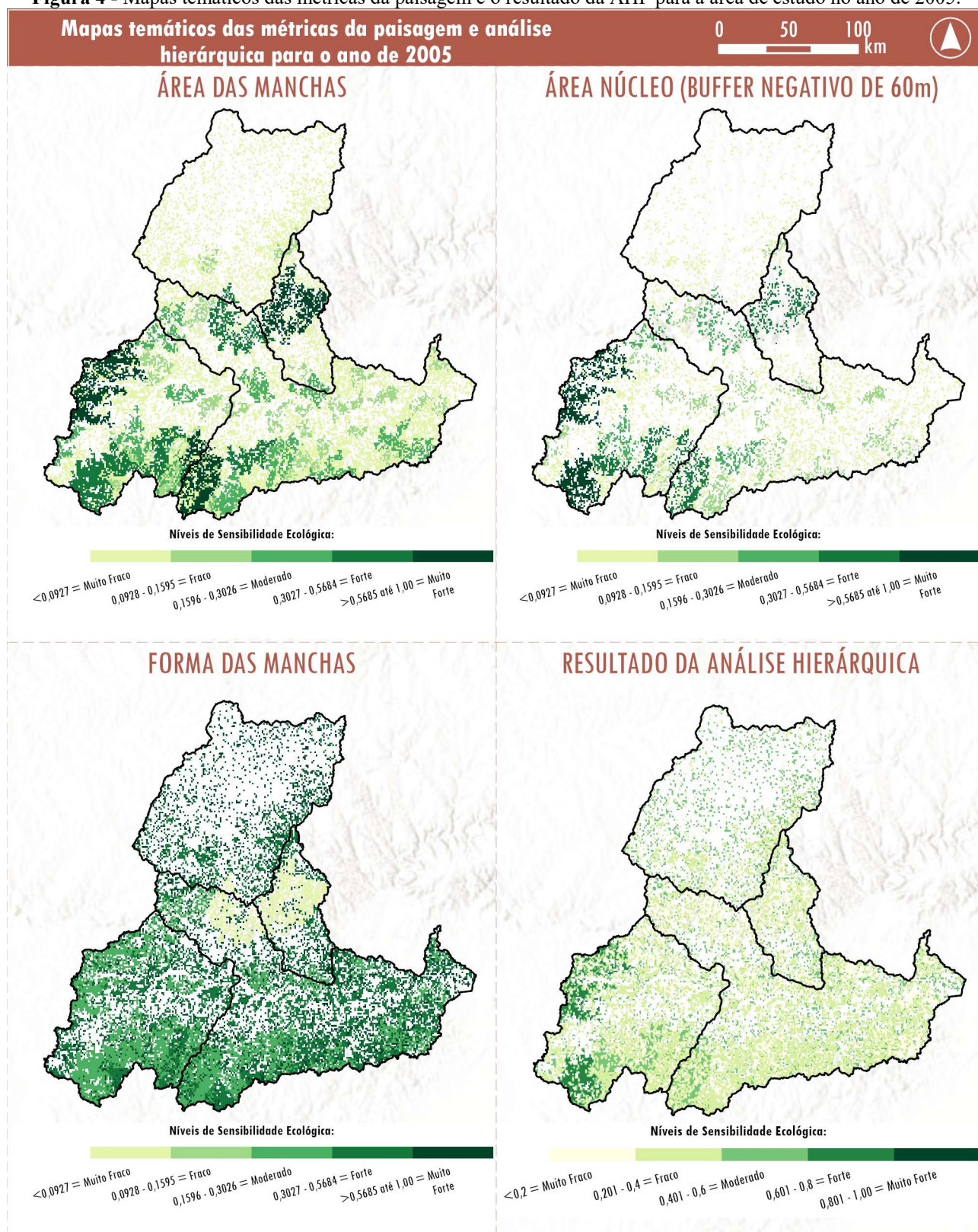


Grupo de Pesquisa:  
Planejamento e  
Projeto da Paisagem

Fonte: elaborado pelas autoras, 2023.



**Figura 4** - Mapas temáticos das métricas da paisagem e o resultado da AHP para a área de estudo no ano de 2005.



Sistema de Coordenadas Projetadas UTM Zona 22S  
Datum: SIRGAS 2000  
Escala: 1:4.150.000



PPGAUP  
UFSM

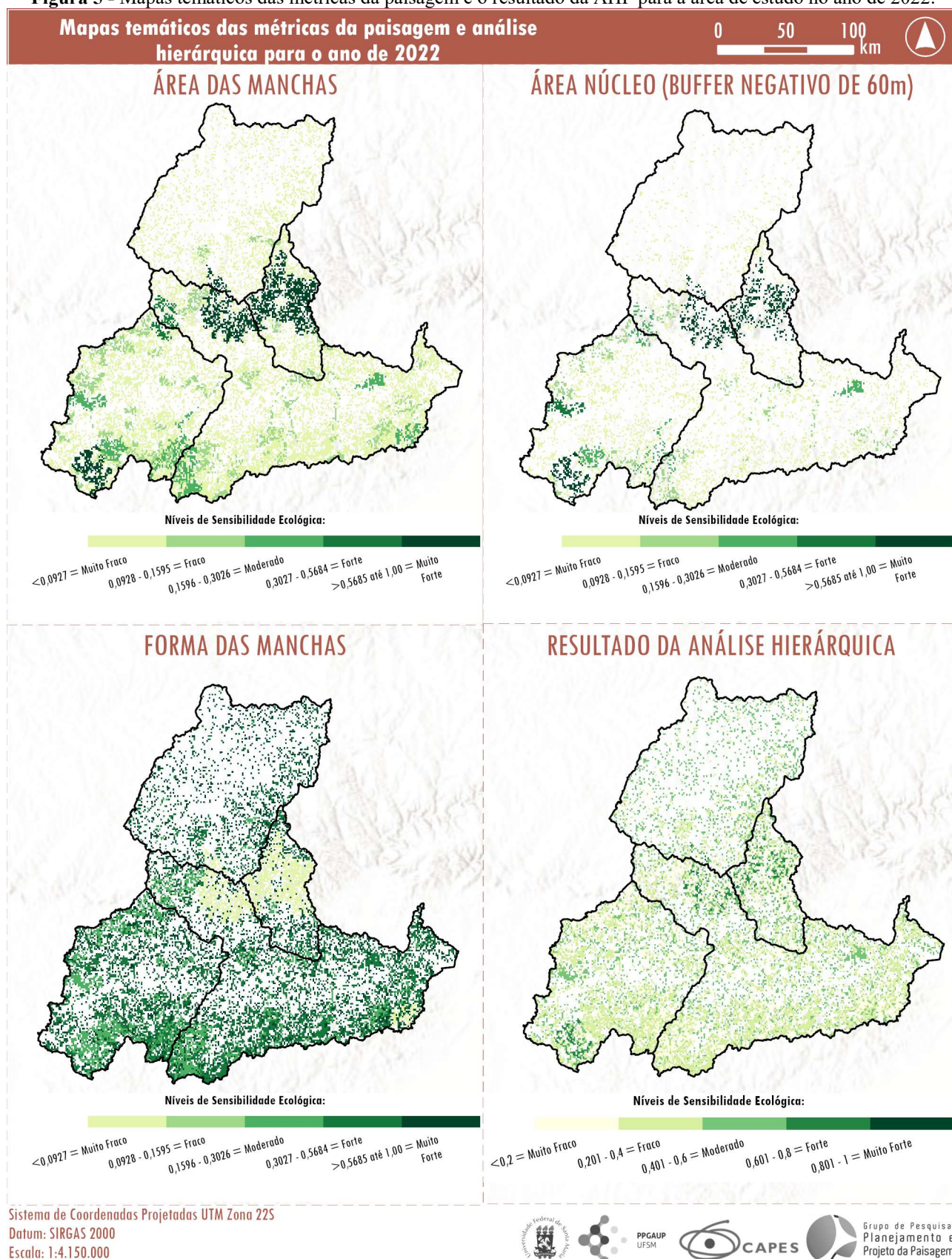


Grupo de Pesquisa:  
Planejamento e  
Projeto da Paisagem

Fonte: elaborado pelas autoras, 2023.



**Figura 5** - Mapas temáticos das métricas da paisagem e o resultado da AHP para a área de estudo no ano de 2022.



A análise visual comparativa das métricas ao longo de 1985, 2005 e 2022 revela tendências significativas na configuração da paisagem e sua sensibilidade ecológica. Observa-se uma diminuição gradual das áreas de manchas associadas aos usos naturais do solo, acompanhada por fragmentação e dispersão em pequenas manchas, especialmente nas proximidades de recursos hídricos. Essa mudança é evidenciada pela métrica de área núcleo, que indica que menos de 10% do total de manchas mantém áreas de interesse ecológico após a aplicação do buffer.

No tocante ao índice de forma, as manchas menores e fragmentadas, situadas entre áreas cultivadas, apresentam menor efeito de borda, embora estejam isoladas. Em contrapartida, manchas maiores, devido à fragmentação e recortes sofridos, demonstram um aumento no efeito de borda, o que pode ter implicações negativas para a biodiversidade local. Esse aumento no efeito de borda pode criar microclimas distintos e favorecer a invasão por espécies exóticas, como apontado por Botequilha-Leitão e Ribeiro (2021). Essas alterações destacam a necessidade de estratégias de mitigação para proteger a biodiversidade.

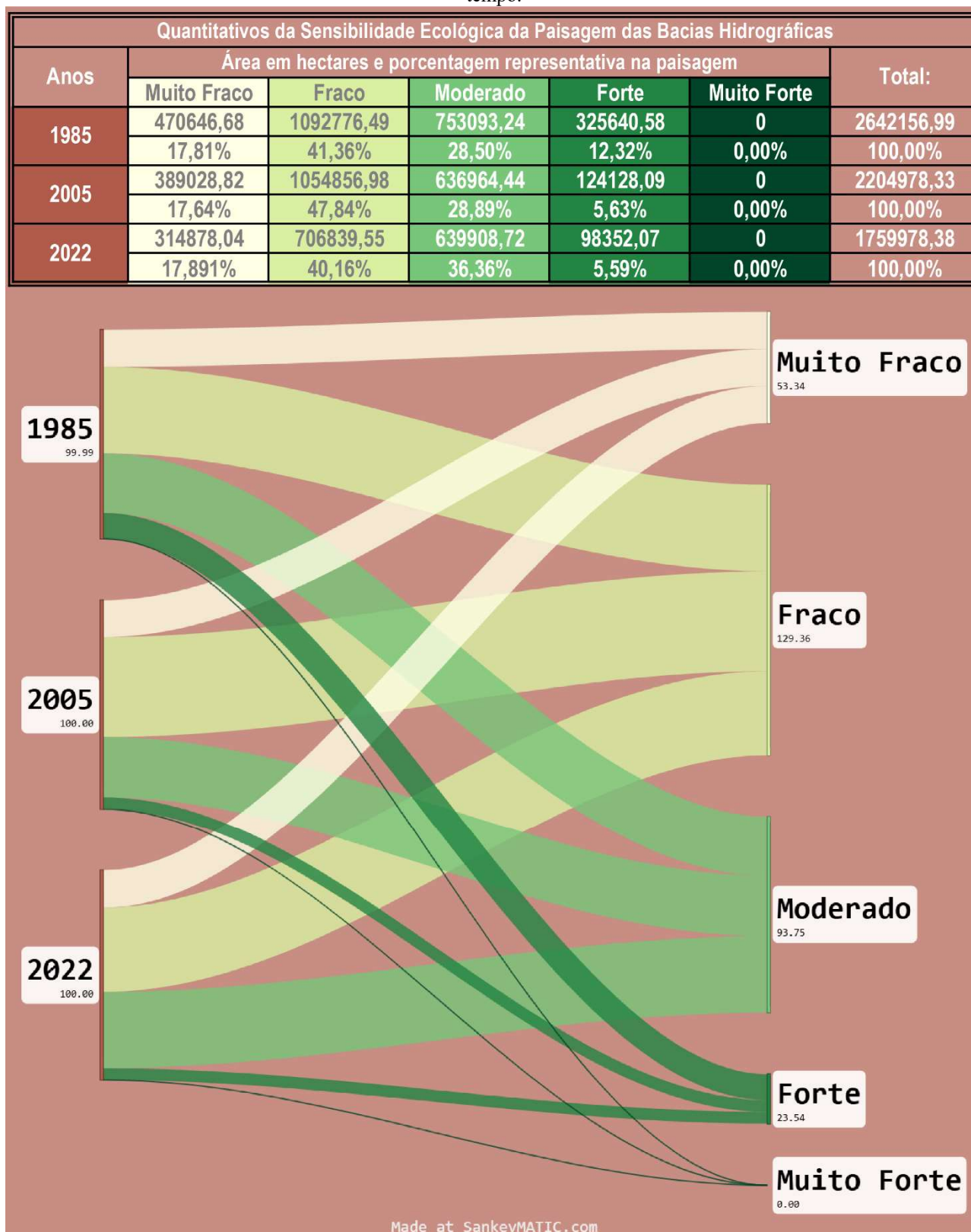
A análise das métricas da paisagem entre 1985 a 2022 revela mudanças notáveis na sensibilidade ecológica e na configuração territorial das bacias hidrográficas, com importantes implicações para a conservação ambiental e o uso sustentável dos recursos naturais. As estatísticas das métricas da paisagem no resultado da análise hierárquica apresentaram os seguintes valores médios e máximos:

- Em 1985, a média foi de 0,34 e o máximo de 0,61;
- Em 2005, a média foi de 0,32 e o máximo de 0,66;
- Em 2022, a média foi de 0,33 e o máximo de 0,63.

Esses valores indicam uma baixa presença de áreas com sensibilidade ecológica forte (0,6 a 0,8) e a ausência de áreas com sensibilidade muito forte (0,8 a 1,0) ao longo do período analisado (Figura 6). A ausência de áreas com sensibilidade muito forte é preocupante, pois reflete uma redução na qualidade dos ecossistemas e a perda de áreas com maior potencial para a conservação de biodiversidade. Além disso, a estabilidade nos valores médios sugere dificuldades em aumentar a cobertura de áreas de alta sensibilidade ecológica, possivelmente devido à pressão humana e fragmentação territorial. Outros pontos relevantes incluem:

1. Redução da Paisagem Natural e da Sensibilidade Ecológica: A redução de 19,4% na paisagem natural entre 1985 e 2022 reflete uma degradação ambiental significativa. Esse declínio está associado a uma queda de 33,39% na área de sensibilidade ecológica, equivalente a 882.178,61 hectares, e destaca o impacto da urbanização e da expansão agrícola.

**Figura 6** - Dados e Diagrama de Sankey mostrando a transformação das áreas de sensibilidade ecológica ao longo do tempo.



Fonte: elaborada pelas autoras, 2023.



2. Estabilidade da Sensibilidade "Muito Fraco": A categoria de sensibilidade "Muito Fraco" manteve-se relativamente estável ao longo do período analisado, com uma ligeira variação de 17,81% em 1985 para 17,891% em 2022, indicando áreas consistentemente menos sensíveis, possivelmente devido à baixa cobertura vegetal.
3. Predomínio de Sensibilidade Fraca: A categoria "Fraco" foi a mais predominante nos três anos analisados, correspondendo a 41,36% da paisagem em 1985 e aumentando para 47,84% em 2005, antes de reduzir para 40,16% em 2022. A perda de 348.017,43 hectares nessa categoria de 2005 para 2022, destaca a vulnerabilidade dessas áreas às mudanças antrópicas.
4. Mudança na Sensibilidade "Moderado": O aumento da categoria "Moderado" de 28,50% em 1985 para 36,36% em 2022 sugere uma possível transição de áreas anteriormente classificadas como de sensibilidade "Forte" para "Moderado", indicando uma degradação gradual das qualidades ecológicas dessas áreas. Esse crescimento também pode ser atribuído a políticas de manejo sustentável que visam mitigar a degradação ambiental.
5. Diminuição da Sensibilidade "Forte": A categoria "Forte" sofreu uma redução significativa, passando de 12,32% da paisagem em 1985 para 5,59% em 2022, representando uma perda de 227.288,51 hectares. Essa diminuição é preocupante, pois implica uma redução nas áreas de sensibilidade ecológica, fundamentais para a manutenção da biodiversidade e dos processos ecológicos.
6. Ausência de Sensibilidade "Muito Forte": Em todos os anos analisados, não foram registradas áreas classificadas como de sensibilidade "Muito Forte". Isso indica a ausência de áreas com sensibilidade ecológica extremamente alta nas bacias hidrográficas avaliadas, o que pode ser um indicativo da necessidade de medidas de conservação mais rigorosas para proteger os habitats críticos e as áreas de alta biodiversidade.

A análise da mudança espacial das áreas de sensibilidade “Moderado” e "Forte" ao longo do tempo revela padrões significativos que refletem tanto a dinâmica natural quanto os impactos das atividades humanas na paisagem. A localização dessas áreas ao longo dos anos pode ser interpretada como uma resposta tanto a processos naturais (como mudanças na vegetação, uso do solo e topografia) quanto à pressão humana (como desmatamento, urbanização e agricultura). A seguir, um resumo da evolução dessas áreas nos mapas:

- I. 1985: Em 1985, as áreas classificadas como "Moderado" e "Forte" estavam predominantemente localizadas ao sul da área de estudo, associadas à formação campestre local e à transição de declividade entre o planalto meridional e a depressão central. Essa região

era provavelmente caracterizada por uma vegetação nativa mais bem preservada, com menos intervenções humanas, o que conferia maior sensibilidade ecológica.

- II. 2005: Em 2005, as áreas ao sul perderam seu valor de sensibilidade ecológica mais elevado, o que pode ser um reflexo de degradação ambiental causada por atividades agrícolas. No entanto, áreas a oeste passaram a apresentar manchas de forte sensibilidade, provavelmente relacionadas a remanescentes de formação campestre que, apesar da pressão, ainda apresentavam boa cobertura vegetal e ecossistemas mais resilientes.
- III. 2022: As áreas de sensibilidade "Moderado" e "Forte" estão localizadas ao sudoeste, se expressando em duas manchas bem menores do que haviam sido identificadas em 2005. No centro, áreas de sensibilidade forte começam a aparecer timidamente associadas à formação florestal consolidada, possivelmente devido à declividade da topografia local e ao abandono da agricultura em locais de difíceis condições pela topografia, o que favoreceu a conservação da vegetação nativa e o aumento da biodiversidade.
- IV. Fragmentação e Dispersão: A fragmentação das áreas de maior sensibilidade ecológica, que se tornaram recortadas e dispersas ao longo do tempo, é um ponto de preocupação, pois reduz a conectividade ecológica e pode dificultar a mobilidade da fauna, a recuperação dos ecossistemas e a manutenção dos serviços ecossistêmicos. A perda de conectividade reflete a necessidade de estratégias de conservação para mitigar esses impactos.

As mudanças na localização e fragmentação das áreas de sensibilidade ecológica destacam a necessidade urgente de implementar estratégias de conservação e restauração. A criação de corredores ecológicos é fundamental para reconectar áreas fragmentadas, facilitando a regeneração natural e mitigando impactos ambientais, como erosão e perda de biodiversidade. A predominância de áreas com sensibilidade classificada como fraca e muito fraca aponta para uma paisagem mais vulnerável e menos resiliente, exigindo intervenções focadas em restauração ecológica e manejo sustentável. Em resumo, a degradação e fragmentação das áreas mais sensíveis reforçam a urgência de políticas de conservação eficazes, principalmente, com a recuperação de áreas degradadas e uma gestão integrada dos recursos hídricos, a fim de garantir a sustentabilidade dos ecossistemas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise realizada e a aplicação da metodologia proporcionaram uma compreensão aprofundada das dinâmicas das paisagens naturais e antrópicas ao longo do tempo no território estudado. A identificação das áreas de sensibilidade ecológica em cinco níveis foi essencial para

destacar regiões que demandam atenção urgente, seja para preservação ambiental imediata, restrições de uso ou apropriação sustentável para atividades humanas.

As transformações observadas nas bacias hidrográficas do Baixo Jacuí, Pardo e Vacacaí-Vacacaí Mirim evidenciam uma conversão significativa da paisagem natural para usos antropogênicos, como a expansão agrícola e a silvicultura. Esta mudança resultou na redução de 19,4% da vegetação natural e em uma queda expressiva nas áreas de sensibilidade ecológica classificadas como "Moderado" e "Forte", além da ausência de áreas "Muito Forte". Essas categorias são cruciais para a manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos, e sua fragmentação compromete a conectividade ecológica, dificultando a mobilidade da fauna e a integridade dos ecossistemas.

Observou-se uma disparidade marcante entre as áreas naturais e antropogênicas, especialmente ao norte da região e nas proximidades dos recursos hídricos. A escassa presença de áreas de alta sensibilidade ecológica é preocupante, mesmo em regiões com iniciativas de proteção ambiental, como o Corredor Ecológico da Quarta Colônia e a Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. Essa situação ressalta a necessidade de comparar os resultados obtidos com as delimitações dessas áreas protegidas para oferecer uma visão mais integrada e detalhada, contribuindo para o aprimoramento das estratégias de gestão e planejamento territorial.

Diante das transformações observadas, a implementação de medidas de conservação, restauração e manejo sustentável é essencial. A criação de corredores ecológicos é fundamental para reconectar áreas fragmentadas, promovendo a regeneração natural e a continuidade dos processos ecológicos. Além disso, a preservação de formações florestais consolidadas e a adoção de práticas agrícolas sustentáveis são essenciais para reverter a degradação ambiental, garantindo a sustentabilidade dos recursos naturais e a qualidade de vida das comunidades locais.

A implementação de políticas de gestão integrada e o fortalecimento de iniciativas de conservação podem contribuir significativamente para a proteção dos ecossistemas e a promoção de um uso mais sustentável do território. A continuidade dessas ações é vital para assegurar a resiliência das paisagens e a conservação da biodiversidade a longo prazo.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES).

## REFERÊNCIAS

BOTEQUILHA-LEITÃO, A.; RIBEIRO, S. C.. Análise de Padrões. *In*: RIBEIRO, S. M. C.; BOSCOLO, D.; CIOCHETTI, G.; FIRMINO, A.; GUIOMAR, N. [org.]. **Ecologia da paisagem no contexto luso-brasileiro: volume 1**. Curitiba: Appris, 2021. p.222-263.

CHRISTOFOLETTI, A.. **Geomorfologia**. 2 ed.. São Paulo: Edgard Blücher; 1980.

CIOCHETTI, G. *et al.* **Ecologia da Paisagem no Contexto Luso-brasileiro**. Curitiba: Appris, 2021. v. 1.

COCCO, R. M. **Espaços livres públicos potenciais para o lazer e a recreação da cidade de Santa Maria, RS**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo, RS, 2020. Disponível em:

[https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/21289/DIS\\_PPGAUP\\_2020\\_COCCO\\_RENATA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/21289/DIS_PPGAUP_2020_COCCO_RENATA.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

FORMAN, R.T.T.; GODRON, M. **Landscape Ecology**. John Wiley & Sons, 1986.

FORMAN, Richard Townsend Turner. **Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions**. New York: Cambridge University Press, 1995.

FORMAN, R. T. T.; COLLINGE, S.K.. The "mosaic" concept in landscape ecology. *In*: SANDERSON, J.; HARRIS, L. D. (Eds.), **Landscape Ecology: A Top Down Approach**. Lewis Publishers, 1996.

FORMAN, R. T. T.. **Mosaico territorial para la región metropolitana de Barcelona**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2004.

FORMAN, R. T. T. **Urban Regions: Ecology and Planning Beyond the City**. New York: Cambridge University Press, 2008.

FREIRE, M. C.; RAMOS, I. J.; CABECINHA, E.; FARIA, S.; GUIOMAR, N.. Corredores Ecológicos. *In*: RIBEIRO, S. M. C.; BOSCOLO, D.; CIOCHETTI, G.; FIRMINO, A.; GUIOMAR, N. [org.]. **Ecologia da paisagem no contexto luso-brasileiro: volume 2**. Curitiba: Appris, 2021. p.137-166.

FERNANDES, J. P. A. Escala em Ecologia da Paisagem. *In*: RIBEIRO, S. M. C.; BOSCOLO, D.; CIOCHETTI, G.; FIRMINO, A.; GUIOMAR, N. [org.]. **Ecologia da paisagem no contexto luso-brasileiro: volume 1**. Curitiba: Appris, 2021. p.59-82.

GUIOMAR, N.; FARIA, S.; GODINHO, S.; MACHADO, R.; BOSCOLO, D.. Dinâmicas e Evolução da Paisagem. *In*: RIBEIRO, S. M. C.; BOSCOLO, D.; CIOCHETTI, G.; FIRMINO, A.; GUIOMAR, N. [org.]. **Ecologia da paisagem no contexto luso-brasileiro: volume 1**. Curitiba: Appris, 2021. p.113-150.

HAINES-YOUNG, R.; CHOPPING, M. Quantifying landscape structure: A review of landscape indices and their application to forested landscapes. **Progress in Physical Geography**, 20(4), 418-

445, 1996. doi:10.1177/030913339602000403. Disponível em:  
[https://www.nottingham.ac.uk/cem/pdf/Haines-Young\\_Chopping\\_1996.pdf](https://www.nottingham.ac.uk/cem/pdf/Haines-Young_Chopping_1996.pdf).

MENEGUETTI, K. S. **De cidade-jardim a cidade sustentável: potencialidades para uma estrutura ecológica urbana em Maringá-PR**. São Paulo: USP, 2007. Tese. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem em SIG**. 1 ed. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2009.

LUCA, V., SANTIAGO, A. G. **Avaliação do caráter da paisagem: abordagens européias**. Paisagem E Ambiente, (36), 2015, 37-46. Disponível em:  
<https://www.revistas.usp.br/paam/article/view/97437/109827>.

RAGONHA, J.; SCHENK, L. B. M. **Planejar com a Paisagem: contatos históricos e perspectivas contemporâneas**. Oculum Ensaios, [S. l.], v. 19, p. 1–16, 2022. DOI: 10.24220/2318-0919v19e2022a4971. Disponível em: <https://periodicos.puc-campinas.edu.br/oculum/article/view/4971>.

ROSS, J. L. S. **Geografia do Brasil**. São Paulo: Edusp, 1994.

ROSS, J. L. S. O Conceito de Paisagem e as Paisagens Brasileiras. **Revista do Departamento de Geografia**, 15, 2004.

ROSS, J. L. S. **Sistemas de Informações Geográficas: Aplicações na Geografia Humana**. São Paulo: Contexto, 2009

Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Infraestrutura. **Dados Gerais das Bacias Hidrográficas. GOVRS**. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas>.

SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process: planning, priority setting, resource allocation**. New York: McGraw-hill, 1980. 287 p.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

TARDIN, R. **Ordenação sistêmica da paisagem: uma aproximação metodológica**. In: TARDIN, R. Análise, ordenação e projeto da paisagem: uma abordagem sistêmica. Rio de Janeiro: Rio Books, 2018. p. 163-237.

TROMBETA, L. R., Garcia, R. M., Nunes, R. S., Gouveia, I. C. M. C., Leal, A. C., & Gouveia, J. M. C. **Análise da Fragilidade Potencial e Emergente do Relevo da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Pontal do Paranapanema, São Paulo, Brasil**. Caderno Prudentino De Geografia, 1(36), 159–173, 2014. Disponível em:  
<https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/3178>.

TURNER, M. G., GARDNER, R. H., & O'Neill, R. V. **Landscape Ecology in Theory and Practice: Pattern and Process**. Springer, 2001.



VOLOTÃO, C. F. S. **Métricas do Fragstats**. Trabalho de Análise Espacial do Curso de Mestrado do INPE, Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1988. Disponível em:  
<https://www.dpi.inpe.br/cursos/ser431/trabalhos/fragstats.pdf>.

WEISS, R.; PIPPI, L. G. A. **Análise multicritério na definição de vulnerabilidade ambiental**. *Terr@ Plural, [S. l.]*, v. 13, n. 3, p. 272–295, 2019. Disponível em:  
<https://revistas.uepg.br/index.php/tp/article/view/13438>.

WU, J. **Effects of changing scale on landscape pattern analysis: scaling relations**. *Landscape Ecology*, 19(2), 125-138, 2004. doi:10.1023/B:LAND.0000021717.60708.47. Disponível em:  
<https://link.springer.com/article/10.1023/B:LAND.0000021711.40074.ae>.

WU, J. **Landscape Ecology, Cross-Fertilization, and the Scientific Basis for Sustainability**. *Landscape Ecology*, 23(8), 1117–1120, 2008.

# AS CONCENTRAÇÕES DE OZÔNIO E A PREVALÊNCIA DA COVID-19 NO RIO GRANDE DO SUL DURANTE AS MEDIDAS RESTRITIVAS

**Carina Sinnott Duarte**

Mestre em Ciências Ambientais - Universidade Federal de Pelotas

E-mail: carinasinnott@gmail.com

**Ruan Bernardy**

Mestre em Ciências Ambientais - Universidade Federal de Pelotas

Doutorando em Ciência e Tecnologia de Alimentos - Universidade Federal de Pelotas

E-mail: ruanbernardy@yahoo.com.br

**Diuliana Leandro**

Doutora em Ciências Geodésicas - Universidade Federal do Paraná

Professora na Universidade Federal de Pelotas

E-mail: diuliana.leandro@gmail.com

**Maurizio Silveira Quadro**

Doutor em Ciência do Solo/Reaproveitamento de Resíduos - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Professor na Universidade Federal de Pelotas

E-mail: mausq@hotmail.com

**Suelen Cristina Movio Huinca**

Doutora em Ciências Geodésicas - Universidade federal do Paraná

Professora na Universidade Federal de Pelotas

E-mail: suelen.huinca@gmail.com

**Cicero Coelho de Escobar**

Doutor em Engenharia Química - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Professor na Universidade Federal de Pelotas

E-mail: cicero.escobar@gmail.com

**Flávio Manoel Rodrigues da Silva Júnior**

Doutor em Ciências Fisiológicas - Universidade Federal do Rio Grande

Professor na Universidade Federal do Rio Grande

E-mail: f.m.r.silvajunior@gmail.com

38

## RESUMO

A poluição do ar se tornou um tema recorrente em pesquisas e estudos relacionados à saúde pública. O aumento das concentrações de poluentes do ar, como gases, materiais particulados, óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis, têm sido associados a diversas doenças. Dentre os gases poluentes, o ozônio encontrado na troposfera, em altas concentrações, pode ser nocivo aos seres vivos e ao meio ambiente, contribuindo para o agravamento de doenças respiratórias e cardiovasculares nos seres humanos. O ozônio é um gás de formação complexa, que depende de múltiplos fatores para a sua formação e consumo. Diversos estudos têm abordado o aumento das concentrações de ozônio na atmosfera, inclusive durante a pandemia de COVID-19, onde medidas restritivas foram impostas a fim de diminuir a circulação da população, na tentativa de frear a contaminação pelo novo vírus. Este artigo buscou realizar uma análise espacial e comparativa acerca das concentrações de ozônio em relação à prevalência e hospitalizações por COVID-19 durante as medidas restritivas no ano de 2020. A análise foi realizada através de dados secundários dos municípios de Caxias do Sul e Porto Alegre, que pertencem ao eixo com maior nível de industrialização e possuem a maior densidade populacional do Estado. Foi possível verificar que o aumento e o declínio dos casos e hospitalizações por COVID-19 nos dois municípios se comportaram de maneira semelhante, assim como a variação nas concentrações do gás ozônio no período analisado. Embora o comportamento da prevalência de COVID-19 e das concentrações do gás tenham sido parecidas nos dois municípios, se comportaram de forma descolada entre as variáveis, necessitando de estudos mais detalhados e aprofundados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pandemia, Hospitalizações, Doenças cardiorrespiratórias, Poluição atmosférica, Troposfera.

## **OZONE CONCENTRATIONS AND THE PREVALENCE OF COVID-19 IN RIO GRANDE DO SUL DURING RESTRICTIVE MEASURES**

### **ABSTRACT**

Air pollution has become a recurring theme in research and studies related to public health. Increased concentrations of air pollutants, such as gases, particulate matter, nitrogen oxides and volatile organic compounds, have been associated with several diseases. Among the polluting gases, ozone found in the troposphere, in high concentrations, can be harmful to living beings and the environment, contributing to the worsening of respiratory and cardiovascular diseases in human beings. Ozone is a gas of complex formation, which depends on multiple factors for its formation and consumption. Several studies have addressed the increase in ozone concentrations in the atmosphere, including during the COVID-19 pandemic, where restrictive measures were imposed to reduce population circulation, to curb contamination by the new virus. This article sought to carry out a spatial and comparative analysis of ozone concentrations in relation to the prevalence of COVID-19 during restrictive measures in the year 2020. The analysis was carried out using secondary data from the municipalities of Caxias do Sul and Porto Alegre, which belong to the axis with the highest level of industrialization and have the highest population density in the state. It was possible to verify that the increase and decline of cases and hospitalizations due to COVID-19 in the two municipalities behaved similarly, as well as the variation in ozone gas concentrations in the analyzed period. Although the behavior of the prevalence of COVID-19 and gas concentrations were similar in the two municipalities, they behaved in a detached way between the variables, requiring more detailed and in-depth studies.

**KEYWORDS:** Pandemic. Hospitalizations. Cardiorespiratory diseases Atmospheric pollution. Troposphere.

### **INTRODUÇÃO**

A poluição do ar se tornou tema recorrente em pesquisas e estudos relacionados à saúde pública (Bernardy *et al.*, 2022), tendo diversas doenças associadas ao aumento das concentrações de poluentes atmosféricos (Mota, 2021). Esse aumento está ligado à presença de elementos considerados poluentes do ar, como, por exemplo, gases, materiais particulados (MP), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e compostos orgânicos não voláteis (COV). Estes poluentes atuam de forma direta na saúde dos seres vivos e no meio ambiente (Hagenbjörk *et al.*, 2017; Ministério da Saúde, 2021).

O gás ozônio (O<sub>3</sub>) presente na estratosfera, onde é conhecido em geral pela camada de ozônio ou ozonfera, possui fundamental importância para a proteção da vida no planeta Terra, pois essa camada inibe a entrada de radiação solar em suas camadas mais próximas, especialmente os raios ultravioletas (UV). Entretanto, existe também o O<sub>3</sub> presente na troposfera, onde possui efeito maléfico

se encontrado em altas concentrações, podendo ser letal à saúde dos seres vivos (Frota; Vasconcelos, 2019).

De acordo com Frota e Vasconcelos (2019), o O<sub>3</sub> encontrado na troposfera é altamente oxidativo, podendo danificar materiais emborrachados e obras de arte, e pode ser considerado um poluente. Além disso, pode ser fitotóxico, causando danos às plantas e as deixando suscetíveis ao ataque de pragas (Kondo *et al.*, 2015). Outrossim, é que esse poluente reage com outros poluidores, causando irritações na pele, olhos e vias respiratórias nos seres humanos (Lima *et al.*, 2021).

Em relação à COVID-19, no dia 31 de dezembro de 2019, a China informou à Organização Mundial da Saúde (OMS) sobre a ocorrência de casos de um tipo incomum de pneumonia em Wuhan, capital da província de Hubei, a qual possui 11 milhões de habitantes (Dantas *et al.*, 2020). Casos dessa nova enfermidade se espalharam globalmente. O primeiro caso dessa pneumonia fora da China foi detectado nos Estados Unidos da América (EUA) em 20 de janeiro de 2020. Os primeiros casos na Europa foram identificados no dia 24 de janeiro de 2020. No Brasil, a ocorrência do primeiro caso foi identificada em 26 de fevereiro de 2020, no estado de São Paulo, e em 27 de fevereiro do mesmo ano no estado do Rio Grande do Sul (Brasil, 2022; Rio Grande do Sul, 2021; UNASUS, 2020).

Em 7 de janeiro de 2020, a OMS identificou que essa doença era provocada por um novo tipo de coronavírus (WHO, 2020). O vírus foi identificado como SARS-CoV-2 e a doença como *coronavirus disease 2019*, popularmente chamada de COVID-19 (OPAS, 2020). Em 11 de março de 2020, a OMS declarou estado de pandemia, pela rápida disseminação entre os continentes (UNASUS, 2020a).

Ao ponto que os casos aumentaram, os governos de diferentes países começaram a adotar medidas de restrições para a circulação da população, na tentativa de frear o avanço das contaminações pela COVID-19. As medidas contaram com a suspensão de atividades comerciais e industriais, diminuição da lotação de transportes públicos, suspensão das aulas escolares presenciais, entre outras atividades suspensas (Siliciano *et al.*, 2020).

Durante a pandemia de COVID-19, com a diminuição da circulação de automóveis e do funcionamento de diversas atividades, jornais e demais meios de comunicação relataram uma melhora na qualidade do ar, devido à diminuição da concentração de material particulado, carbono e outros gases no ar. De acordo com Sicard *et al.* (2020), os níveis de dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) chegaram a reduzir em 60% em alguns países em relação a 2019. Além disso, as taxas de PM<sub>2,5</sub>, onde o diâmetro da partícula é inferior a 2,5 micrômetros, também decresceu 60% em Nova Deli, capital da Índia, no mesmo período.

Entretanto, ao mesmo tempo em que houve a diminuição no fluxo de diversas atividades e os níveis de  $\text{NO}_2$ , PM e carbono (C) diminuíram, foi observado um aumento de  $\text{O}_3$  (Kerimray *et al.*, 2020; Tobías *et al.*, 2020; Sicard *et al.*, 2020a; Venter *et al.*, 2020). Em razão da química complexa existente na atmosfera, e ao que já foi exposto acima, ainda existem muitas questões em aberto sobre a formação de poluição do ar durante essas medidas restritivas em função da pandemia de COVID-19. Para Karl *et al.* (2017), essas observações acerca da formação de  $\text{O}_3$  em relação às reduções de emissões de outros poluentes podem fornecer uma visão sobre a eficácia das políticas restritivas.

Em razão de que algumas doenças respiratórias e cardiovasculares podem estar associadas com o aumento nas concentrações de  $\text{O}_3$ , bem como a COVID-19 sendo uma doença respiratória e seus casos agravados poderem levar a um comprometimento das funções cardiorrespiratórias dos indivíduos acometidos por ela (OPAS, 2020a), julga-se importante a análise de diferentes cenários relacionados aos temas pandemia e qualidade do ar. Desta forma, o objetivo deste estudo foi analisar a prevalência de COVID-19, em termos de número de casos e hospitalizações, e a concentração de  $\text{O}_3$  durante o primeiro ano da pandemia nos municípios de Caxias do Sul e Porto Alegre durante o período de medidas restritivas.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### OZÔNIO: PRODUÇÃO E CONSUMO

Os poluentes mais encontrados nos centros urbanos são os materiais particulados do tipo  $\text{PM}_{2,5}$  e  $\text{PM}_{10}$ , dióxido de  $\text{NO}_2$  e  $\text{O}_3$  (troposférico), sendo os poluentes que mais ameaçam a saúde pública por estarem associados a doenças respiratórias e cardiovasculares com mortalidade (Weinmayr *et al.*, 2010; Pascal *et al.*, 2013; Stafoggia *et al.*, 2013; Cohen *et al.*, 2017; Nuvolone *et al.*, 2018). Somente em 2015, França, Itália e Espanha associaram 47.300 mortes às altas taxas de  $\text{PM}_{2,5}$ , 84.300 ao  $\text{NO}_2$  e 38.600 ao  $\text{O}_3$  (EEA, 2018). De acordo com Sicard *et al.* (2020a), em Roma, no ano de 2016, foram atribuídas 1.800 mortes ao  $\text{O}_3$ .

O ozônio pode ser uma das espécies químicas mais complicadas da atmosfera, visto que é regionalmente sensível e sua concentração pode depender de vários fatores, simultaneamente, como: disponibilidade de  $\text{NO}_x$ , configuração rural/urbana da área, disponibilidade de COVs e condições meteorológicas (Menut, 2020; Sillman *et al.*, 2003; Seinfeld *et al.*, 2006). O  $\text{O}_3$  possui átomos essenciais para sua formação, como o C e o N, gases presentes na atmosfera (Rocha *et al.*, 2009). O nitrogênio se junta ao oxigênio para formar o  $\text{NO}_2$  ( $\text{NO}_x + \text{O}_2$ ), já o carbono se combina com o oxigênio para formar os chamados compostos orgânicos voláteis (COVs).



Os COVs são entendidos como sendo qualquer composto de carbono, exceto o CO (monóxido de carbono), CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (ácido carbônico), (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (carbonato de amônio) e carbeto metálicos ou carbonatos (Rocha *et al.*, 2009; Kondo *et al.*, 2015). Os COVs e NO<sub>x</sub> são os principais precursores do ozônio troposférico, pois a transformação dos COVs leva a formação de RO<sub>2</sub> (radical peróxido), OH (hidroxila) e HO<sub>2</sub> (hidroperóxido), reagindo com o NO (monóxido de nitrogênio) para converter em NO<sub>2</sub>, assim as reações para dissociar o NO<sub>2</sub> levam ao surgimento de O<sub>3</sub> (ROCHA *et al.*, 2009).

De acordo com Bolsoni (2017), o ozônio formado na troposfera é explicado através da participação ou não dos COVs. Quando a concentração de COV é baixa no ambiente, sua formação inicia pela dissociação de NO<sub>2</sub>, que a partir da luz solar, origina o NO e o oxigênio atômico (equação 1). O átomo de oxigênio reage com o O<sub>2</sub> presente na atmosfera, e consorciada com uma molécula inerte (M), por exemplo N<sub>2</sub>, em função da absorção de energia, forma o O<sub>3</sub> (equação 2). O NO advindo da primeira equação reage com o O<sub>3</sub> formado na segunda, regenerando o NO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> (equação 3). Assim, o O<sub>3</sub> é consumido, não sendo acumulado (Assis, 2014; Cassimiro, 2015). Essa é uma realidade em que se considera a atmosfera em equilíbrio (Bolsoni, 2017).

#### **Rota 1 – Mecanismo de fotólise do NO<sub>2</sub>:**



Por outro lado, segundo Bolsoni (2017), quando há presença de COV advinda de fontes biogênicas e/ou antrópicas, que em associação com a radiação solar (hν), podem reagir com os radicais de hidroxila (·OH), encontrados no ambiente, para originar o radical peróxido (·RO<sub>2</sub>) (equação 4). Esse radical consegue oxidar o NO para NO<sub>2</sub> (equação 5), prejudicando o consumo de O<sub>3</sub>, propiciando o seu acúmulo na atmosfera (Cassimiro, 2015; Fernandes, 2015).

#### **Rota 2 – Mecanismo de degradação dos COVs**



A formação de O<sub>3</sub> troposférico também é bastante influenciada por condições climáticas e topográficas (NEVES, 2009), como o estudo de Zou *et al.* (2019), que analisa as emissões de O<sub>3</sub> durante o verão e o outono. Diversos estudos já foram realizados de modo a analisar casos específicos de grandes cidades ao redor do mundo (NETTO, 2017).

De acordo com Sicard *et al.* (2020a), estudos identificaram que nos centros urbanos da França, Coreia do Sul e Reino Unido as concentrações de O<sub>3</sub> na superfície são mais elevadas aos finais de semanas, quando comparado com o restante da semana, apesar de existirem menores emissões de NO<sub>x</sub> e COVs. Outro estudo com desfecho semelhante foi realizado em quatro municípios do estado do Rio Grande do Sul, no Brasil, por Tavella *et al.* (2023).

## MEDIDAS RESTRITIVAS PELO MUNDO

Com a rápida disseminação do novo vírus e a declaração do estado de pandemia pela OMS e com o intuito de conter a propagação do vírus e o contágio da população pela COVID-19, os governantes de países, estados e cidades se viram obrigados a adotar medidas de restrições quanto às atividades das localidades que estavam sob seus comandos. Por se tratar de uma doença até então desconhecida, as principais orientações recomendavam evitar aglomerações e promover o distanciamento social, manter uma boa higiene (principalmente das mãos) e evitar ao máximo o contato próximo com pessoas, principalmente em locais fechados (Brasil, 2021).

Medidas de restrições como o fechamento completo de estabelecimentos, suspensão de atividades industriais e serviços, cancelamento de voos, proibição de circulação das pessoas nas ruas, entre outras medidas restritivas foram adotadas. Wuhan, epicentro da doença, adotou medidas restritivas severas, decretando lockdown semanas após o surgimento de novos casos (Sicard, 2020) e, posteriormente, em todas as províncias da China (Chen *et al.*, 2020). No Cazaquistão, a cidade de Almaty introduziu uma quarentena em escala de cidade, poucos dias depois de ser declarado estado de emergência, em março de 2020 (Kerimray *et al.*, 2020).

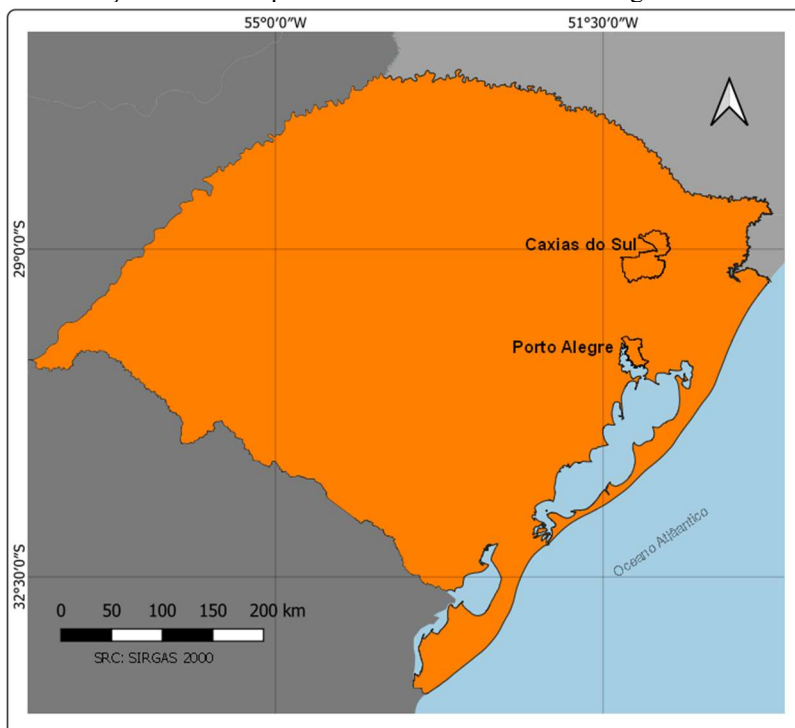
Ainda nesse contexto, a Índia decretou um bloqueio total, de três semanas, de atividades fora de casa. Cingapura fechou escolas e comércios não essenciais de abril a junho de 2020. A Tailândia decretou um toque de recolher no período da noite até o amanhecer no mês de abril do mesmo ano. Na Europa, a Itália impôs um bloqueio ao nível nacional no início da pandemia. A Espanha, da mesma forma, decretou quarentena nacional. Outros diversos países, em diferentes continentes, como a França, Alemanha, Rússia, Emirados Árabes, Argentina, Colômbia, Marrocos, Quênia, também

decretaram medidas de restrições similares, a fim de frear a disseminação da COVID-19 (KOH, 2020).

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Trata-se de uma análise espacial e comparativa realizada através do Sistema de Informações Geográficas (SIG), a partir de dados secundários obtidos em bases de acesso público. As unidades de análise foram os municípios de Caxias do Sul e Porto Alegre, localizados no estado do Rio Grande do Sul, Brasil (Figura 1). Os dados são referentes à prevalência de casos e hospitalizações por COVID-19, e à concentração de ozônio troposférico. O estudo se deteve em realizar uma análise descritiva dos cenários elucidados nos mapas, acerca dos períodos em que foram impostas medidas restritivas de circulação e funcionamento de estabelecimentos através de decretos dos respectivos municípios. A análise e descrição se limitaram apenas no aumento ou declínio da prevalência e hospitalizações por COVID-19 e das concentrações do poluente, não levando em conta os valores absolutos. O período de análise corresponde aos meses de abril, maio, junho, julho, agosto e setembro de 2020.

**Figura 1** - Localização dos municípios de Caxias do Sul e Porto Alegre no Rio Grande do Sul.



Fonte: Autores, 2022.

Os municípios deste estudo correspondem às duas cidades com maior densidade populacional do estado do Rio Grande do Sul. Além disso, pertencem ao eixo com maior nível de industrialização do estado, de acordo com o levantamento do governo gaúcho publicado no Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul (Rio Grande do Sul, 2021a). Os dados utilizados nesta pesquisa são de livre acesso, assim como o software utilizado para a elaboração dos mapas utilizados nas análises.

Os dados de prevalência e hospitalizações por COVID-19 foram obtidos através do Painel Coronavírus RS, da Secretaria Estadual de Saúde (SES-RS)<sup>1</sup>, através de dados agregados, em formato .csv e, posteriormente, convertidos em .xlsx para serem tratados no editor de planilhas Microsoft Excel.

Do arquivo obtido da SES-RS, foram utilizados os seguintes dados: município, data dos sintomas e hospitalização referente ao ano de 2020 e aos municípios de Caxias do Sul e Porto Alegre somente. O código dos municípios foi obtido através do sistema Cidades@, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)<sup>2</sup>.

Os dados referentes à concentração de ozônio nos municípios abordados foram obtidos na plataforma GIOVANNI-NASA<sup>3</sup>, para os meses de abril a setembro de 2020, de acordo com a data de publicação dos decretos municipais para restrição das atividades. Com as variáveis selecionadas para a região de estudo, os arquivos foram salvos em formato geoTIFF para posterior aplicação no software QGIS.

O órgão responsável pelo monitoramento dos parâmetros da qualidade do ar no Rio Grande do Sul é a Fundação de Apoio ao Meio Ambiente Luís Roessler, a FEPAM. No entanto, não existem estações de monitoramento dos poluentes do ar em nenhuma das duas cidades deste estudo. Desta forma, não serão confrontados dados de forma direta com os dados obtidos pela plataforma GIOVANNI.

A plataforma da NASA tem fácil usabilidade, pois é simples e dispõe de vários recursos de sensores para as mais diversas observações dos constituintes do ar (Bernardy *et al.*, 2022; Silva Júnior *et al.*, 2022). Segundo Bernardy *et al.*, (2022), o serviço não é cobrado pela instituição, fornecendo recursos para cientistas da área a fim de explorar e analisar a atmosfera terrestre.

Para mapear o O<sub>3</sub>, foi utilizado o *Ozone Monitoring Instrument* - OMI, de construção holandesa-finlandesa, operado a bordo da espaçonave NASA EOS Aura desde julho de 2004

<sup>1</sup>Disponível em: <https://ti.saude.rs.gov.br/covid19/>

<sup>2</sup>Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>

<sup>3</sup>Disponível em: <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>

(LEVELT *et al.*, 2006). De acordo com Shikwambana, Mhangara e Mbatha (2020) e NASA (2022b), esse sensor consegue distinguir os tipos de aerossóis, como fumaça, poeira e sulfatos, fazendo a medição da pressão e cobertura de nuvem, para fornecer dados de modo a efetuar a derivação do ozônio troposférico. As medições de OMI, juntamente com outros instrumentos a bordo do satélite Aura, podem fornecer medição direta da taxa de mistura de ozônio em coluna vertical, na camada de transição tropical (TTL – *Tropical Transition Layer*) ou tropopausa, que é a zona de transição entre a troposfera e a estratosfera (Bhartia *et al.*, 2006; Gonçalves, 2013).

De acordo com a equipe que desenvolveu o equipamento, este emprega imagens hiperspectrais em modo varredura, efetuando a observação da radiação solar de retrodifusão na faixa do visível e do ultravioleta. Isso melhora a exatidão das quantidades totais de ozônio, além de fazer a auto-calibração radiométrica e comprimento de onda ao longo do tempo (NASA, 2022b).

Ainda segundo o projeto Aura, o OMI realiza as medições em resolução próxima à escala urbana, possibilitando assim a varredura de poluição advinda de indústrias e queima de biomassa (NASA, 2022b). Outrossim, um estudo realizado por Hu *et al.* (2020), comparou outros mecanismos de medição de ozônio troposférico, como sondas de ozônio com Célula de Concentração Eletroquímica (ECC), demonstrando bom índice de correlação.

A unidade de medida das concentrações de O<sub>3</sub> obtidas pela plataforma é dada em Unidades de Dobson (DU), usada para medir a espessura da camada de ozônio, como se concentrasse todo o gás em uma única camada (NASA, s/d). A OMS estabelece os parâmetros de Ozônio em volume, dado em microgramas por metro cúbico ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), sendo  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  o limite considerado aceitável em um período de 8 horas (OPAS, 2021). Segundo o portal NASA *Ozone Watch*, “uma coluna de ar com uma concentração de ozônio de 1 Unidade Dobson (DU) conteria cerca de  $2,69 \times 10^{16}$  moléculas de ozônio para cada centímetro quadrado de área na base da coluna”.

Vale ressaltar que os dados obtidos na plataforma não foram convertidos, por se tratar de unidades utilizadas para parâmetros diferentes. Desta forma, foi realizada uma análise a partir das concentrações de O<sub>3</sub> em DU, avaliando se houve aumento ou declínio nas concentrações, de acordo com os valores de espessura do gás obtidos na plataforma GIOVANNI-NASA e não em seu volume.

Para a geração dos mapas, foi utilizado o software QGIS, versão 3.22. Este possui livre acesso e é utilizado para visualizar, editar e analisar dados georreferenciados. Foi empregado o Sistema de Referência de Coordenadas oficial do Brasil, o SIRGAS 2000. Foi utilizado o método de intervalos iguais para a distribuição das classes de casos e hospitalizações por COVID-19 e para as concentrações de ozônio. Os números de classes e as escalas de cores utilizadas foram escolhidos de



forma que melhor representassem numérica e esteticamente as variações dos dados e períodos analisados.

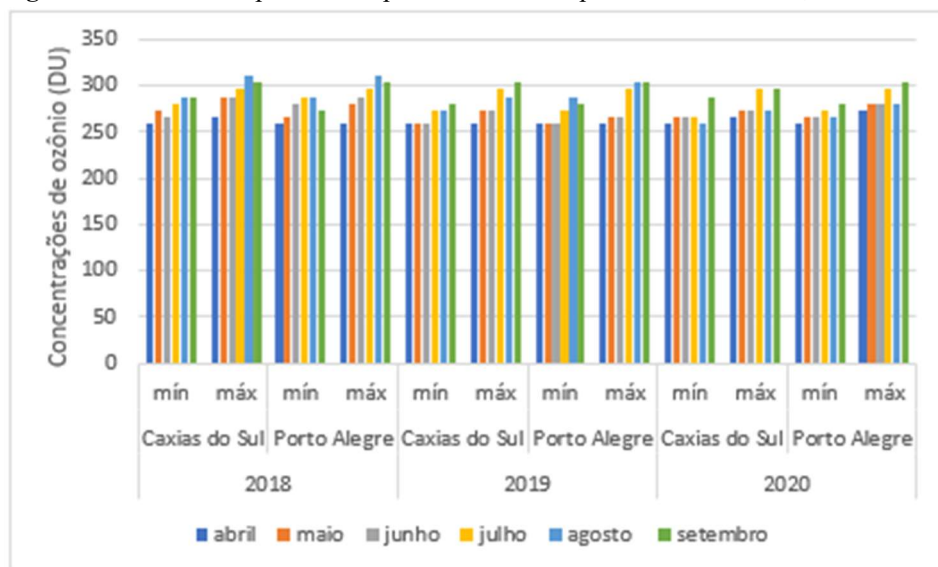
## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O município de Caxias do Sul, na serra gaúcha, dispôs sobre a suspensão de todas as atividades industriais e estabelecimentos comerciais, além das praticadas ao ar livre, através do Decreto nº 20.855, de 02 de abril de 2020 (Caxias do Sul, 2020). Estabelecimentos como restaurantes, serviços de saúde, saneamento e transporte público, considerados essenciais, puderam seguir em funcionamento com algumas medidas de segurança, como higienização constante dos espaços, uso de equipamentos de proteção individual (EPIs) e distanciamento entre funcionários e clientes. Essas atividades puderam retornar ao funcionamento gradual a partir de 17 de abril. Atividades industriais e de serviços ocorreram a partir do dia 20 de abril. Os estabelecimentos de promoção da saúde, como academias e centros de treinamento, voltaram a funcionar a partir do dia 22 de abril. Os clubes sociais, a partir do dia 7 de maio.

Já na capital, Porto Alegre, os serviços não considerados essenciais tiveram de interromper suas atividades pela primeira vez no dia 31 de março, a partir do Decreto nº 20.534 (Porto Alegre, 2020). Somente poderiam funcionar atividades vinculadas à saúde, transportes, segurança e telecomunicações. O retorno gradual em Porto Alegre se deu a partir do Decreto nº 20.549 (Porto Alegre, 2020a), onde as atividades industriais e lojas do comércio em geral tiveram liberação de retorno. Com o número de casos e hospitalizações se elevando, Porto Alegre decretou um segundo bloqueio de atividades em junho do mesmo ano, a partir do Decreto nº 20.623 (Porto Alegre, 2020b), voltando a afrouxar suas medidas em agosto do mesmo ano.

Durante o período de estudo, de abril a setembro de 2020, os municípios de Caxias do Sul e Porto Alegre tiveram seu maior registro para os casos por COVID-19 no mês de agosto, com 3316 e 10877 casos, respectivamente. As hospitalizações por COVID-19, tiveram seu maior registro no mês de agosto, para Caxias do Sul, e no mês de julho, para Porto Alegre; com 201 e 1139 hospitalizações, respectivamente. Já as máximas concentrações de ozônio registradas no período de estudo ocorreram em julho e setembro para Caxias do Sul (272,9 DU) e setembro para Porto Alegre (302,9 DU), conforme o gráfico da Figura 2. No mesmo gráfico, podem ser comparadas as concentrações de O<sub>3</sub> nos anos de 2018 e 2019.

**Figura 2** - Gráfico comparativo do período de estudo para os anos de 2018, 2019 e 2020.



Fonte: SES-RS (2021); NASA (2022).

Os casos de COVID-19 em Caxias do Sul, quintuplicaram de abril para maio, se mantendo elevado até agosto. Em setembro, o número de casos começou a declinar, indicando uma possível regressão da pandemia. A evolução dos casos em Porto Alegre se comportou de maneira semelhante, porém com números mais expressivos no mesmo período, visto que a capital gaúcha possui aproximadamente três vezes mais habitantes de Caxias do Sul.

No entanto, em relação às hospitalizações, ambas as cidades mantiveram uma crescente nos números até o mês de agosto, sofrendo leves reduções quando analisado o mês seguinte. Entretanto, a capital obteve novamente números mais elevados, com crescimento mais expressivo quando comparado com a cidade da serra.

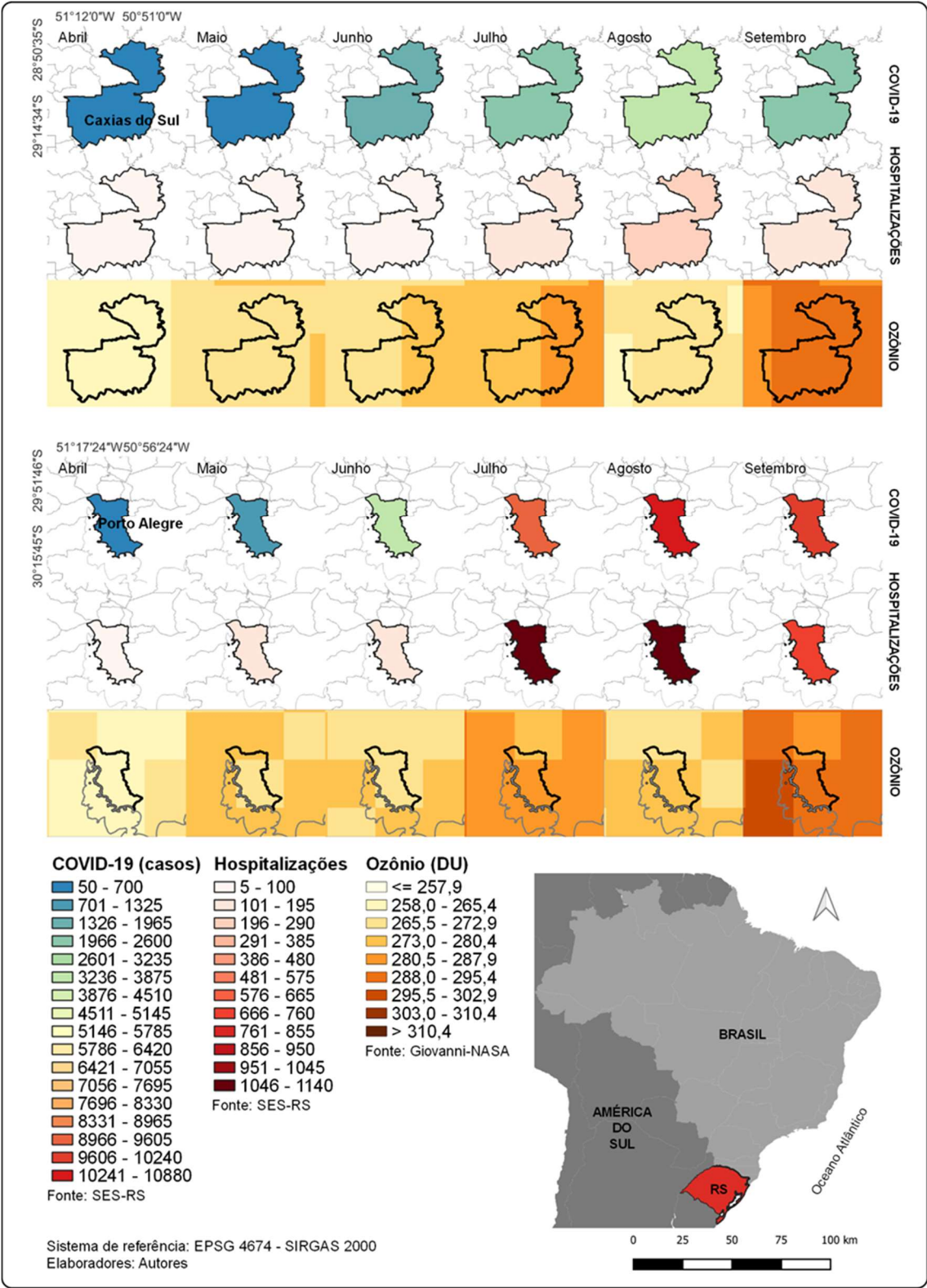
Quanto ao O<sub>3</sub>, pode-se perceber que nos dois municípios as concentrações do gás se comportaram da mesma forma durante o período analisado: de abril para maio houve um aumento nas concentrações de O<sub>3</sub>; de maio para junho os níveis se mantiveram; de junho para julho houve um leve aumento; de julho para agosto houve um leve declínio nas concentrações; e de agosto para setembro houve um aumento considerável.

Por mais que o ozônio seja prejudicial aos seres vivos em altas concentrações e a COVID-19 possa ocasionar um agravamento de enfermidades respiratórias, o número de hospitalizações por COVID-19 aumentou de forma descolada do aumento das concentrações de ozônio. Por outro lado, as concentrações desse gás presumem ter relação com os períodos de bloqueios das atividades em

Porto Alegre, visto que, em maio e setembro, os meses de afrouxamento das medidas restritivas impostas pelos decretos, os níveis de ozônio tiveram aumento.

Sendo assim, na Figura 3 é possível visualizar o mapa temático com a incidência de casos, hospitalizações e concentração de ozônio, organizado em formato comparativo para melhor análise.

**Figura 3** - Mapa temático comparativo de casos, hospitalizações e concentração de ozônio.



Fonte: Autores, 2022.

Em Caxias do Sul, ao ponto que aumentava o número de casos e hospitalizações, a concentração de O<sub>3</sub> também apresentava elevação. Isso pode ser visto entre os meses de abril e julho. Contudo, quando analisado o mês de agosto na cidade serrana, os níveis de ozônio sofreram reduções, enquanto o número de contaminações e hospitalizações continuou aumentando. Essa desproporção também foi verificada no mês de setembro, onde a concentração do gás aumentou consideravelmente, enquanto os casos e hospitalizações diminuíram.

Segundo Bernardy *et al.* (2022), diversas vezes o O<sub>3</sub> encontrado na troposfera é confundido com a camada que protege a população dos raios ultravioletas do sol. Porém, o gás tem um efeito contrário, visto que, o O<sub>3</sub> encontrado até 10 quilômetros de altura se comporta como um oxidante, causando danos aos seres vivos em geral (DANTAS *et al.*, 2019, 2020a). Esse gás encontrado no nível do solo é considerado o poluente mais nocivo para a saúde humana (sistema respiratório e cardiovascular) e para o meio ambiente (Mills *et al.*, 2011; WHO, 2013; Sicard *et al.*, 2016a, 2016b; Nuvolone *et al.*, 2018; Sicard *et al.*, 2019). Por isso é demandado diversos estudos de modo a avaliar sua concentração no ar e a relação com outras doenças.

Já em Porto Alegre, o aumento foi mais acentuado, para as três avaliações, onde novamente o mês de setembro apresentou os maiores valores. Essa elevação nos números pode ser explicada pela maior densidade populacional verificada na capital gaúcha. Porém, municípios menores, como por exemplo Nova Araçá e Santa Cecília do Sul, apresentaram altas taxas de contaminados e hospitalizados, de acordo com o Painel Coronavírus RS (SES-RS).

As concentrações de O<sub>3</sub> em tempos ditos “normais”, ou seja, sem restrições de movimentações por parte das pessoas, são fortemente relacionadas com poluentes gerados pelo tráfego de automóveis (Frota; Vasconcelos, 2019). Kerimray *et al.* (2020), constataram um aumento de 15% nas concentrações de O<sub>3</sub> em Almaty, no Cazaquistão, durante o *lockdown* realizado na cidade, apesar do tráfego de automóveis ter sido severamente restringido. Esse aumento foi atribuído aos níveis mais altos de atividade solar durante os dias de bloqueio das atividades (19 de março a 14 de abril de 2020). Porém, usinas de calor e energia a carvão mantiveram suas atividades contínuas.

De acordo com Sicard *et al.* (2020), identificaram um aumento nas concentrações de O<sub>3</sub> nos centros urbanos de sete países (Canadá, França, Itália, Coreia do Sul, Japão, Espanha e Reino Unido) aos finais de semanas, quando comparado com o restante da semana, apesar de existirem menores emissões de NO<sub>x</sub> e COVs.



Segundo trabalho realizado por Menut *et al.* (2020) a partir do estudo sobre os impactos das medidas de confinamento na qualidade do ar em função da COVID-19 em países da Europa Ocidental, as concentrações de O<sub>3</sub> tiveram um aumento (menos significativo) no período analisado (março de 2020), enquanto os demais poluentes tiveram um declínio em seus níveis de concentração.

Da mesma forma, Gualtieri *et al.* (2020) constataram um aumento (ou sem alterações) de O<sub>3</sub> ou nas seis das oito cidades mais populosas da Itália (Milão, Bolonha, Florença, Roma, Nápoles e Palermo), justamente pela diminuição do tráfego de veículos e a diminuição nas emissões dos gases poluentes produzidos pelos automóveis, que atuam no processo de consumo do O<sub>3</sub>.

Contudo, novamente se verifica uma quebra na proporcionalidade de crescimento já visto em Caxias do Sul. Na capital, o mês de agosto manteve o aumento de incidência de COVID-19, enquanto o ozônio sofreu redução significativa. Por outro lado, em setembro, a contaminação por sars-cov-2 diminuiu e os níveis de ozônio voltaram a subir.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em Caxias do Sul e Porto Alegre, o aumento e o declínio na prevalência de COVID-19 se comportou de maneira parecida. Bem como as variações nas concentrações de ozônio para o período de estudo nos dois municípios, embora não tenha sido possível converter os valores das concentrações de O<sub>3</sub>, podemos averiguar através do Relatório do Monitoramento da Qualidade do Ar no Rio Grande do Sul 2020, publicado em 2021 pela Fundação de Apoio ao Meio Ambiente - FEPAM-RS (FEPAM, 2021), que as concentrações do ozônio estiveram dentro do índice considerado bom nos parâmetros do Índice de Qualidade do Ar (IQAr) do estado gaúcho, a partir das diretrizes do CONAMA (Resolução 491/2018), embora nenhuma das estações de monitoramento estejam implementadas em Caxias do Sul ou Porto Alegre.

Salienta-se que o estudo foi realizado baseando-se em dados secundários, podendo haver divergência nos resultados obtidos. O aumento na prevalência de COVID-19 e nas concentrações de ozônio ocorreram no mesmo período, porém não se pode afirmar neste estudo que há relação direta sem pesquisas mais aprofundadas. Destaca-se também, a importância da implementação de mais unidades de monitoramento dos parâmetros da qualidade do ar no estado, de modo que se tenha uma análise mais ampla em termos de território devido a diversidade de condições no ambiente.

Considerando o ozônio um gás de formação complexa e dependente de vários fatores simultâneos, pode existir variáveis que estejam correlacionadas a sua variação no período pandêmico, como: a idade da frota e o fluxo de veículos nos municípios em questão e no estado do RS, as

características climáticas no período da análise (ventos, radiação solar, chuvas), a interação do gás com outros poluentes; além da realização de análises estatísticas.

## REFERÊNCIAS

ASSIS, P. I. L. S. **Fluxo estomático de ozônio e sintomas foliares visíveis em Psidium guajava L. 'Paluma'**. 2014. 111 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente, Instituto de Botânica de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

BHARTIA, P. K.; LEVELT, P. F.; TAMMINEN, J.; TORRES, O. Recent results from the Ozone Monitoring Instrument (OMI) on EOS Aura. **Spie Proceedings**, [S.L.], p. 1-12, 1 dez. 2006. SPIE. <http://dx.doi.org/10.1117/12.706521>.

BERNARDY, R.; DADALT, T. A.; PISKE, A. D.; GADOTTI, G. I.; LEANDRO, D.; BILHALVA, L.; GATTO, D. A.; NADAL, A. Avaliação das consequências da pandemia de covid-19 na qualidade do ar no Rio Grande do Sul com uso da plataforma Giovanni-NASA. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, [s. l.], v. 13, n. 8, p. 1-20, 2022.

BOLSONI, V. P. **Compostos orgânicos voláteis (COV) emitidos por espécies vegetais da Mata Atlântica sob alto ozônio**. 2017. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente, Área de Concentração de Plantas Vasculares em Análises Ambientais, Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Coronavírus – Como é transmitido?** Ministério da Saúde: 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/coronavirus/como-e-transmitido>. Acesso em: 02 dez. 2022.

BRASIL. **Coronavírus Brasil. Covid-19 Painel Coronavírus**. DATASUS, 2022. Disponível em: <https://covid.saude.gov.br/>. Acesso em: 06 nov. 2022.

CASSIMIRO, J. C. **Avaliação de índice de proteção à vegetação baseado na dose fitotóxica de ozônio**. 2015. 70 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente, Instituto de Botânica de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

CAXIAS DO SUL. **Decreto nº 20.855, de 02 de abril de 2020**. Município de Caxias do Sul: 2020.

CHEN, K.; WANG, M.; HUANG, C.; KINNEY, P. L.; ANASTAS, P. T. Air pollution reduction and mortality benefit during the COVID-19 outbreak in China. **The Lancet Planetary Health**, [S.L.], v. 4, n. 6, p. 210-212, jun. 2020. Elsevier BV. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/s2542-5196\(20\)30107-8](http://dx.doi.org/10.1016/s2542-5196(20)30107-8).

COHEN, A. J.; BRAUER, M.; BURNETT, R.; ANDERSON, H. R.; FROSTAD, J.; ESTEP, K.; BALAKRISHNAN, K.; BRUNEKREEF, B.; DANDONA, L.; DANDONA, R. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the global burden of diseases study 2015. **The Lancet**, [S.L.], v. 389, n. 10082, p. 1907-1918, maio 2017. Elsevier BV. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6736\(17\)30505-6](http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6736(17)30505-6).

DANTAS, G.; SICILIANO, B.; FREITAS, L.; SEIXAS, E. G. de; SILVA, C. M. da; ARBILLA, G. Why did ozone levels remain high in Rio de Janeiro during the Brazilian truck driver strike? **Atmospheric Pollution Research**, [S.L.], v. 10, n. 6, p. 2018-2029, nov. 2019. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apr.2019.09.010>.

DANTAS, G.; SICILIANO, B.; FRANÇA, B. B.; SILVA, C. M. da; ARBILLA, G. The impact of COVID-19 partial lockdown on the air quality of the city of Rio de Janeiro, Brazil. **Science Of the Total Environment**, [S.L.], v. 729, p. 139085, ago. 2020. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139085>.

DANTAS, G.; SICILIANO, B.; SILVA, C. M. da; ARBILLA, G. A reactivity analysis of volatile organic compounds in a Rio de Janeiro urban area impacted by vehicular and industrial emissions. **Atmospheric Pollution Research**, [S.L.], v. 11, n. 5, p. 1018-1027, maio 2020a. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apr.2020.02.017>.

EEA; (ETC/ACM)., European Topic Centre on Air Pollution and Climate Change Mitigation. Air quality in Europe: 2018 report. **Eea Report**, [S.L.], p. 1-88, 2018. Publications Office. DOI: <http://dx.doi.org/10.2800/777411>.

FERNANDES, F. F. **Marcadores microscópicos para a validação de sintomas em espécie nativa a ser empregada no biomonitoramento de ozônio**. 2015. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Biodiversidade Ambiental e Meio Ambiente, Instituto de Botânica de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

FROTA, E. B.; VASCONCELOS, N. M. S. **QUÍMICA AMBIENTAL**. 2. ed. Fortaleza: EdUECE, 2019.

GUALTIERI, G.; BRILLI, L.; CAROTENUTO, F.; VAGNOLI, C.; ZALDEI, A.; GIOLI, B. Quantifying road traffic impact on air quality in urban areas: a covid19-induced lockdown analysis in Italy. **Environmental Pollution**, [S.L.], v. 267, p. 115682, dez. 2020. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115682>.

GONÇALVES, F. M. A. **Avaliação do ozono troposférico em Portugal – Análise integradora**. 2013. 90 f. Dissertação (Mestrado) – Engenharia do Ambiente. Departamento de Ambiente e Ordenamento. Aveiro, 2013.

HAGENBJÖRK, A.; MALMQVIST, E.; MATTISSON, K.; SOMMAR, N. J.; MODIG, L. The spatial variation of O<sub>3</sub>, NO, NO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> and the relation between them in two Swedish cities. **Environmental Monitoring and Assessment**, [S.L.], v. 189, n. 4, p. 1-12, 13 mar. 2017. Springer Science and Business Media LLC. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-017-5872-z>.

HU, Y.; YAN, H.; ZHANG, X.; GAO, Y.; ZHENG, X.; LIU, X. Study on calculation and validation of tropospheric ozone by ozone monitoring instrument – microwave limb sounder over China. **International Journal of Remote Sensing**, [S.L.], v. 41, n. 23, p. 9101-9120, 1 out. 2020. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/01431161.2020.1800124>.

KARL, T.; GRAUS, M.; STRIEDNIG, M.; LAMPRECHT, C.; HAMMERLE, A.; WOHLFAHRT, G.; HELD, A.; HEYDEN, L. von Der; DEVENTER, M. J.; KRISMER, A. Urban eddy covariance measurements reveal significant missing NO<sub>x</sub> emissions in Central Europe. **Scientific Reports**, [S.L.], v. 7, n. 1, p. 1-9, 30 maio 2017. Springer Science and Business Media LLC. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-017-02699-9>.

KERIMRAY, A.; BAIMATOVA, N.; IBRAGIMOVA, O. P.; BUKENOV, B.; KENESSOV, B.; PLOTITSYN, P.; KARACA, F. Assessing air quality changes in large cities during COVID-19 lockdowns: the impacts of traffic-free urban conditions in Almaty, Kazakhstan. **Science Of the Total Environment**, [S.L.], v. 730, p. 139179, ago. 2020. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139179>.

KOH, D. COVID-19 lockdowns throughout the world. **Occupational Medicine**, [S.L.], v. 70, n. 5, p. 322-322, 2 maio 2020. Oxford University Press (OUP). DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/occmed/kqaa073>.

KONDO, M. M.; BARBOSA, A. F.; BARBOSA, V. M. P.; SILVA, M. R. A. da; ANDRADE, S. J. de. EFEITO FITOTÓXICO DO OZÔNIO NA TROPOSFERA: experimento em sala de aula. **Ciência e Natura**, [S.L.], v. 37, n. 1, p. 163-169, 20 jan. 2015. Universidade Federal de Santa Maria. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/2179460x14817>.

LEVELT, P.F.; HILSENATH, E.; LEPPELMEIER, G.W.; OORD, G.H.J. v. D.; BHARTIA, P.K.; TAMMINEN, J.; HAAN, J.F. de; VEEFKIND, J.P. Science objectives of the ozone monitoring instrument. **Ieee Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, [S.L.], v. 44, n. 5, p. 1199-1208, maio 2006. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/tgrs.2006.872336>.

LIMA, M.; FELIX, E.; CARDOSO, A. APLICAÇÕES E IMPLICAÇÕES DO OZÔNIO NA INDÚSTRIA, AMBIENTE E SAÚDE. **Química Nova**, [S.L.], p. 1-8, 2021. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170759>.

MENUT, L.; BESSAGNET, B.; SIOUR, G.; MAILLER, S.; PENNEL, R.; CHOLAKIAN, A. Impact of lockdown measures to combat Covid-19 on air quality over western Europe. **Science Of the Total Environment**, [S.L.], v. 741, p. 140426, nov. 2020. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140426>.

MILLS, G.; HAYES, F.; SIMPSON, D.; EMBERSON, L.; NORRIS, D.; HARMENS, H.; BÜKER, Patrick. Evidence of widespread effects of ozone on crops and (semi-)natural vegetation in Europe (1990-2006) in relation to AOT40- and flux-based risk maps. **Global Change Biology**, [S.L.], v. 17, n. 1, p. 592-613, 1 dez. 2010. Wiley. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02217.x>.

MOTA, M. V. **Correlação da qualidade do ar com a pandemia do covid-19**. 2021. 68 p. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Ambiental, Departamento de Engenharia Ambiental - Deamb, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2021.

NASA. **Ozone Monitoring Instrument (OMI)**. Projeto Aura, 2022 Disponível em: <https://aura.gsfc.nasa.gov/omi.html>. Acesso em: 06 maio 2022.

NASA. **NASA Ozone Watch** - Images, data, and information for atmospheric ozone. s/d. Disponível em: [https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/facts/dobson\\_SH.html](https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/facts/dobson_SH.html). Acesso em: 28 dez. 2022.

NETTO, F. D.; DAEMME, L. C.; PENTEADO, R.; CORRÊA, S. M.; BELTRÃO, V. de C.; SILVA, V. C. B. da. **FORMAÇÃO DE OZÔNIO TROPOSFÉRICO: uma revisão da literatura. Blucher Engineering Proceedings**, [S.L.], p. 1026-1033, set. 2017. Editora Blucher. DOI: <http://dx.doi.org/10.5151/engpro-simea2017-31>.

NEVES, N. M. S. **FORMAÇÃO E DISPERSÃO DE OZÔNIO NA REGIÃO DO RECÔNCAVO BAIANO**. 2009. 158 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Química, Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

NUVOLONE, D.; PETRI, D.; VOLLER, F. The effects of ozone on human health. **Environmental Science and Pollution Research**, [S.L.], v. 25, n. 9, p. 8074-8088, 25 maio 2017. Springer Science and Business Media LLC. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-017-9239-3>.

OPAS. Organização Pan-Americana da Saúde. 2020. **Folha informativa sobre COVID-19**. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/covid19>.

OPAS. Organização Pan-Americana de Saúde. **Infográfico - COVID-19 doença causada pelo coronavírus 2019: Informe-se**. OPAS: 2020a.

OPAS. Organização Pan-Americana de Saúde. **Diretrizes globais de qualidade do ar da OMS: partículas inaláveis (MP<sub>2,5</sub> e MP<sub>10</sub>), ozônio, dióxido de nitrogênio, dióxido de enxofre e monóxido de carbono**. Resumo executivo. Washington, D.C.: Organização Pan-Americana da Saúde; 2021. Licença: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. DOI: <https://doi.org/10.37774/9789275724613>.

PASCAL, M.; CORSO, M.; CHANEL, O.; DECLERCQ, C.; BADALONI, C.; CESARONI, G.; HENSCHER, S.; MEISTER, K.; HALUZA, D.; MARTIN-OLMEDO, P. Assessing the public health impacts of urban air pollution in 25 European cities: results of the aphekom project. **Science Of the Total Environment**, [S.L.], v. 449, p. 390-400, abr. 2013. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.01.077>.

PORTO ALEGRE. **Decreto nº 20.534, de 31 de março de 2020**. Prefeitura Municipal de Porto Alegre: 2020.

PORTO ALEGRE. **Decreto nº 20.549, de 22 de abril de 2022**. Prefeitura Municipal de Porto Alegre: 2020a.

PORTO ALEGRE. **Decreto nº 20.623, de 20 de junho de 2020**. Prefeitura Municipal de Porto Alegre: 2020b.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Saúde. **Regiões de Saúde**. SES - RS: 2021. Disponível em: <https://ti.saude.rs.gov.br/covid19/>. Acesso em: 02 dez. 2022.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão. Departamento de Planejamento Governamental. Departamento de Planejamento Governamental. **Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul**. 6. ed. Porto Alegre: 2021a. 205 p.



ROCHA, J.C.; Rosa, A.H., Cardoso, A.A. **Introdução à Química Ambiental**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 256 p.

SCHIPA, I.; TANZARELLA, A.; MANGIA, C. Differences between weekend and weekday ozone levels over rural and urban sites in Southern Italy. **Environmental Monitoring and Assessment**, [S.L.], v. 156, n. 1-4, p. 509-523, 2 set. 2008. Springer Science and Business Media LLC. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-008-0501-5>.

SEINFELD, J., PANDIS, S. **Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change**. 2nd ed. 1203 p. Wiley-Interscience: Hoboken, 2006.

SHIKWAMBANA, L.; MHANGARA, P.; MBATHA, N. Trend analysis and first-time observations of sulphur dioxide and nitrogen dioxide in South Africa using TROPOMI/Sentinel-5 P data. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, [S.L.], v. 91, n. 1, p. 1-10, set. 2020. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2020.102130>.

SICARD, P.; SERRA, R.; ROSSELLO, P. Spatiotemporal trends in ground-level ozone concentrations and metrics in France over the time period 1999 –2012. **Environmental Research**, [S.L.], v. 149, p. 122-144, ago. 2016. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2016.05.014>.

SICARD, P.; AUGUSTAITIS, A.; BELYAZID, S.; CALFAPIETRA, C.; MARCO, A. de; FENN, M.; BYTNEROWICZ, A.; GRULKE, N.; HE, Shang; MATYSSEK, Rainer. Global topics and novel approaches in the study of air pollution, climate change and forest ecosystems. **Environmental Pollution**, [S.L.], v. 213, p. 977-987, jun. 2016a. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2016.01.075>.

SICARD, P.; KHANIABADI, Y. O.; PEREZ, S.; GUALTIERI, M.; MARCO, A. de. Effect of O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> on cardiovascular and respiratory diseases in cities of France, Iran and Italy. **Environmental Science and Pollution Research**, [S.L.], v. 26, n. 31, p. 32645-32665, 12 set. 2019. Springer Science and Business Media LLC. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-019-06445-8>.

SICARD, P.; PAOLETTI, E.; AGATHOKLEOUS, E.; ARAMINIENÈ, V.; PROIETTI, C.; COULIBALY, F.; MARCO, A. de. Ozone weekend effect in cities: deep insights for urban air pollution control. **Environmental Research**, [S.L.], v. 191, p. 110193, dez. 2020. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2020.110193>.

SICARD, P.; MARCO, A. de; AGATHOKLEOUS, E.; FENG, Z.; XU, X.; PAOLETTI, E.; RODRIGUEZ, J. J. D.; CALATAYUD, V. Amplified ozone pollution in cities during the COVID-19 lockdown. **Science Of the Total Environment**, [S.L.], v. 735, p. 139542, set. 2020a. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139542>.

SILLMAN, S. O<sub>3</sub>-NO<sub>x</sub>-VOC sensitivity and NO<sub>x</sub>-VOC indicators in Paris: results from models and atmospheric pollution over the Paris area (ESQUIF) measurements. **Journal Of Geophysical Research**, [S.L.], v. 108, n. 17, p. 1-12, 2003. American Geophysical Union (AGU). DOI: <http://dx.doi.org/10.1029/2002jd001561>.

SILVA JÚNIOR, F.M.R.; HONSCHA, L.C.; BRUM, R.L.; RAMIRES, P.F.; TAVELLA, R.A.; FERNANDES, C.L.F.; PENTEADO, J.O.; BONIFÁCIO, A.S.; VOLCÃO, L.M.; SANTOS, M. Air quality in cities of the extreme south of Brazil. **Ecotoxicology And Environmental Contamination**, Rio Grande, v. 15, p. 61-67, 10 nov. 2020. Ecotoxicology and Environmental Contamination. DOI: <http://dx.doi.org/10.5132/eec.2020.01.08>.

SPIRO, T.G., STIGLIANI, W.M. **Química Ambiental**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. 343 p.

STAFOGGIA, M.; SAMOLI, E.; ALESSANDRINI, E.; CADUM, E.; OSTRO, B.; BERTI, G.; FAUSTINI, A.; JACQUEMIN, B.; LINARES, C.; PASCAL, M. Short-term Associations between Fine and Coarse Particulate Matter and Hospitalizations in Southern Europe: results from the med-particles project. **Environmental Health Perspectives**, [S.L.], v. 121, n. 9, p. 1026-1033, set. 2013. Environmental Health Perspectives. DOI: <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1206151>.

TAVELLA, R. A.; MORAES, N. G. da R.; AICK, C. D. M.; RAMIRES, P. F.; PEREIRA, N.; SOARES, A. G.; SILVA JÚNIOR, F. M. R. da. Weekend effect of air pollutants in small and medium-sized cities: the role of policies stringency to covid-19 containment. **Atmospheric Pollution Research**, [S.L.], v. 14, n. 2, p. 101662, fev. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apr.2023.101662>.

TOBIÁS, A.; CARNERERO, C.; RECHE, C.; MASSAGUÉ, J.; VIA, M.; MINGUILLÓN, M. C.; ALASTUEY, A.; QUEROL, X. Changes in air quality during the lockdown in Barcelona (Spain) one month into the SARS-CoV-2 epidemic. **Science Of the Total Environment**, [S.L.], v. 726, p. 138540, jul. 2020. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138540>.

UNASUS - Universidade Aberta do SUS. **Coronavírus**: Brasil confirma primeiro caso da doença. Ministério da Saúde: 2020. Disponível em: <https://www.unasus.gov.br/noticia/coronavirus-brasil-confirma-primeiro-caso-da-doenca>. Acesso em: 04 nov. 2022.

UNASUS - Universidade Aberta do SUS. **Organização Mundial de Saúde declara pandemia do novo Coronavírus**. Ministério da Saúde: 2020a. Disponível em: <https://www.unasus.gov.br/noticia/organizacao-mundial-de-saude-declara-pandemia-de-coronavirus>. Acesso em: 07 nov. 2022.

VENTER, Z. S.; AUNAN, K.; CHOWDHURY, S.; LELIEVELD, J. COVID-19 lockdowns cause global air pollution declines. **Proceedings Of The National Academy Of Sciences**, [S.L.], v. 117, n. 32, p. 18984-18990, 28 jul. 2020. Proceedings of the National Academy of Sciences. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.2006853117>.

WEINMAYR, G.; ROMEO, E.; SARIO, M. de; WEILAND, S. K.; FORASTIERE, F. Short-Term Effects of PM 10 and NO 2 on Respiratory Health among Children with Asthma or Asthma-like Symptoms: a systematic review and meta-analysis. **Environmental Health Perspectives**, [S.L.], v. 118, n. 4, p. 449-457, abr. 2010. Environmental Health Perspectives. DOI: <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.0900844>.

WHO - World Health Organization. **Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project Technical Report**. WHO: 2013. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/341712>. Acesso em: 14 dez. 2022.

WHO - World Health Organization. **Novel coronavirus (2019-nCoV)**. WHO: 2020. Disponível em: [https://www.euro.who.int/en/health-topics/health-emergencies/novel-coronavirus-2019-ncov\\_old](https://www.euro.who.int/en/health-topics/health-emergencies/novel-coronavirus-2019-ncov_old). Acesso em: 10 abr. 2022.

ZOU, Y.; CHARLESWORTH, E.; YIN, C.Q.; YAN, X.L.; DENG, X.J.; LI, F. The weekday/weekend ozone differences induced by the emissions change during summer and autumn in Guangzhou, China. **Atmospheric Environment**, [S.L.], v. 199, p. 114-126, fev. 2019. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.11.019>.

# EXPANSÃO URBANA E FLEXIBILIZAÇÃO: O CASO DE SANTA MARIA/RS E PASSO FUNDO/RS

**Gabriela De Freitas**

Arquiteta e urbanista. Mestre em Planejamento Urbano e Regional.  
Doutoranda em Planejamento Urbano e Regional no PROPUR/UFRGS  
E-mail: dfreitas.gabriela@gmail.com

**Bruno Gallina**

Arquiteto e urbanista. Mestre em Planejamento Urbano e Regional  
Doutorando em Planejamento Urbano e Regional - PROPUR/UFRGS  
E-mail: bruno.bg@hotmail.com

**Lívia Teresinha Salomão Piccinini**

Doutora em Planejamento Urbano e Regional - PROPUR/UFRGS  
Professora Titular do Departamento de Urbanismo - UFRGS  
E-mail: livia.piccinini@ufrgs.br

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo discutir de que forma a legislação urbanística permite a expansão urbana através da flexibilização de índices e regramentos, nas cidades de Santa Maria/RS e Passo Fundo/RS. Investigou-se quais os mecanismos utilizados nas duas cidades para fomentar o aumento de empreendimentos de grande porte distantes do centro consolidado, através de alterações nos índices urbanísticos (caso de Passo Fundo) e alterações na lei de parcelamento do solo (caso de Santa Maria). A metodologia incluiu pesquisa bibliográfica a respeito da flexibilização no planejamento urbano, característica intrínseca ao neoliberalismo, e revisão dos conceitos de densidade e espraiamento urbano. Após, é feita pesquisa documental a respeito da legislação dos últimos dois Planos Diretores de cada cidade. No caso de Passo Fundo, as maiores alterações ocorreram através dos índices urbanísticos, que possibilitaram maior adensamento de áreas periurbanas. Já em Santa Maria, as maiores alterações foram em relação à permissibilidade do parcelamento de solo, na modalidade de loteamentos e condomínios. Conclui-se que, apesar dos mecanismos diferentes, a flexibilização da legislação urbanística atua na produção de espaços urbanos fragmentados nas cidades médias gaúchas.

60

**PALAVRAS-CHAVE:** Expansão Urbana; Legislação Urbanística; Cidades Médias; Flexibilização; Planejamento Urbano.

## URBAN SPRAWL AND FLEXIBILIZATION: THE CASE OF SANTA MARIA/RS AND PASSO FUNDO/RS

## ABSTRACT

The aim of this paper is to discuss how urban planning legislation enables urban expansion by making indices and rules more flexible in the cities of Santa Maria/RS and Passo Fundo/RS. It investigated the mechanisms used in the two cities to encourage the increase of large-scale developments far from the consolidated center, through changes in urban indices (in the case of Passo Fundo) and changes in the land law (in the case of Santa Maria). The methodology included bibliographical research on the flexibilization of urban planning, an intrinsic characteristic of neoliberalism, and a review of the concepts of density and urban sprawl. This is followed by documentary research into the legislation of the last two Master Plans for each city. In the case of Passo Fundo, the biggest changes came in the form of urban indices, which allowed for greater densification in peri-urban areas. In Santa Maria, the biggest changes were in relation to the permissibility of land parceling, in the form of allotments

and gated communities. The conclusion is that, despite the different mechanisms, the flexibilization of urban planning legislation acts to produce fragmented urban spaces in the medium-sized cities of Rio Grande do Sul.

**KEYWORDS:** Urban Sprawl; Urban Legislation; Medium-sized Cities; Flexibilization; Urban Planning.

## INTRODUÇÃO

A urbanização brasileira tem como característica, principalmente entre final do século XX e início do século XXI, a dispersão. Reflexo da modernização capitalista, tal fenômeno faz parte de um processo global que se reflete na escala local. No Brasil, o setor secundário teve papel precursor na configuração do espaço urbano disperso, intensificado com o crescimento do mercado imobiliário (Reis, 2015). A implantação de grandes empreendimentos residenciais (condomínios de lotes e de edifícios, loteamentos populares) e comerciais em locais distantes do centro consolidado alterou a paisagem e a relação entre o rural e o urbano no Brasil.

Tais áreas são viabilizadas através de investimentos públicos em obras de infraestrutura e através de alterações na legislação urbanística que define o perímetro urbano e os eixos de crescimento das cidades. Esse processo está ligado à mudança significativa que ocorre no papel do Estado em relação ao planejamento urbano e regional no Brasil (Paulani, 2006) a partir da década de 1990 – os princípios regulatórios começam a ser substituídos por um modelo flexível de gestão em diversas esferas, relacionado à racionalidade neoliberal. Assim, o mercado passa a desempenhar papel relevante nas decisões relacionadas à organização do território em uma perspectiva de planejamento de caráter mercadófilo que busca esvaziar a atuação conjunta, integrada e de longo prazo, do território, por outra, de caráter gerencialista, pautada no imediatismo, na abordagem parcial do território e na flexibilização das normativas urbanísticas (Harvey, 2016; Souza, 2015).

O presente trabalho busca compreender como a flexibilização da legislação urbanística contribuiu para a transformação das áreas periurbanas de cidades médias no Rio Grande do Sul. A problemática relacionada aos limites urbanos emerge a partir das discussões acerca da sustentabilidade, em que se evidenciou a importância do meio rural e produtivo para o suporte à vida urbana e, também, pelos reflexos da urbanização fragmentada e incompleta que vem ocorrendo nos centros urbanos brasileiros. Compreende-se assim o papel da legislação urbanística enquanto ato do poder público para ampliar as possibilidades de aumento na renda fundiária urbana, seja na conversão de terra rural em urbana, seja na alteração de atividades e usos, seja na ampliação do potencial construtivo. A pesquisa tem como base os trabalhos desenvolvidos pelos autores nas suas dissertações



de mestrado<sup>1 2</sup> e no grupo de pesquisa a que estão vinculados, Laboratório de Estudos Urbanos (LEUrb) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob orientação da professora Dra. Livia S. Piccinini.

Assim, esse trabalho tem como objetivo investigar a relação entre a flexibilização do regramento urbanístico através da legislação municipal e a transformação de áreas periurbanas, seja pela expansão, seja pela densificação. Como recorte temático, verifica-se como tal flexibilização, alicerçada em diferentes estratégias urbanístico-legais, passa a viabilizar novos empreendimentos residenciais. Como recorte espacial, adotam-se os municípios de Santa Maria/RS e Passo Fundo/RS, considerados pelo IBGE (2018) como Capital Regional B e C, respectivamente. A pesquisa Região de Influência de Cidade (REGIC/IBGE) estabelece a hierarquia dos centros urbanos brasileiros e delimita as regiões de influência a eles vinculadas. A definição de região de influência é aplicada com base nos vínculos estabelecidos entre centros urbanos de menor hierarquia, que se direcionam aos de hierarquia superior. Assim, a Capital Regional é uma categoria de centro urbano que exerce influência significativa sobre uma área extensa, mas sem atingir o nível de uma Metrópole. No caso de Santa Maria/RS, Capital Regional B, é uma centralidade de referência no interior do Estado. Já Passo Fundo, devido ao tamanho menor e influência mais restrita (municípios próximos) é classificada como Capital Regional C (IBGE, 2018).

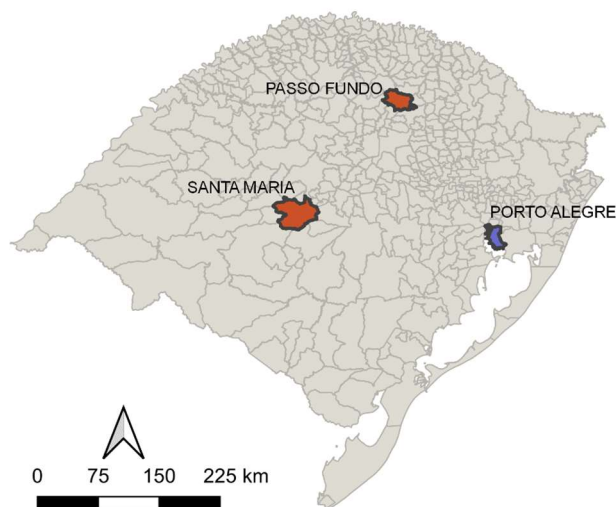
Entende-se que ambas as cidades possuem contextos econômicos distintos: a primeira, mobilizada pelo setor de serviços; a segunda, centrada, além do setor de serviços, na agricultura extensiva vinculada às commodities agrícolas, especialmente a soja. No entanto, no que diz respeito à flexibilização da legislação para interesses imobiliários, são encontradas semelhanças, embora com mecanismos legais e tipologias construtivas diferentes.

---

<sup>1</sup> FREITAS, Gabriela de. **A produção do espaço urbano e os empreendimentos residenciais horizontais de grande porte: efeitos da flexibilização da legislação urbanística na paisagem urbana em Santa Maria/RS**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Planejamento Urbano e Regional - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2022.

<sup>2</sup> GALLINA, Bruno. **Legislação urbanística e materialidade: estudo da relação entre densidade e mobilidade em Passo Fundo/RS**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Planejamento Urbano e Regional - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2019.

**Figura 1** - Localização de Passo Fundo e Santa Maria no Rio Grande do Sul



Fonte: Autores (2024) com base em IBGE (2018)

## MATERIAIS E MÉTODOS

Entende-se que há um processo de transferência das decisões sobre o planejamento urbano do poder público para a iniciativa privada, o que é refletido na paisagem, tanto através do avanço do parcelamento do solo, como no adensamento construtivo e populacional, caracterizando-se como formas urbanas fragmentadas. Esse movimento se intensificou a partir da adoção de práticas neoliberais de planejamento e gestão urbanas. Assim, a primeira etapa do trabalho se referiu à pesquisa bibliográfica sobre o planejamento urbano contemporâneo, no contexto neoliberal, e de que forma as decisões no âmbito da legislação urbanística são refletidas no espaço.

A segunda etapa refere-se à pesquisa documental a respeito da legislação atrelada ao uso e parcelamento do solo nos dois municípios estudados. Para isso, foi feita uma retomada histórica do planejamento urbano de Passo Fundo e Santa Maria. Após, foram analisados os planos diretores e leis de uso e ocupação do solo no período de 2000 até 2018, traçando quais as principais alterações nessas leis e quais os reflexos dessas alterações na área periurbana destes municípios. A escolha do período de análise se deu pelo ano de 2018 corresponder à última revisão do Plano Diretor Municipal de Santa Maria (Lei Complementar nº 118/2018). O mesmo recorte foi utilizado para o município de Passo Fundo, que teve alterações significativas nas legislações urbanísticas entre 2017 e 2018. A modelagem de mapas temáticos foi elaborada a partir de malhas digitais fornecidas por fontes secundárias em Sistema de Informação Geográfica (SIG) no software QGis versão 3.36. A malha digital tem como fonte o Instituto de Planejamento de Santa Maria (IPLAN) e a Secretaria Municipal

de Planejamento de Passo Fundo. A partir dos conceitos apresentados buscou-se identificar similaridades e diferenças entre o fenômeno da dispersão urbana nos municípios estudados.

A terceira etapa de pesquisa se refere ao cruzamento das informações e dados recolhidos e a conclusão das análises, a fim de realizar estudo comparativo quanto à flexibilização da legislação urbanística e à transformação das áreas periurbanas em Passo Fundo/RS e Santa Maria/RS.

## A DESREGULAÇÃO COMO NORMA: FLEXIBILIDADE AOS INTERESSES PRIVADOS

O estudo acerca do planejamento urbano não pode desconsiderar o contexto social, cultural e científico de cada período histórico. A partir disso, compreende-se como necessária a contextualização de cada abordagem dentro de um quadro teórico maior, representado pelo período da Modernidade e pela Pós-modernidade, trazido nos termos de Harvey (2016).

Define-se como pós-modernidade o período iniciado em 1970, caracterizado pela substituição, em parte, dos preceitos modernistas de regulação estatal para um modelo de flexibilização em várias esferas – no âmbito do planejamento urbano, o mercado ganha cada vez mais espaço nas decisões referentes ao ordenamento do território (Harvey, 2016). De modo amplo, podemos afirmar que os conceitos de Modernidade e Pós-modernidade tratam, mais que uma visão meramente estética e histórica, da forma de abordagem e do enfoque dados em cada área do conhecimento (artes, arquitetura, direito, sociologia, história, etc.) e pelas formas de vida da sociedade e sua transformação (Quadro 1).

**Quadro 1** - Modernidade x Pós-Modernidade

|                             | MODERNIDADE  | PÓS-MODERNIDADE                                   |
|-----------------------------|--|---|
|                             | Visão Sistêmica  | Visão Fragmentada                                 |
| Esfera Urbana               | Urbanismo Sanitarista<br>Planejamento Físico-Territorial<br>Planejamento Integrado | Planejamento Estratégico<br>Planejamento Setorial |
| Esfera Legal                | Constitucionalismo<br><i>Normatização</i>  | Neoconstitucionalismo<br><i>Flexibilização</i>    |
| Esfera Econômica e Política | Bem-estar Social   | Neoliberalismo                                    |

Fonte: Elaborado por Autores (2019), a partir dos conceitos de Harvey (2016) e Souza (2015a).

Atualmente, observam-se fragmentações das mais diversas ordens no planejamento e na gestão das cidades, onde o papel do planejamento, como instrumento de longo prazo, é deixado em segundo plano e a ideia de gestão aparece com força, de modo a atender aos interesses imediatos do capital (Souza, 2015). Na esfera da gestão, a flexibilização do regramento urbanístico se apresenta

como forma de liberar determinadas áreas para investimentos imobiliários, muitas vezes sem considerar a infraestrutura necessária para acomodar tal demanda. Os parâmetros de regulação e controle do solo representam grandezas que, em si mesmas, se mostram abstratas e de difícil apreensão. Entretanto, estes parâmetros atuam como condicionantes da produção do espaço urbano onde os resultados possíveis geram diferentes efeitos sobre as densidades, a paisagem, a infraestrutura e os serviços urbanos. De um lado, são estabelecidos novos parâmetros para o regramento do espaço construído baseados no potencial construtivo e na taxa de ocupação do lote, por outro, o capital imobiliário vem buscando a flexibilização destes parâmetros, seja através do aumento do potencial construtivo, seja através da incorporação de novas áreas destinadas à expansão imobiliária.

Desse modo, observa-se que a pressão pelo solo urbano se dá de duas formas: 1) pela verticalização e consequente adensamento de áreas bem localizadas em relação aos serviços e infraestruturas, locais cujo valor do solo tende a ser mais elevado e onde o incorporador busca maximizar o lucro a partir do entorno em que o empreendimento está inserido; 2) pela dispersão da área urbana, buscando glebas em áreas periféricas, usualmente de menor valor e com menor acessibilidade em relação a serviços para desenvolver tanto empreendimentos destinados à habitação social (pública ou de mercado), como condomínios vinculados à alta renda.

O espraiamento urbano gera maior dependência do transporte motorizado (público e privado). A segregação socioespacial que decorre desse processo, além de não prover adequadamente em relação às infraestruturas e equipamentos urbanos, repercute também na acessibilidade. Com distâncias maiores e com serviços de transporte de baixa qualidade, há um aumento de tempo nos deslocamentos e de custo, que além de restringir as opções de destino, oneram a população em desgastes físicos e psicológicos, restringindo as viagens apenas a trabalho ou escola (Vasconcellos, 1996).

O perímetro urbano nem sempre é aplicado de forma a contemplar a realidade, por vezes definido de forma genérica ou arbitrária, sendo que sua flexibilização ocorre igualmente sem critérios técnicos, mas a partir de demandas do mercado imobiliário (Santoro, 2014). Além disso, a autora aponta para a existência de normas híbridas, negociadas caso a caso para a viabilização de determinado empreendimento, favorecendo a expansão urbana, ainda que não alterem os limites do perímetro urbano em si. De modo geral, há três casos: 1) regulamentação de condomínios fechados; 2) para a população de baixa renda, o gravame de Zonas de Interesse Social (ZEIS) para a implantação de empreendimentos habitacionais, somado a isso o aumento dos potenciais construtivos de modo a aumentar a renda sobre a terra agora urbana, e ainda a implantação na modalidade de condomínios

verticais criando fragmentos de alta densidade próximo às bordas urbanas; 3) regularização fundiária de ocupações irregulares, e assim, incorporando áreas rurais ao mercado urbano formal, sendo que ambos os casos ampliam a segregação socioespacial (Santoro, 2014).

## O CASO DE PASSO FUNDO/RS

Passo Fundo é um município localizado na Região Geográfica Intermediária de Passo Fundo (IBGE, 2018), no centro-norte do estado do Rio Grande do Sul. É polo da região, conhecida como Capital do Planalto Médio e Capital Nacional da Literatura. Tem por base econômica o comércio e a prestação de serviços em educação e saúde, bem como atividades relacionadas à agropecuária. Seu território compreende a área de 783,4 km<sup>2</sup>. Entre 2010 e 2022, o município teve crescimento populacional de 11,6%, passando de 184.826 para 201.707 habitantes (IBGE, 2022).

A posição geográfica do município foi o que estimulou seu crescimento. A estruturação dos espaços regionais ocorre em função dos deslocamentos de mercadorias, informações, energia e, eventualmente, da força de trabalho (Villaça, 2009). Passo Fundo se desenvolveu e se estruturou a partir da infraestrutura demandada por estes deslocamentos, o que repercute em sua estrutura intraurbana. Pode-se dividir o histórico da inserção do município na escala regional em três ciclos: a) o tropeirismo; b) a estrada de ferro e c) as rodovias regionais.

Até o início do século XIX, dada a urbanização ainda incipiente, as cidades localizadas no interior do Rio Grande do Sul não haviam elaborado políticas de planejamento. A partir da virada do século, cidades de importância estratégica passaram a receber atenção por parte do Estado. Como em outros estados, Saturnino de Brito, já consagrado engenheiro sanitaria, veio a ser contratado pelo governo e passou a elaborar planos para diversos municípios do interior, dentre eles Passo Fundo, em 1919. Passo Fundo estava construindo sua identidade como município e passou a ter uma grande importância regional e um rápido crescimento demográfico. Saturnino de Brito e o plano de saneamento por ele idealizado indicam a importância do município na consolidação da rede urbana do estado (Gosch, 2002).

O plano apresenta caráter sanitaria, traçando estratégias de infraestrutura, abastecimento de água, embelezamento e expansão da cidade. O plano se mostrava completo, pois além das questões sanitárias, mostrava uma preocupação com a geração de energia, previa a expansão da cidade de acordo com a topografia, sem descuidar da questão estética ao propor a avenida Brasil como uma bela avenida arborizada (Gosch, 2002), porém não foi executado. O esgoto cloacal da área central só foi implementado em 1954 (Gosch, 2002) e a “ocupação urbana avançou sobre as margens do Rio



Passo Fundo, suprimindo área natural em suas margens, o que teria sido prevenido conforme o plano propunha” (Mascaró e Bonatto, 2014, p.7).

Na década de 1950, Passo Fundo seguia ampliando sua influência regional. A modernização agrícola e a alteração da estrutura fundiária da região favoreceram o êxodo rural, ampliando os índices de urbanização e o desempenho econômico, sobretudo o aumento da participação dos setores secundário e terciário, típicos do meio urbano (Gosch, 2002). Nesse período, o município já apresentava a prestação de serviços, sobretudo em saúde e educação, como um diferencial na região.

Entre 1952 e 1953 foi desenvolvido o Primeiro Plano Diretor, elaborado pelos arquitetos e urbanistas Edvaldo Paiva, Francisco Riopardense de Macedo, Demétrio Ribeiro e Edgar Graeff. A instituição legal do plano se deu em 1957, através da Lei 744. A lei, de texto sucinto, faz referência ao documento elaborado em 1953. A promulgação deste plano possibilitou que a ocupação que antes ocorria de forma espontânea, passasse a ser condicionada pela legislação urbanística. O Modelo Espacial proposto pelo plano apresentava características modernistas e ainda aspecto sanitarista, dividindo a cidade em zonas de acordo com a função, e a elas relacionando os usos permitidos. O controle da ocupação do solo estava baseado em alturas máximas condicionadas à largura da via e em taxas de ocupação máximas do lote.

Entre as décadas de 1950 e 1960 é possível observar a expansão urbana em todos os sentidos, em especial a Leste, ultrapassando os limites do Rio Passo Fundo. Iniciam a implantação de diversos loteamentos periféricos, inclusive em locais distantes, sem infraestrutura e às margens de córregos e rios (Ferretto, 2012). Datam das décadas de 1970 e 1980 a implantação de programas habitacionais na região periférica, como as COHABs 1 e 2 (1979 e 1983) na região oeste; Promorar, em 1984 (hoje Bairro José Alexandre Zacchia), implantado fora do perímetro urbano; a ocupação de forma mais intensiva das regiões leste e nordeste, e da região sudoeste, nos bairros São Cristóvão e Planaltina, com a instalação de indústrias (ocorrida entre a década de 1950 e 1970).

Em 1979, foi elaborado o II Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU), aprovado posteriormente, em 1984, sob a égide do Planejamento Integrado. Nesse contexto, os recursos para o financiamento do plano foram captados junto ao Banco Nacional de Habitação (BNH), através do Programa de Financiamento para o Planejamento Urbano (FIPLAN). As questões relacionadas ao planejamento estavam a cargo do Gabinete de Planejamento e Coordenação (GAPLAC). O PDDU foi elaborado pela equipe técnica da prefeitura municipal, através deste órgão, com o auxílio de consultoria, o acompanhamento e avaliação de equipa técnica do BNH (através da Superintendência de Desenvolvimento da Região Sul – SUDESUL) (Passo Fundo, 1979). O Plano estabeleceu como

objetivo geral definir não apenas a estrutura física do espaço, mas estabelecer diretrizes orientadoras para o desenvolvimento do município, de modo a criar condições para elevar os níveis de qualidade de vida e do desempenho das atividades produtivas, com menor custo social (Passo Fundo, 1979).

Dentre as ações estruturadoras da organização física estavam 1) o controle do perímetro urbano; 2) a distribuição da população e de usos; 3) a localização dos equipamentos e 4) as questões relacionadas à circulação. A partir do II PDDU, a cidade rompe com o passado, estimulando a verticalização (Gosch, 2002). O Plano buscou a valorização da área central, fomentando o seu adensamento e estabelecendo índices urbanísticos mais altos. O modelo espacial contemplava a área urbana e a área de expansão urbana, definidas pelo perímetro urbano e a área rural. O ordenamento da área urbana se baseava na divisão por zonas, sendo sua concepção essencialmente funcionalista, separando as áreas comerciais, residenciais e industriais.

As diretrizes de uso e ocupação do solo passaram a demonstrar atenção às questões ambientais ao estabelecer as Zonas de Preservação Ecológica e a Zona de Proteção de Mananciais. Houve a introdução dos índices urbanísticos vinculados ao zoneamento como instrumento de controle da ocupação do solo. Os índices<sup>3</sup> eram compostos: a) pelo Índice de Aproveitamento, que variava até 7, na área central e considerava como áreas não computáveis aquelas destinadas ao uso comum e outras abertas como sacadas e terraços; b) pela Taxa de Ocupação, que alcançava 100% na área central; c) pela cota ideal por dormitório, de modo a controlar a densidade populacional e d) pela cota ideal, representando o máximo de economias permitidas.

Para Ferretto (2012), embora o discurso acerca do planejamento seja o do bem-estar comum, há outros interesses, sobretudo de ordem econômica por trás do processo. Os altos índices em áreas valorizadas apenas refletem a influência do setor imobiliário no planejamento urbano: rompeu-se com o estilo de vida do passado, passando o apartamento a ser o novo “bom morar”, em especial para as classes mais abastadas.

O plano subsequente, denominado Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (PDDI), teve sua elaboração iniciada em 1999. Foi elaborado pela equipe técnica da prefeitura municipal, contou com uma série de análises setoriais e introduziu a participação da população urbana e rural (Corazza, 2008). Em 2005 foi levada à comunidade e a Câmara de Vereadores uma proposta finalizada e, por fim, aprovada em 2006, sob a Lei Complementar nº 170. Relativamente ao contexto em que foi

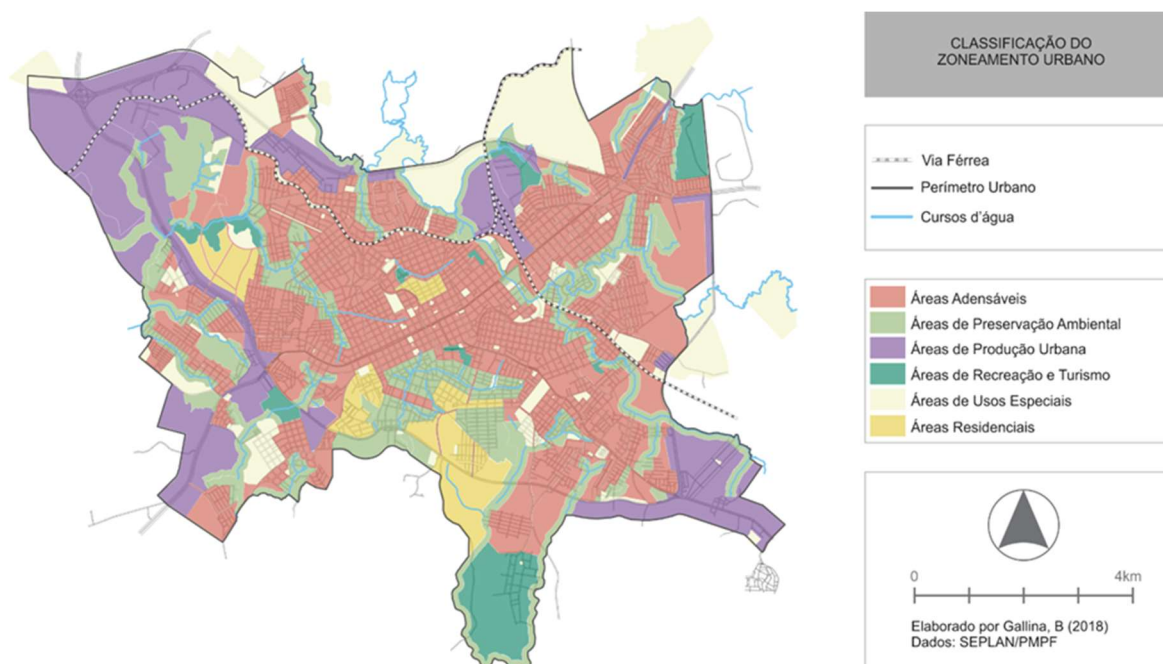
---

<sup>3</sup> Os índices urbanísticos definem as dimensões possíveis de serem edificadas conforme a sua localização/zoneamento. O Coeficiente/Índice de Aproveitamento (CA) determina o potencial construtivo máximo; a Taxa de Ocupação (TO) define o percentual do lote que pode ser ocupado; a Cota Ideal por Dormitório (CID) controla a densidade populacional.

elaborado, muito se alterou em relação à elaboração do plano anterior (PDDU/1984): o contexto político e social havia se transformado (CF/1988 e Estatuto da Cidade - EC), o que resultou, no plano atual, em proposições e abordagens com mudanças significativas.

O Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (PDDI) se apresenta como “o principal instrumento da política de desenvolvimento municipal de Passo Fundo” (Passo Fundo, 2006), de modo a abranger a totalidade da área do município – urbana e rural. O plano, enquanto instrumento de planejamento, concentra em um mesmo documento as diretrizes para a elaboração de políticas setoriais e o modelo espacial baseado em zonas e macrozonas. O controle sobre o uso e ocupação do solo, perímetro urbano, diretrizes viárias e alguns dos instrumentos do EC se apresentam junto ao modelo espacial. O modelo espacial (figura 2) adota estratégia favorável à descentralização, fomentando o adensamento e a criação de novas centralidades em regiões periféricas através do aumento dos índices urbanísticos<sup>4</sup> e da mistura de usos (residencial, industrial, comércio e serviços).

**Figura 2 - Zoneamento Urbano de Passo Fundo/RS**



Fonte: Autores (2018).

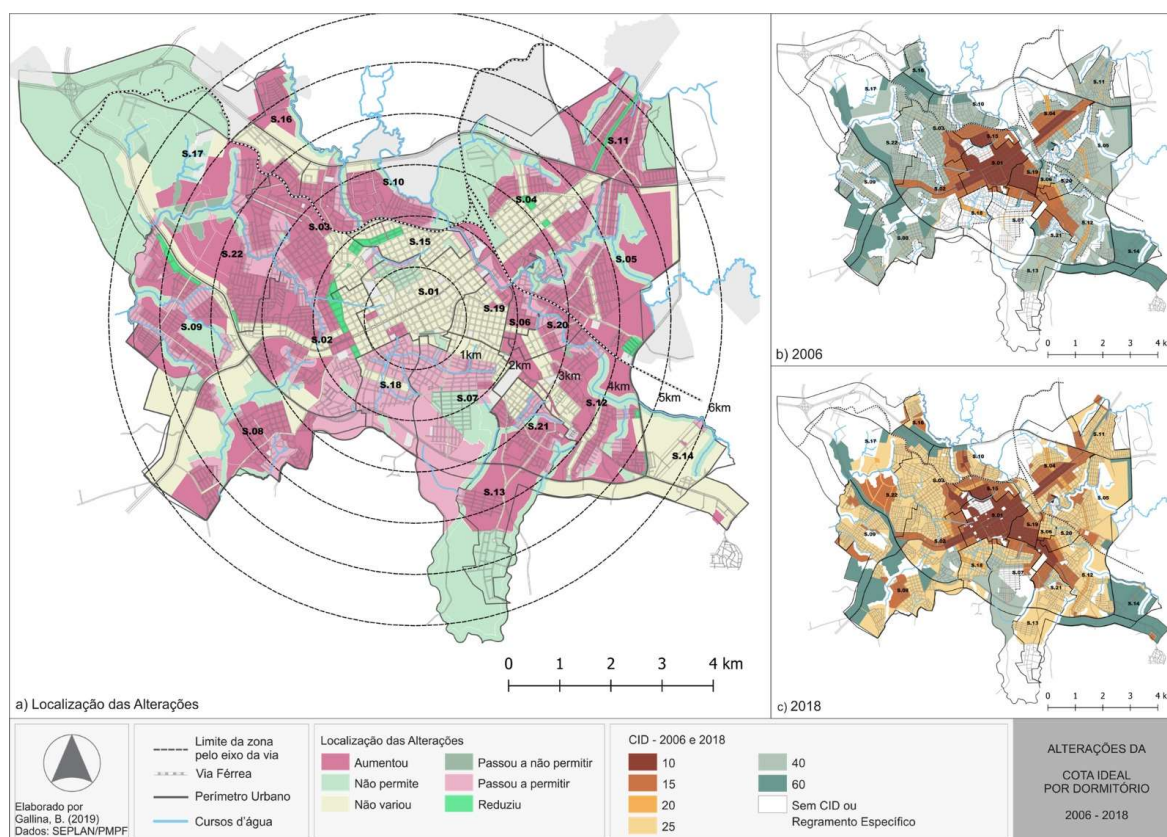
<sup>4</sup> O regime urbanístico é composto pelo CA (Coeficiente de Aproveitamento), CID (Cota Ideal por Dormitório), ambos objetos de análise desta pesquisa, e ainda TO (Taxa de Ocupação) e recuos frontais, laterais e de fundos. Incluem também os usos e atividades e vagas de garagem.

A manutenção dos limites do perímetro urbano é um ponto positivo. Tal diretriz já era trazida pelo plano anterior (1984), ao priorizar o adensamento e estancar o espraiamento urbano. Esta estratégia permitiu a preservação das áreas produtivas rurais e de mananciais hídricos para o abastecimento do município. Por outro lado, Zonas de Uso Especial (ZUE) e ZEIS-3, são utilizadas como ferramenta para a flexibilização do perímetro urbano, convertendo áreas rurais em urbanas. Tal possibilidade é prevista em alteração do PDDI em que passa a permitir o gravame de tais áreas contíguas ou não ao perímetro urbano, viabilizando empreendimentos logísticos e condomínios de lotes destinados à alta renda.

### **A FLEXIBILIZAÇÃO DO PLANO DIRETOR EM PASSO FUNDO/RS**

As alterações no Plano Diretor, entre 2007 e 2018, propiciaram o adensamento construtivo e populacional, através de novas tipologias construtivas em locais de uso predominantemente residencial unifamiliar, especialmente em áreas periurbanas, resultando no aumento das densidades urbanas, tendendo a alterar a dinâmica existente, em diferentes intensidades. Grande parte corresponde à flexibilização do Coeficiente de Aproveitamento (CA) e Cota Ideal por Dormitório (CID) onde as áreas periféricas foram tratadas de forma homogênea através da ampliação do potencial construtivo, não considerando características específicas como a ambiência e de acessibilidade (figura 3). É possível que o interesse em difundir índices mais altos em áreas periféricas esteja associado às possibilidades promovidas pelo Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), onde o capital imobiliário encontrou outro nicho de mercado a explorar, com terra urbanizada mais barata. Identifica-se como resultado que o PDDI ampliou o potencial de adensamento das áreas periféricas, fomentando “ilhas” mais densas, transformando a paisagem periurbana.

**Figura 3 - Localização das alterações da CID**



Fonte: Elaborado por Autores (2019), a partir de Passo Fundo (2006).

Como meio de exemplificar tais alterações, pode-se observar o caso do empreendimento localizado na Rua Oscar Vieira, constituído por 15 blocos de 5 pavimentos cada, totalizando 300 unidades (figura 4). O regime original da ZOC-1 não possibilitava a implantação de residenciais multifamiliares. Dessa forma, a alteração da área para ZEIS representou o aumento do potencial construtivo e de adensamento, o que permitiu a implantação de condomínios fechados de prédios. É possível observar, entretanto, que o empreendimento não se aproximou das áreas máximas que o novo regime permitiria. De igual modo, representa um rompimento com o entorno existente e um aumento brusco na densidade populacional.

Com base nos dados do Censo de 2010, a densidade bruta da área em que está localizado o conjunto habitacional era de 5,94 hab/ha. Quando verificado o levantamento realizado pelo Censo de 2022, verifica-se que o empreendimento se constitui com um setor censitário com densidade de 342 hab/ha, demonstrando de que forma a flexibilização da legislação alterou a densidade do bairro e assim a acessibilidade e a paisagem do local.



**Figura 4** - Vista do empreendimento a partir da Rua Oscar Vieira



Fonte: Autores (2019).

## O CASO DE SANTA MARIA/RS

Santa Maria é um município localizado na Região Geográfica Intermediária de Santa Maria (IBGE, 2018), na região central do Rio Grande do Sul e tem uma população total de 271.735 pessoas, sendo o 5º maior município do Estado em população (IBGE, 2022). De acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), de 2022, a área do município é de 1.780,194 km². Devido à sua importância regional, caracteriza-se como uma cidade média, tendo o setor de serviços, educacional e militar como pilares de sua economia.

O crescimento da urbanização do município está vinculado com a instalação da ferrovia em 1885, importante ligação de escoamento de mercadorias no Rio Grande do Sul e a instalação da Universidade Federal de Santa Maria, na década de 1960, sendo a primeira universidade federal no interior do Brasil. Em 1970 também é instalada a Base Aérea de Santa Maria, no então distrito de Camobi. Tais acontecimentos, assim como a existência de extensas áreas militares a leste, noroeste e sudoeste, além dos limites naturais (presença de morros-testemunho) fomentaram uma configuração urbana linear. O município, assim como Passo Fundo/RS, teve como precursor no seu planejamento o engenheiro Saturnino de Brito, que atuou na criação de planos sanitaristas e do primeiro Plano Urbano para a cidade, de 1918 (Tochetto, 2013).

As décadas seguintes foram de grande crescimento e expansão urbana, com a instalação de novos loteamentos, abertura de ruas e de estradas (Salamoni, 2008). Na intenção de controlar o crescimento desordenado e regularizar novos loteamentos, é instituído, em 1937, o primeiro Plano de Expansão Urbana para Santa Maria. O Plano, no entanto, ficou defasado devido ao aumento da população e do crescimento do setor educacional no município nas décadas de 1940 e 1950, com a implantação da Faculdade de Farmácia de Santa Maria em 1948 e em 1955 da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras Imaculada Conceição (Salamoni, 2008). Esse crescimento se intensificou nas

décadas seguintes, com uma expansão a oeste, no distrito chamado Camobi (atualmente bairro), através da implantação da Universidade Federal de Santa Maria. Localizada fora do perímetro urbano, a universidade impulsionou a urbanização desta parte da cidade. Assim, é elaborado um novo Plano Diretor para o município<sup>5</sup>, buscando conter o avanço da urbanização que avançava fora do perímetro urbano. O Plano de 1968 apoiava-se nas premissas modernistas de ordenamento do território, com zonas definidas (residencial, comercial, industrial). O Plano Diretor seguinte veio no ano de 1980, com maior enfoque nas obras de infraestrutura e um detalhado diagnóstico dos mais diversos setores. Este plano deixava de lado, em parte, os preceitos modernistas para dar lugar ao planejamento inspirado na complexidade. Também havia uma maior preocupação com a alocação de recursos e um estímulo ao crescimento econômico, principalmente no setor da construção civil.

Santa Maria/RS passa a década de 90 sem um novo plano aprovado, que viria apenas em 2005. É a partir dos anos 2000, também, que novos produtos imobiliários alteram a paisagem urbana: são implantados diversos condomínios fechados e conjuntos ligados ao PMCMV, em áreas de expansão urbana. Se destacam os empreendimentos populares feitos a partir do Programa de Arrendamento Residencial (PAR), instituído em 1999, e através do PMCMV, de 2009. Relativo ao PAR, foram construídos 8 condomínios residenciais verticais (1520 unidades). Já o PMCMV, relativo à Faixa 1, foram entregues cerca de 1860 unidades em 4 conjuntos habitacionais horizontais até 2018, quando o programa foi descontinuado. Somam-se a esses os 4 conjuntos habitacionais feitos com recursos do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), com 1002 unidades. Os condomínios fechados de lotes de grande porte (mais de 5ha) totalizam 15 empreendimentos até 2024.

O Plano Diretor de 2005, intitulado “Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental” definiu oito macrozonas dentro do perímetro urbano, incluindo uma macrozona chamada Corredor de Urbanidade, localizada próximo às principais vias da cidade, que favorecia o adensamento e a verticalização. Também definiu uma zona chamada Rururbano, definida como “zona de grande interesse para a produção agrária intensiva, lazer, condomínios rurais e usos institucionais, todas as atividades compatíveis com a conservação paisagística e ecológica da área” (Santa Maria, 2005a). O PDDUA/2005 teve, em 2009, a Lei de Procedimentos Fiscais, a Lei de Uso e Ocupação do Solo e o Código de Obras e Edificações revisados. Em 2018, um novo Plano Diretor é aprovado, estando em vigor desde então<sup>6</sup>.

---

<sup>5</sup> Se tem notícia de um plano diretor aprovado em 1951, porém, não há documentação nem conhecimento do seu conteúdo (Tochetto, 2013).

<sup>6</sup> Serão analisadas, neste trabalho, as alterações até o ano de 2018, data de aprovação do último Plano Diretor do município.

Como visto, a legislação urbanística municipal sofre alterações e flexibilizações ao passar dos anos. Cabe explicar que no âmbito da legislação municipal de Santa Maria, o Plano Diretor é apresentado em um documento sucinto que expõe diretrizes, objetivos e princípios da política urbana. Também são citadas as políticas, planos, programas, projetos e os instrumentos urbanísticos que visam alcançar o modelo espacial proposto. No entanto, as definições mais detalhadas sobre as normas e as condições para o uso, ocupação, parcelamento do solo, sobre o perímetro urbano e o sistema viário do município são apresentadas na Lei de Uso e Ocupação do Solo (LUOS) que é vinculada ao Plano Diretor. Nesse sentido, optou-se por fazer o cotejamento entre as LUOS (Santa Maria, 2005b; 2018b) vinculadas aos dois últimos Planos Diretores: de 2005 e 2018 (Santa Maria, 2005a; 2018a).

### **A FLEXIBILIZAÇÃO DO PLANO DIRETOR EM SANTA MARIA/RS**

Os dois últimos planos diretores do município datam de 2005 e 2018 e se observa, principalmente, a flexibilização do regramento para aprovação de novos empreendimentos residenciais, como condomínios fechados de lotes e loteamentos populares. O quadro abaixo (quadro 2) resume as principais alterações observadas nas Leis de Uso e Ocupação do Solo dos dois planos, no que se refere à infraestrutura básica de parcelamentos de solo.

**Quadro 2** - Alterações e acréscimos referentes à infraestrutura básica do parcelamento do solo - LUOS 2005 e 2018

| Infraestrutura básica   |   |
|---|---|
| Modificou   | Acrescentou   |
| <p>“§ 1º Se tecnicamente não houver condições de implantação de rede de esgoto cloacal, em decorrência da inexistência de redes coletoras e estação de tratamento fora da área do parcelamento, o Município pode exigir a implantação de estação de tratamento própria ou a adoção de solução alternativa para a coleta e tratamento do esgoto, de acordo com as normas da Concessionária, desde que ambientalmente adequada”</p> <p>Houve a supressão do trecho: <b>“em parcelamentos de até 50.000m2 (cinquenta mil metros quadrados).”</b></p> <p>_____</p> <p>Foi excluído o Quadro que definia “Critérios de Parcelamento do Solo Urbano por zoneamento urbanístico” que determinava, entre outras informações, a superfície máxima de loteamentos fechados em hectares.</p> | <p>Foram acrescentados dois novos itens à infraestrutura básica (Art.78, 2018):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sinalização horizontal e vertical das vias;</li> <li>- bacias de retenção das águas pluviais provenientes da contribuição do empreendimento, conforme necessidade demonstrada em estudo prévio;</li> </ul> <p>§ 2º Após o recebimento do sistema adotado, o Município será responsável por sua manutenção.</p> <p>Art. 84. As quadras devem ter lados mínimos de 50 m (cinquenta metros) e máximo de 200 m (duzentos metros), exceto para os loteamentos populares, salvo autorização excepcional do Instituto de Planejamento de Santa Maria.</p> <p>_____</p> <p>Acrescentou à infraestrutura mínima de Loteamentos de Interesse Social os seguintes itens:</p> <p>VII - instalação de rede de abastecimento de água potável;</p> <p>Parágrafo único. Em áreas a serem regularizadas podem ser dispensados os revestimentos da pavimentação.</p> |

Fonte: Autores (2024) a partir de Lei de Uso e Ocupação do Solo (Santa Maria, 2005b; 2018b)

A exigência de projeto de sinalização horizontal e vertical das vias é visto como benéfico, uma vez que auxilia na organização dos fluxos viários desses empreendimentos. Da mesma forma, a inclusão de bacias de retenção à infraestrutura básica também cumpre papel importante na mitigação de problemas de drenagem urbana. A exclusão do quadro “Critérios de Parcelamento do Solo Urbano por zoneamento urbanístico”, no entanto, demonstra que a legislação foi flexibilizada no que tange aos regramentos urbanísticos baseados no zoneamento do Plano Diretor. Além disso, o tamanho máximo e mínimo de quadra pode ser alterado ao ser implantado loteamento de interesse social. Embora exista um avanço referente a obrigatoriedade da instalação de rede de abastecimento de água potável, a dispensa de revestimentos de pavimentação em áreas a serem regularizadas se configura como um retrocesso. A adoção de padrões inferiores para novos loteamentos de HIS e áreas regularizadas (que concentra, majoritariamente, a população de baixa renda) é justificada pela redução de custos, porém, acaba por relegar essa população a áreas de baixa qualidade urbanística e

construtiva. O texto sobre a implantação de loteamento comum também sofreu alterações, como visto no quadro 3.

**Quadro 3** - Alterações e acréscimos referentes à implantação de loteamento comum - LUOS 2005 e 2018

| Capítulo III - Das Diversas Modalidades De Parcelamento Do Solo   |  |
|---|--|
| Do Loteamento   |  |
| Modificou   | Acrescentou  |
| <p>A transferência para o Município era de <b>35%</b> e passou a ser de <b>10%</b>.</p> <p><b>Retirado:</b></p> <p>§ 1º A área a ser transferida nunca poderá ter sua destinação alterada;</p> <p>§ 2º A área deverá ser transferida em espécie, não podendo ser substituída por valor pecuniário, obras ou qualquer outra modalidade de contraprestação;</p> <p>§ 3º A transferência somente poderá ocorrer quando a região onde será implantado o novo loteamento já estiver suficientemente contemplada com equipamentos urbanos, comunitários e áreas de lazer já existentes nas proximidades.</p> <p>Art. 72. As áreas "non aedificandi", relativas aos espaços de preservação permanente, podem ser computadas na área a ser transferida ao Município a título de espaços livres de uso público, até o limite de 50% do percentual previsto no Art. 68 e 69 para esse fim, desde que reconhecido interesse público de manutenção do meio ambiente pelo órgão municipal próprio.</p> | <p>Art. 112. Nos Loteamentos, é obrigatória a transferência ao Município de, no mínimo, <b>10% (dez por cento)</b> da área total da gleba para instalação de equipamentos urbanos e comunitários e espaços livres de uso público, distribuídos da seguinte forma:</p> <p>I - devem ser reservados aos equipamentos urbanos e comunitários 5% (cinco por cento) da área total da matrícula;</p> <p>II - devem ser reservados para os espaços livres de uso público 5% (cinco por cento) de área total da matrícula, devendo parte deste percentual ser contornado por vias;</p> <p>III - quando houver, na gleba a ser parcelada, áreas "<i>non aedificandi</i>", relativas a áreas de preservação permanente, o percentual descrito no inciso I, será calculado sobre a área útil da gleba, descontadas as áreas de preservação permanente;</p> <p>IV - as áreas <i>non aedificandi</i>, relativas aos espaços de preservação permanente, podem ser computadas na área a ser transferida ao Município a título de espaços livres de uso público, até o limite de 50% (cinquenta por cento) do percentual previsto no inciso II.</p> <p>Parágrafo único. As áreas destinadas ao sistema de circulação e equipamentos urbanos devem ser transferidas para o Município. Poderá ser aplicado o art. 71 desta Lei Complementar em relação à área descrita no <i>caput</i>.</p> <p>Art. 113. As áreas institucionais transferidas ao Município devem ter acesso para logradouro público e testada mínima exigida pelo zoneamento urbanístico, com confrontações delimitadas, passeio público e meio-fio.</p> |

Fonte: Autores (2024) a partir de Lei de Uso e Ocupação do Solo (Santa Maria, 2005b; 2018b)

A principal alteração na redação foi referente à destinação das áreas públicas ao município, para aprovação de novos loteamentos. Caso não seja possível cumprir com o percentual estabelecido na lei, por não haver áreas adequadas ou se for do interesse do Município, tal doação poderá ser trocada por outra compensação (terrenos urbanizados, áreas de lazer, prédios para equipamentos públicos). Nesse sentido, houve uma alteração no percentual relativo a essas áreas: em loteamentos a



transferência para o Município era de 35% e passou a ser de 10%, nos loteamentos de Interesse Social tal percentual era de 30% e passou a 10% e nos condomínios de lotes esse percentual mudou de 10% para 5%.

Nota-se que os condomínios de lotes, que têm as maiores áreas (e assim, maiores reflexos na paisagem e na estrutura urbana), além de geralmente serem feitos para as classes de maior poder aquisitivo, têm a menor taxa percentual obrigatória de doação de áreas públicas. Essa mudança tem, em certa medida, relação com as alterações feitas na Lei de Parcelamento do Solo (Lei nº 6.766/79) no final da década de 90 (Lei nº 9.785, de 29/01/1999) (Brasil, 1999). Tais alterações deram autonomia ao município decidir sobre a área a ser destinada ao Poder público, sem uma regulamentação federal que estabeleça percentuais mínimos. No entanto, no âmbito estadual, através da Lei nº 10.116/94 (Lei de Desenvolvimento Urbano), ainda prevalecia o entendimento de que o percentual mínimo a ser doado era de 35%, o que só foi alterado no ano de 2021 (Rio Grande do Sul, 1994). Há, assim, um descolamento entre esfera federal, estadual e municipal nas definições acerca do parcelamento do solo urbano.

Observa-se uma tendência a diminuição dessas doações, inclusive em loteamentos e condomínios de lotes implantados em locais que carecem de áreas públicas, com a opção dos empreendedores de realizarem contrapartidas diversas ao município. Ainda sobre os condomínios de lotes, outras modificações foram realizadas na legislação, demonstradas no quadro 4.

**Quadro 4-** Alterações e acréscimos referentes à implantação de condomínio de lotes - LUOS 2005 e 2018

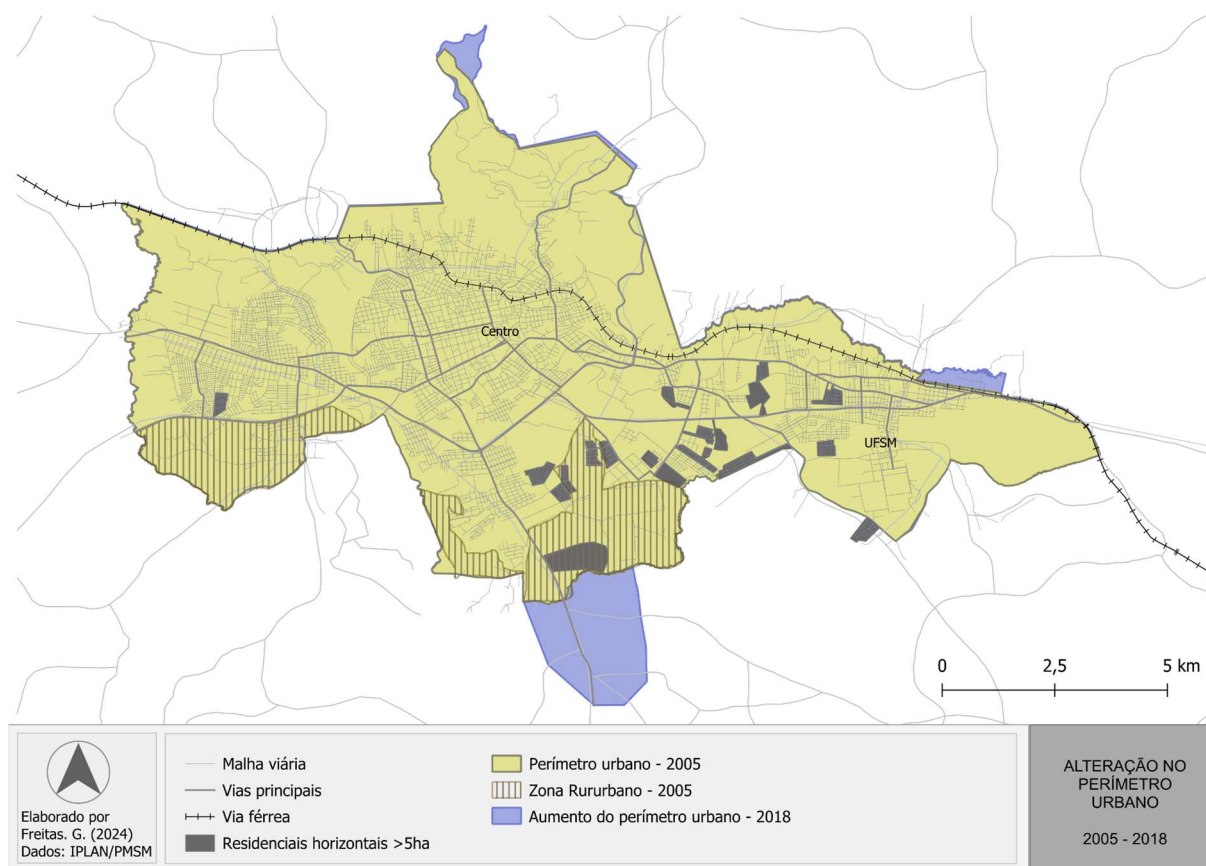
| Dos Condomínios fechados de lotes  |   |
|--|---|
| Modificou/Retirou  | Acrescentou   |
| <p><b>Retirado:</b></p> <p>Art. 89 Somente será autorizada a implantação de Condomínio Fechado após estudo de viabilidade, caso a caso, nos seguintes casos:</p> <p>I - Para as glebas com dimensões, áreas e divisas superiores, definidos no quadro 2 - Critérios de parcelamento do solo urbano para zoneamento urbanístico;</p> <p>II - localizados em áreas de proteção ambiental, onde essa forma de ocupação se revele conveniente para manter seus valores naturais.</p> <p>_____</p> <p>O percentual mínimo a ser reservado como área de uso comum era de 35% e passou a ser de 10%.</p> <p>_____</p> <p>A destinação de área para uso público era de 10% e passou a ser 5%.</p> <p>_____</p> | <p>Em negrito, acréscimos à redação anterior:</p> <p>Art. 131. Na instituição de Condomínio Fechado de Lotes será observado o limite máximo de 50.000 m<sup>2</sup> [5ha] (cinquenta mil metros quadrados) de área, com 250 m (duzentos e cinquenta metros) em seu lado maior. <b>Em faces voltadas a vias públicas, deverá ser respeitada a permeabilidade visual e a relação com o pedestre, sendo vetada a extensão contínua de muros fechados. Propõe-se o uso de muros de até 80 cm (oitenta centímetros) de altura e gradil com altura liberada.</b></p> <p>Parágrafo único. Para os Condomínios Fechados de Lotes que, por sua localização, não apresentem o risco de causar, no presente ou no futuro, transtornos ao sistema viário adjacente, com a interrupção da continuidade das vias públicas ou dificuldades ao trânsito da região, poderá o Município, ouvido o IPLAN, <b>permitir a ampliação da área prevista no caput, mediante contrapartida do empreendedor, a ser regulamentada por legislação específica.</b></p> <p>_____</p> |

Fonte: Autores (2024) a partir de Lei de Uso e Ocupação do Solo (Santa Maria, 2005b; 2018b)

Na legislação a respeito dos condomínios fechados de lotes houve um acréscimo ao texto do Art. 131, que já estabelecia o limite máximo de cinquenta mil metros quadrados (5ha) de área para condomínios de lotes. É importante ressaltar, no entanto, que embora no artigo exista um limite máximo de área desses empreendimentos (5ha) e lado maior (250m) os parágrafos posteriores trazem a possibilidade de aprovação de condomínios maiores, conforme decisão do Instituto de Planejamento do município. Observa-se que a excepcionalidade (condomínios fechados de lotes com mais de 5 hectares) acabou por tornar-se bastante comum: nove empreendimentos foram implantados depois de 2005 com área maior que 10 ha, o dobro estabelecido em lei.

Além das alterações de legislação, o perímetro urbano do município também sofreu modificações no Plano de 2018, tendo crescido principalmente na porção sul (Figura 5). Ademais, a Macrozona chamada “Rururbano”, antes caracterizada por ser uma zona de transição, com características predominantemente rurais, deixou de existir em 2018, e se consolidou como uma zona residencial de condomínios de casas e de lotes de média e alta renda.

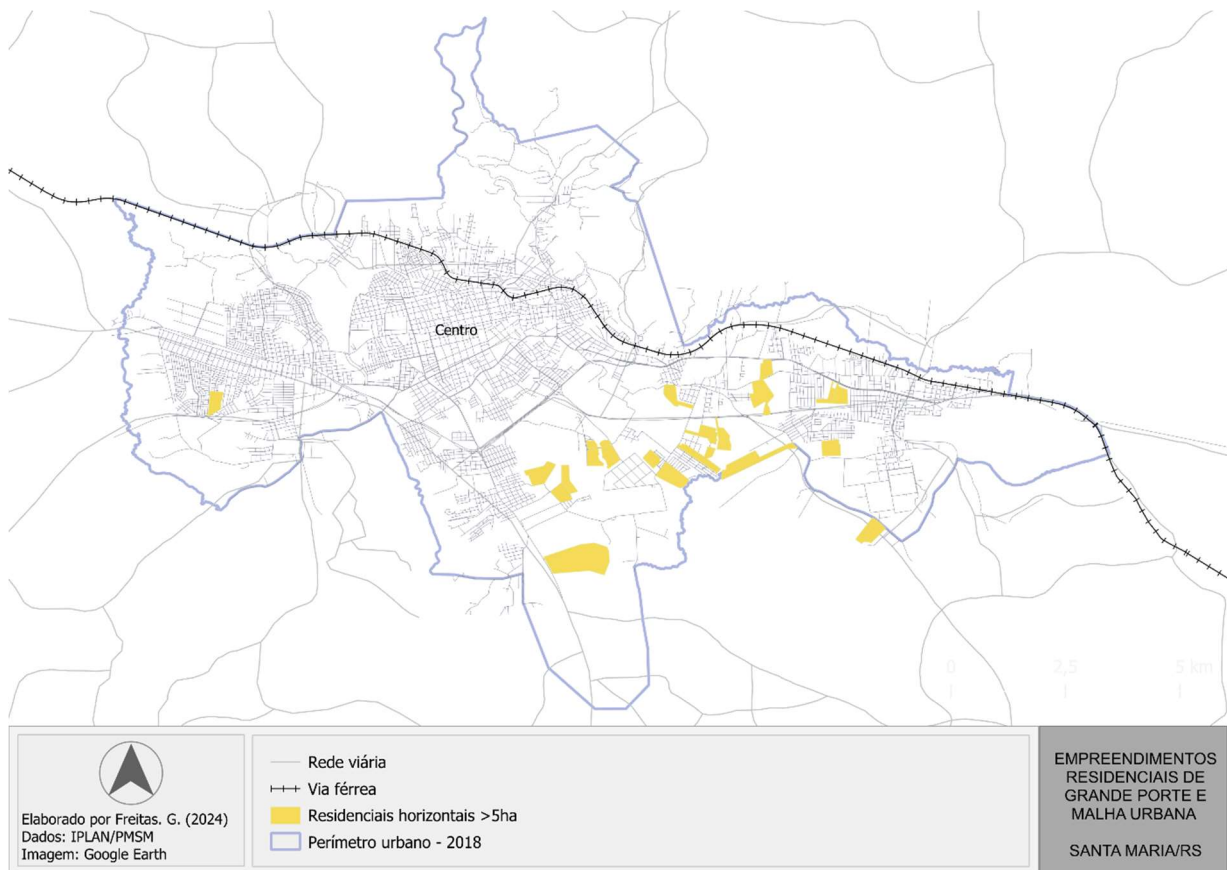
**Figura 5** - Alterações no perímetro urbano de Santa Maria/RS (2005-2018)



Fonte: Autores (2024)

Os reflexos das alterações no Plano Diretor podem ser observados, principalmente, ao verificar o espraiamento da área urbana do município (Figura 6): a implantação de empreendimentos residenciais horizontais está, em sua maioria, desconectada da malha urbana consolidada e distante do centro da cidade. Um desses empreendimentos, inclusive, foi implantado fora do perímetro urbano definido pelo Plano Diretor de 2018. Pelo tamanho dos empreendimentos são comuns os vazios urbanos entre esses espaços.

**Figura 6** - Empreendimentos residenciais de grande porte e a malha urbana de Santa Maria/RS (2005-2018)



Fonte: Autores (2024)

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das análises realizadas, foi possível observar que a história do planejamento urbano dessas duas cidades médias do Rio Grande do Sul percorreu caminhos semelhantes. Desde os ideais de melhoramento e de saneamento urbano (com o planejamento precursor do engenheiro Saturnino de Brito), passando pela incorporação dos preceitos modernistas de ordenamento do território (Plano Diretor de 1957 em Passo Fundo e de 1969 em Santa Maria), pela inserção da complexidade e do planejamento integrado (Plano Diretor de 1984 em Passo Fundo e 1980 em Santa Maria) até a incorporação dos instrumentos do Estatuto da Cidade (Plano Diretor de 2006 em Passo Fundo e 2005 em Santa Maria). Os anos subsequentes, após a aprovação desses planos nos dois municípios, seguiram uma crescente flexibilização na legislação urbanística visando atender às necessidades do mercado. De maneira geral, observa-se que, embora com alterações em diferentes instrumentos urbanísticos, há uma similaridade nos reflexos que essa flexibilização trouxe à paisagem dos municípios.

Em Passo Fundo, são identificadas duas tendências quanto às áreas periurbanas: a primeira através do adensamento construtivo e populacional fomentando a implantação de empreendimentos residenciais em edifícios, especialmente destinados às faixas de mercado do PMCMV. A segunda é referente à implementação de condomínios de lotes destinados à alta renda onde, tendo em vista a escassez de grandes glebas que sejam propícias a estes empreendimentos no interior do perímetro urbano, são criados mecanismos para a flexibilização e, desse modo, a viabilização destes. Tal processo é visto também em Santa Maria/RS, onde loteamentos destinados à baixa e média renda compostos por casas são localizados em bairros distantes do centro consolidado, muito próximo, porém, dos condomínios fechados de lotes. Ademais, ao flexibilizar o tamanho máximo desses empreendimentos cercados por muros, criam-se áreas dependentes do transporte motorizado e que não se conectam ao restante da malha urbana consolidada.

Entende-se que o processo de flexibilização na legislação urbanística faz parte de um contexto de mudanças profundas enquanto práticas do planejamento urbano e regional, apontando a necessidade do aprofundamento nessa temática, neste caso, especialmente nas cidades médias. A regulação urbanística nesses municípios tende a apresentar maior volatilidade devido a trocas de governantes e pela pressão de grupos imobiliários. O que se identifica é a promoção especulativa do lugar, como apontado por Harvey (2020), havendo a participação ativa do poder público, tanto na criação de um novo legal – flexível e adaptativo – como na implementação de infraestruturas e equipamentos que promovem a valorização imobiliária, atendendo às demandas especulativas.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES).

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Constituição Federal de 1988. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília: Senado Federal, 1988.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília: Senado Federal, 2001.

BRASIL. Lei nº 9.785, de 29 de janeiro de 1999. Altera o Decreto-Lei no 3.365, de 21 de junho de 1941 (desapropriação por utilidade pública) e as Leis nos 6.015, de 31 de dezembro de 1973 (registros públicos) e 6.766, de 19 de dezembro de 1979 (parcelamento do solo urbano). [S. l.], 29 jan. 1999.



BRASIL. Lei nº. 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 1979.

CORAZZA, J. **Rios urbanos e o processo de urbanização: o caso de Passo Fundo-RS**. 2008. 198 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, 2008.

DARDOT, P.; LAVAL, C. **A nova razão do mundo: ensaios sobre a sociedade neoliberal**. 1. ed. São Paulo: Boitempo, 2016.

FERRETTO, D. **Passo Fundo: estruturação urbana de uma cidade média gaúcha**. 2012. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012.

GOSCH, L. R. M. **Passo Fundo, de Saturnino de Brito ao Mercosul – Projetos e Imagens Urbanas**. (Dissertação). Rio de Janeiro: FAU/UFRJ, 2002.

HARVEY, D. **Condição Pós-Moderna: uma Pesquisa sobre as Origens da Mudança Cultural**. 25. ed. São Paulo: Editora Loyola, 2016.

HARVEY, D. **O Neoliberalismo: história e implicações**. São Paulo: Editora Loyola, 2008.

HARVEY, D. **Os Sentidos do Mundo**. 1. ed. São Paulo: Boitempo, 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Regiões de Influências das Cidades 2018 - REGIC**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico de 2020**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

LIMONAD, E. Reflexões sobre o Espaço, o Urbano e a Urbanização. **GEographia**, v. 1, n. 1. Niterói, 1999.

MASCARÓ, J. J.; BONATTO, D. A. M. O sistema de espaços livres de Passo Fundo-RS: escassez e descontinuidade. **COLÓQUIO QUAPÁ SEL**, 9., 2014, Vitória. **Anais...**. São Paulo, 2014.

MIRANDA, L. Planejamento em áreas de transição rural-urbana: velhas novidades em novos territórios. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 11, n. 1. São Paulo, 2009.

MONTE-MÓR, R. R. **Da Urbanização Extensiva Na Periferia Industrial**. Território, globalização e fragmentação. [S. l.], 1994. p. 169–181.

PASSO FUNDO (Município). Lei Complementar nº 170, de 2006. Dispõe sobre o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado - PDDI do Município de Passo Fundo. Passo Fundo, 2006.

PASSO FUNDO (Município). Lei Complementar nº 2.133, de 1984. Aprova o II Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Passo Fundo; dispõe sobre as normas do I Plano Diretor da cidade que permanecerão vigentes; e dá outras providências. Passo Fundo, 1984.

PASSO FUNDO (Município). Relatório Final do II PDDU. Passo Fundo, 1979.

PAULANI, L. M. O projeto neoliberal para a sociedade brasileira: sua dinâmica e seus impasses. *In*: LIMA, J. C. F.; NEVES, L. M. W. (org.). **Fundamentos da educação escolar do Brasil contemporâneo**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2006. p. 67–107.

REIS, N. G. Dispersão Urbana e Modernização Capitalista. **Revista Cidades**. v. 12, n. 2. [S. l.], 2015. p. 91-107.

RIO GRANDE DO SUL. Lei Estadual 10.116, de 23 de março de 1994. Institui a Lei do Desenvolvimento Urbano, que dispõe sobre os critérios e requisitos mínimos para a definição e delimitação de áreas urbanas e de expansão urbana, sobre as diretrizes e normas gerais de parcelamento do solo para fins urbanos, sobre a elaboração de planos e de diretrizes gerais de ocupação do território pelos municípios e dá outras providências. Porto Alegre, 1994.

SALAMONI, G. F. **O crescimento urbano por extensão e suas repercussões morfológicas em estruturas urbanas: estudo de caso: Santa Maria/RS**. Dissertação de mestrado (Planejamento Urbano e Regional). Porto Alegre: UFRGS, 2008.

SANTA MARIA. Lei Complementar nº 117, de 26 de julho de 2018b. Institui a Lei de Uso e Ocupação do Solo, Parcelamento, Perímetro Urbano e Sistema Viário do Município de Santa Maria. Santa Maria, 2018.

SANTA MARIA. Lei Complementar nº 118, de 26 de julho de 2018a. Dispõe Sobre a Política de Desenvolvimento Sustentável e Sobre o Plano Diretor de Desenvolvimento Territorial do Município de Santa Maria. Santa Maria, 2018.

SANTA MARIA. Lei Complementar Nº 72, de 04 de novembro de 2009. Institui a Lei de Uso e Ocupação do Solo, Parcelamento, Perímetro Urbano e Sistema Viário do Município de Santa Maria. Santa Maria, 2009.

SANTA MARIA. Lei Complementar nº N° 33, de 29 de dezembro de 2005b. Institui a Lei de Uso e Ocupação do Solo, Parcelamento, Perímetro Urbano e Sistema Viário do Município de Santa Maria. Santa Maria, 2005.

SANTA MARIA. Lei Complementar nº N° 34, de 29 de dezembro de 2005a. Dispõe sobre a Política de Desenvolvimento Urbano e sobre o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental do Município de Santa Maria. Santa Maria, 2005.

SANTA MARIA. Lei n. 1.370/1969, de 30 de janeiro de 1969. Aprova o plano preliminar e as diretrizes para o Plano Diretor de Santa Maria, e dá outras providências. Santa Maria, 1969.

SANTA MARIA. Lei nº 2098/1980, de 10 de janeiro de 1980. Institui o Plano Diretor de Santa Maria e dá outras providências. Santa Maria, 1980.

SANTORO, P. F. Perímetro urbano flexível, urbanização sob demanda e incompleta: o papel do Estado frente ao desafio do planejamento da expansão urbana. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 16, n. 1, p. 169, 2014.

SANTOS, M. **Por uma outra globalização**: do pensamento único à consciência universal. 30. ed. Rio de Janeiro: Editora Record, 2020.

SOUZA, M. L. **Mudar a cidade**: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanos. 10. ed. Rio de Janeiro: Editora Bertramd Brasil, 2015.

SPOSITO, M. E. B. Novas redes urbanas: cidades médias e pequenas no processo de globalização. **Geografia**. v. 35. [S. l.], 2010. p. 51–62.

TOCHETTO, D. **A cidade de Santa Maria e o saneamento de Saturnino de Brito**. 2013. 365f Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.

VASCONCELLOS, E. A. **Transporte urbano nos países em desenvolvimento: reflexões e propostas**. 1 ed. São Paulo: Fapesp, 1996.

WHITACKER, A. M. Cidade imaginada. Cidade Concebida. *In*: SPOSITO, M. E. B.; WHITACKER, A. M. (org.). **Cidade e Campo**: relações e contradições entre urbano e rural. 2. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2010.

# PSICOGEOGRAFIA EM PELOTAS (RS): AMBIÊNCIAS DA ÁREA CENTRAL

**Theo Soares de Lima**

Doutor em Geografia (UFRGS)

E-mail: theolima@gmail.com

**Mária Bruna Pereira Ribeiro**

Doutora em Geografia (UFU)

E-mail: mapereiraribeiro@gmail.com

## RESUMO

Em pesquisa anterior teve-se a oportunidade de trabalhar com o movimento Internacional Situacionista, suas principais contribuições para práxis urbana, bem como sua proximidade com a Geografia. Em momento subsequente foi possível adensar a discussão, propondo uma metodologia de pesquisa psicogeográfica. Aqui cabe retomar esses trabalhos, aplicando-os ao bairro Centro Histórico da cidade de Pelotas/RS. Além disso, são abordados dados institucionais, em particular o Plano Diretor, permitindo uma integração entre a área de planejamento e sua crítica, as duas dimensões que importam para a presente investigação. O presente trabalho é finalizado com a apresentação da parte empírica, com as descrições do bairro a partir dos trabalhos de campo, bem como constam imagens dos locais mencionados. Consta, ainda, a elaboração de um corema, ferramenta de representação espacial que ajuda a demonstrar a dinâmica de funcionamento interno e externo da localidade em questão.

**PALAVRAS-CHAVE:** Internacional Situacionista; psicogeografia; ambiência; deriva; corema.

85

## PSICOGEOGRAPHY IN PELOTAS (RS), DOWNTOWN AMBIENCIES

## ABSTRACT

In previous research we had the opportunity to work with the International Situationist movement, its main contributions to urban praxis, as well as its proximity to Geography. Subsequently, it was possible to deepen the discussion, proposing a psychogeographical research methodology. Here it is worth resuming these works, applying them to the Historic Center neighborhood of the city of Pelotas/RS. Furthermore, institutional data are discussed, in particular the Master Plan, allowing an integration between the planning area and its criticism, the two dimensions that are important for the present investigation. This work ends with the presentation of the empirical part, with descriptions of the neighborhood based on fieldwork, as well as images of the places mentioned. It also includes the development of a corema, a spatial representation tool that helps demonstrate the internal and external functioning dynamics of the location in question.

**KEYWORDS:** International Situationist; psychogeography, ambience, derive, chorema.

## INTRODUÇÃO

Ainda na década de 50 e 60 do século passado, especialmente na França, efervesceram movimentos sociais de cunho artístico. Estes questionavam desde a maneira com que se entendia e analisava diferentes linguagens até como a chamada alta cultura na verdade servia como instrumentos

de desigualdade social e de separação das diferentes camadas sociais por seus gostos (algo que tempos depois Pierre Bourdieu chamou de espaço social e em particular de *habitus* (Bourdieu, 2013)).

Um desses movimentos chamou-se Internacional Letrista, que, posteriormente, transformou-se em Internacional Situacionista (IS). A passagem de um movimento ao outro não foi apenas transição de nomenclatura, mas especialmente transição qualitativa. Da crítica da arte e dos espaços de difusão artística, tomando a esteira do pensamento lefebvriano<sup>1</sup> (com quem, inclusive, tiveram contato pessoal e de fato marca um ponto de virada em suas discussões e práticas), eles passam a entender a própria cidade como obra de arte. Expandem não só a concepção de um acesso popular a amostras e museus, por exemplo, como entendem que os mais diversos espaços da urbe se prestam a ser “espaços de arte” (como praças ou galpões públicos). Além disso entendem que a cidade como um todo é fruto de produção artística, enquanto obra coletiva.

No presente artigo é feito o resgate de pesquisas anteriores que já resumiram tal histórico, permitindo-nos agora apenas retomá-lo sem ter que refazê-lo. O mesmo pode-se dizer das noções e conceitos mobilizados pela IS. Cabe destacar que entendemos aqui uma diferença de precisão entre os primeiros e os segundos. Noção é algo abrangente e menos operacional. Enquanto conceito é justamente o contrário, algo mais específico e aplicável. A força do conceito deriva, inclusive, da sua capacidade explicativa: tão mais forte é um conceito quanto é sua capacidade de dar sentido ao fenômeno analisado.

No primeiro momento deste artigo é feito o descrito no parágrafo anterior. A parte seguinte é destinada a resgar os diferentes trabalhos realizados a partir do aporte teórico e prático dos situacionistas. A terceira e última parte destina-se ao desenvolvimento de trabalho de campo, utilizando do arsenal teórico mobilizado na parte I, e do aspecto prático, mobilizado na parte II, para realizar análise psicogeográfica da região central da cidade de Pelotas (RS) e apresentar os resultados de tal investigação. A conclusão destina-se àquilo que enuncia, encerrar o artigo amarrando as três partes e apontando os próximos passos.

## **PARTE I — INTERNACIONAL SITUACIONISTA, URBANISMO UNITÁRIO, PSICOGEOGRAFIA E AMBIÊNCIAS.**

O século XX foi de intensa movimentação artística e cultural. Foi o século em que se pode experimentar o dadaísmo, o expressionismo, o futurismo, o cubismo. Também são frutos de tal século

<sup>1</sup> Quando dizemos lefebvriano estamos nos referindo ao que foi produzido por Henri Lefebvre, filósofo de origem francesa e um dos mais importantes do século XX. Ver, em particular, “La producción del espacio” (Lefebvre, 2013).



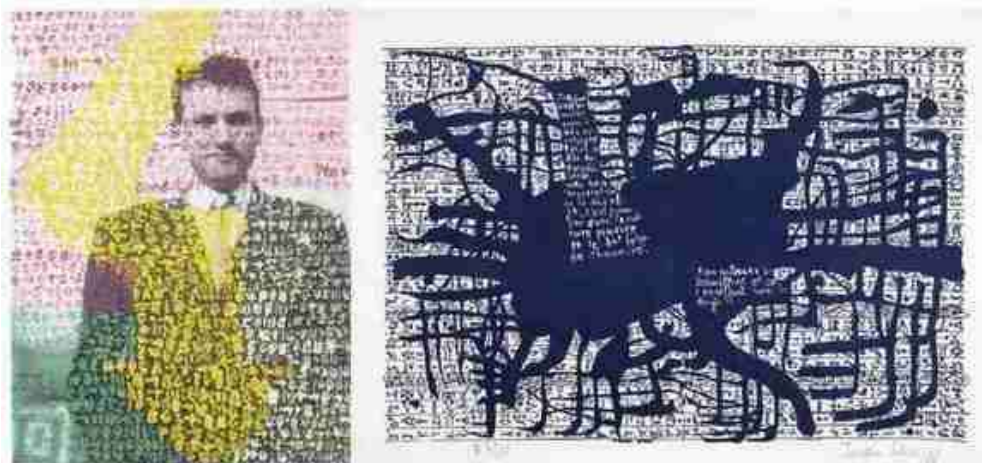
a *op* e a *pop art*. Estas últimas características da década de 1960, justamente quando do ativismo social aqui em tela, os situacionistas. Enquanto a *op art* buscou mexer com o espectador a partir da ilusão (*op* vem de *optical*, óptico ou visual), a *pop art* pretendeu causar modificação através da cultura de massa, por meio de símbolos reconhecíveis por todos. Neste sentido, o quadro “Díptico Marilyn”, famoso por mostrar a atriz Marilyn Monroe em diversas cores, é possivelmente o maior exemplo de tal momento artístico. Pois bem, não só a época é partilhada pelos *situs*<sup>2</sup> e a *pop art*, é também seu enfoque. Eles foram um ativismo essencialmente engajado com o que o cotidiano produz, e também em como produzir a partir dele e com ele. Cotidiano que se expressava, naquele momento, pela consolidação de grandes nomes, de grandes marcas, de grandes signos de conquista social e de sucesso, de pasteurização da vida vendida pelos aparelhos de TV ao redor do globo.

Todavia, devemos dar um passo atrás, para falar do ativismo situacionista e sua origem. Tal enriquece o cenário e ajuda a explicar algumas concepções desenvolvidas e almejadas por eles.

A primeira coisa importante de frisar é que os situacionistas estão alocados em um movimento maior de críticas artísticas e de agitação cultural. É necessário, portanto, falar dos *letristas*. O Movimento Letrista e a Internacional Letrista são decorrência um do outro. O primeiro é de origem de Isidore Isou, artista romeno que declarou a *hipergrafologia*, reorganização disciplinar a partir da linguagem e do signo (Home, 2004). Sua intenção era de ser resposta ao Surrealismo, que cada vez mais se afastava do Dadaísmo e se encaminhava para o misticismo. O letrismo (que, vale dizer, pode ser também encontrado grafado com dois “T”, por sua origem francesa *Lettrisme*) visou produzir poemas reduzidos a sua forma mais básica, as letras, que posteriormente se tornaram imagens. Conforme podemos observar em suas obras, as letras são usadas para criar formas, através do que ficou conhecido como *hipergráfico* ou *metagráfico*. As produções abaixo (Figura 1) ilustram perfeitamente tal situação. À direita um autorretrato, coberto de letras coloridas, enquanto à esquerda um exemplar de *hipergráfico*, com as letras e manchas formando uma aparência de sistema viário.

<sup>2</sup> *Situ* é ao mesmo tempo um apelido e um diminutivo de situacionistas. Passaremos a utilizar assim o termo daqui em diante.

**Figura 1** - As produções letristas de Isidore Isou



Fonte: [www.wikiart.org](http://www.wikiart.org)

Um importante nome dos situacionistas já estava aqui presente, Guy Debord. Por desavenças políticas, as quais Debord colecionou sua vida inteira, alguns integrantes do movimento rompem com Isou e acabam por fundar a Internacional Letrista, berço do “situacionismo”<sup>3</sup> e legado de suas principais ideias, ainda que de maneira incipiente.

A passagem realizada pelos integrantes não foi meramente mudança de nomenclatura e afastamento pessoal de Isou, mas efetiva emergência de algo novo. A crítica da arte começa já aí a transitar para crítica da cultura, entendida de maneira singela aqui enquanto manifestação geral de um modo de viver, ou daquilo que eles denominaram posteriormente de “economia espetacular mercantil” (Debord, 2002). É desta “primeira Internacional” (afinal os situacionistas mantiveram o caráter global em sua nomenclatura) que emergem as noções de psicogeografia e de situação e onde começam os interesses pelo urbanismo.

A “segunda Internacional”, a Situacionista (IS), é fundada em 1957 e carregará, apesar dessas nuances que já se apresentam, fundamentalmente o caráter artístico. É nesse sentido, inclusive, que a IS será definida por dois momentos, praticamente como uma “terceira Internacional” que as diferencie. Da crítica da “alta cultura”, das exposições em galerias e arte para ser apreciada apenas pelos que têm capital cultural para tanto, os *situs* passam para crítica da cidade enquanto obra de arte. Tal se parece muito com a noção trazida por Henry Lefebvre em “O direito à cidade” (Lefebvre, 2001). Pois bem, não é coincidência, haja vista que o próprio se encontrou com o movimento e sobre ele causou tamanha influência. O espaço da crítica, assim, extravasa das galerias para as ruas.

<sup>3</sup> Utiliza-se aqui de aspas pois os próprios rejeitavam ser enxergados como mais um “ismo”, seja enquanto doutrina, seja enquanto dogma (Bader, 2002, p. 20).

Tal extravasamento é significativo na participação que terão no movimento estudantil francês ao final da década de 60, quando, sob encomenda, produzem um texto que causa agitação nos centros acadêmicos de diversas universidades do país<sup>4</sup>. Tal agitação acabará por desembocar no evento histórico conhecido como Maio de 68. Diz-se até mesmo que a célebre frase “sejam razoáveis, demandem o impossível”, que ocupou inúmeros muros da cidade de Paris, é uma frase situacionista.

Resumo da ópera: a IS teve duração de doze anos, um total de setenta integrantes de dezesseis nacionalidades diferentes, deixou legado mundialmente conhecido, em particular pela noção de *sociedade do espetáculo*<sup>5</sup>, e esteve envolvida (ainda que se discuta a dimensão dessa influência) com um dos principais movimentos contestatórios de sua época e certamente o mais icônico da França na segunda metade do século XX. Além disso, legaram-nos diversas ideias que permanecem extremamente frescas nos dias atuais e que continuam a ecoar nos dilemas encontrados na cidade moderna e modernizante que eles tanto criticaram. Ainda que breves em sua duração, e por vezes turbulentos em sua própria organização interna (muito disso devido à personalidade centralizadora e personalista de Guy Debord), sua potência é admirável e profícua.

Feita esta breve exposição histórica, que seguramente possuiria caldo para mais caso fosse nosso intuito<sup>6</sup>, cabe desenvolver os conceitos e práticas que são tão característicos desse movimento de agitação da contracultura. A melhor obra traduzida para o português, que nos dá acesso à construção de sua *práxis*, é de organização de Paola Jacques, “Apologia da deriva” (2003). Esta coletânea nos traz os principais textos da IS, diretamente da revista homônima organizada pelos próprios.

Conforme exposto, os *situs* passaram de críticas artísticas à crítica da cultura de maneira geral. Em sentido amplo isso quer dizer criticar o modo de produção contemporâneo, já em sentido particular significa focar na cidade e sua vida urbana, que já se mostrava espaço predominante de ocupação da humanidade sobre a superfície terrestre.

O momento histórico que envolve a vivência situacionista, em termos de urbanismo, é o forte legado deixado pelo modernismo e seu principal expoente, Le Corbusier. A perspectiva trazida por essa vertente é a de uma cidade dividida, planejada amiúde em sua planta e funcional em seus usos. Para cada local uma atividade, onde se dorme não se trabalha nem se consome, é assim que a *cidade*

<sup>4</sup> Este é o “Miséria do movimento estudantil” (2002 [1966]), não assinado por nenhum membro específico da IS, mas sabidamente revisado por Debord (Baderna, 2002).

<sup>5</sup> Há muitas discussões envolvendo os sentidos de tal noção, em particular sobre o livro homônimo de Guy Debord. Para uma contribuição sobre ver Soares de Lima (2011, 2015).

<sup>6</sup> Além de nossos próprios esforços já realizados (Soares de Lima, 2011, 2015, 2016b), recomenda-se, para um trabalho marcadamente histórico do movimento, ver Grossman (2006).

*ideal* (Souza, 2011) pensa a vida citadina. Cada fragmento desses ligado por vias expressas de intensa circulação em automóveis individuais, que expressam não só a predominância do privado no funcionamento cotidiano como realçam a automação da experiência espacial.

A resposta *situ* para esta celeuma é, a bem da verdade, bastante simples, direta e diametralmente oposta ao Modernismo. Em vez do carro impessoal a corporeidade da caminhada. Em vez da fragmentação o urbanismo unitário. Em vez da funcionalidade asséptica a psicogeografia dos comportamentos.

Começemos pelo Urbanismo Unitário, haja vista que ele contém as outras facetas. Este é definido como “emprego conjunto de artes e técnicas que concorrem para a construção integral de um ambiente em ligação dinâmica com experiências de comportamento” (IS, 2003c [1958], p. 65). Fica evidente que tal definição é resposta óbvia aos pressupostos da Carta de Atenas (Le Corbusier, 1993), onde as separações funcionais aparecem como cerne do projeto moderno. É necessária uma “construção integral” dizem eles, ou seja, que rompa com a fragmentação dos usos separados. Um urbanismo, portanto, *unitário*. Em sentido radical eles pensavam que o espaço da cidade deveria chegar ao momento de completa dissolução das “fronteiras” entre diferentes bairros e localidades, levando à desorientação total pela imersão sensorial da urbe enquanto conjunto. Evidente que do ponto de vista prático para funcionamento de uma megalópole, por exemplo, isso se torna assaz impraticável, mas a crítica radical não busca ser palpável, mas, muito mais importante, causar modificação e inquietação intelectual. É preciso causar estranhamento.

Para que tal urbanismo pudesse ser minimamente efetivado, ou para que algum nível de contestação séria pudesse emergir da análise do espaço urbano moderno faz-se necessário investigar tal fragmentação. Entender seus efeitos nos comportamentos hoje para que possam ser alterados amanhã. É preciso investigar, então, como esses efeitos se manifestam na paisagem citadina e na própria construção dos lugares urbanos, desde os espaços de pertencimento mais infinitesimais de cada indivíduo que habita a cidade.

À investigação que permitiria isso denominaram *psicogeografia* (IS, 2003c, p. 65). É este o estudo dos efeitos do meio urbano sobre os comportamentos. Mas como realizá-la, qual sua ferramenta operacional? A isto, por sua vez, denominaram *derivas*, uma “superação passional pela rápida mudança de ambiências, ao mesmo tempo que um meio de estudo da psicogeografia” (Debord, 2003 [1957], p. 56).

Derivar, portanto, possui duplo sentido. O primeiro, e até mais importante porque realizável e desejável para todos, é uma proposta de comportamento rotineiro, deixar-se levar pelos empuxes da

rua, pelas vontades de exploração do terreno, reconhecer o meio a partir de sua investigação empírica, atravessar o tecido urbano desde dentro em vez de reconhecê-lo apenas através do olhar de sobrevoo (Souza, 2011) das plantas cadastrais e dos planos da cidade ideal.

O rompimento umbilical aqui se dá com uma ideia central da fragmentação, de que o deslocamento urbano é fundamentalmente um sair daqui e um chegar lá. Derivar não supõe chegar a lugar algum, pelo menos não de antemão. Ao contrário, como diz a expressão popular, é preciso perder-se para encontrar lugares que não podem ser encontrados. A deriva situacionista propõe, assim, uma relação com a cidade que seja primordialmente existencial, de se deixar submergir na escala 1:1, que é proporção vivida pelo corpo na dimensão da rua (Cesar, 2008), uma proporção de “tamanho real”.

Dizemos que esse primeiro sentido é mais importante porque é rompimento necessário a todos, e experienciável por todos, independente do aporte teórico que cada um possua. Todo cidadão é capaz de a realizar por seu bel prazer. Nada melhor para conhecer um novo bairro que se deixar vivê-lo em sua própria dinâmica. Contudo, para mudar tal ambiente para melhor é preciso investigá-lo e aí adentra a psicogeografia, onde a deriva torna-se ferramenta metodológica e não simplesmente atitude experimental.

A deriva enquanto método ajuda a evidenciar algumas coisas e estas definem os diagnósticos propiciados pela psicogeografia. A primeira delas é a área denominada *ambiência*, o “elemento mais reduzido do urbanismo unitário” (Debord, 2003, p. 55). Espaço de vivência dos habitantes, é resultado entre os usos e a expressão física de tal espaço. Uma rua formada de construções coloniais de baixa verticalidade é uma ambiência muito diferente de uma rua composta por arranha-céus espelhados servindo de escritórios. A *atmosfera psíquica* é radicalmente diferente e facilmente percebida. Assim, a psicogeografia opera primeiramente definindo uma área de estudo por sua ambiência geral (o sentimento vivenciado aliado ao substrato material), donde se pode internamente encontrar outras ambiências internas (não se precisa, pelo contrário, que essa área geral seja homogênea para ser definida). O segundo aspecto de investigação procurado é evidenciar os eixos de conexão, como tal área é acessada externamente e como os fluxos internos lhe dão movimento. Tais constatações ajudam a entender a configuração da área e seu funcionamento. Por fim, os dois primeiros aspectos nos levaram a identificar a presença (ou mesmo sua ausência) de *placas giratórias*<sup>7</sup>, locais de intensa agremiação dos passantes bem como resulta em sua dispersão. Um terminal de linhas de ônibus, por

<sup>7</sup> Tradução direta de *plaque tournante*, termo francês que designa as placas presentes em ferrovias, que, ao serem giradas, conectam diferentes ramais de destinação dos trens.



exemplo, funciona exemplarmente como placas giratórias, pois exercem enorme força centrípeta e centrífuga simultaneamente. Praças também parecem exercer enorme capacidade de agregação/dispersão (Soares de Lima, 2015).

Estes três aspectos, por conseguinte, são guias de qualquer perspectiva psicogeográfica. É preciso caminhar pelo espaço para delimitar as ambiências, mapear os fluxos e plotar as placas giratórias. Tal é a “santíssima trindade” da pesquisa situacionista.

## PARTE II — REGIONALIZANDO AMBIÊNCIAS

Em pesquisa anterior (Soares de Lima, 2015) foi possível realizar uma investigação psicogeográfica do Centro Histórico de Porto Alegre (RS). Agora é dada a hora de fazer o mesmo para outra localidade. Naquele momento utilizar da capital gaúcha serviu mais como “bode expiatório” que como estudo de caso. Explica-se. O intuito maior era desvendar a própria proposta situacionista, explorar suas potências e limitações. O bairro central da cidade serviu como meio para um fim. Aqui o pretendido é diferente, uma vez que aquilo pretendido lá já foi realizado, como também foi desenvolvido em outros escritos, dando-lhe, inclusive, maior suporte e densidade, através da proposição da noção metodológica de *região-ambiência* (Soares de Lima, 2016a). Esta guia a presente exposição, ao ter tornado operacional o que foi anteriormente explorado de maneira mais intuitiva e experimental.

Conforme escrevemos outrora, a delimitação de ambiências não deixa de ser, e, na verdade, é em sua essência, um ato de regionalizar o espaço urbano, de recortá-lo de acordo com características homogêneas a cada área e de acordo com uma concepção definitiva (da própria ambiência). Visando organizar esse esforço foram propostos alguns pontos a se considerar para realizar a regionalização das atmosferas psíquicas da cidade.

Primeiro é necessário dizer que “a delimitação de ambiências calca-se na materialidade do mundo” (Soares de Lima, 2016a, p. 240). As derivas se realizam sob um substrato palpável e compartilhado por todos, ainda que percebido com diferentes nuances. Podemos sentir uma área de maneira distinta de outra pessoa, mas dificilmente discordaremos do número de andares de um prédio.

Segundo, é preciso reconhecer que “a delimitação de ambiências depende do indivíduo que a efetua” (Soares de Lima, 2016a, p. 241). Como recém-dito, pessoas diferentes percebem diferencialmente os mesmos espaços. E não devemos eliminar tal particularidade, ela é fruto de uma rica multiplicidade de interpretações. O que não podemos, portanto, é ignorar o aspecto individual

dos sujeitos envolvidos nem sobrepô-los ao que a materialidade impõe. É necessário não negar o sujeito nem dotá-lo de soberania subjetiva ensimesmada.

Terceiro, “a delimitação de ambiências depende das existências compartilhadas” (Soares de Lima, 2016a, p. 241). Ou seja, ninguém experiencia o espaço sozinho. Ainda que se parta de um indivíduo este não está isolado, partilha dessa eterna condição de viver com os outros. O derivante nunca está solitário nem percebe somente por conta própria.

Quarto, “a delimitação de ambiências requer viagens investigativas” (Soares de Lima, 2016a, p. 241). Esta foi ideia desenvolvida com maior vigor anteriormente<sup>8</sup>, mas pode ser resumida de maneira simples. Uma viagem investigativa é se permitir realizar um trabalho de campo que seja atitude de entrada no espaço investigado. Não somente viagem como entendido pelo turismo nem investigação positivista, que ausenta o sujeito do processo. Uma viagem investigativa é se deixar submergir na paisagem, absorvê-la em toda sua magnanimidade.

Quinto, e último, “a delimitação de ambiências é uma interação multiescalar” (Soares de Lima, 2016a, p. 243). Ao investigar uma área nunca se está investigando de maneira isolada, em si mesma e por si própria. Toda área possui ligações para além de si, especialmente se pensamos no sentido legado pela obra miltoniana<sup>9</sup>, de que o global se realiza nos lugares, acumulando seus feixes numa localização (Santos, 2008). Para entender uma ambiência é preciso compreendê-la localmente, mas também em extrapolação.

Estes cinco aspectos de delimitação da *região-ambiência*, conjuntamente com os aportes legados pelos situacionistas e os desbravamentos realizados ao analisá-los, permitem-nos organizar uma agenda de pesquisa prática e possível de ser operacionalizada enquanto método de investigação. Ou seja, pode ser engendrada por distintos sujeitos que sigam tais pressupostos, assim chegando se não ao mesmo resultado em algo muito próximo. Adentrar o espaço do Centro Histórico de Pelotas (RS) nos permitirá reforçar tal empreitada.

### PARTE III — PSICOGEOGRAFIA DO BAIRRO CENTRO HISTÓRICO DE PELOTAS (RS)

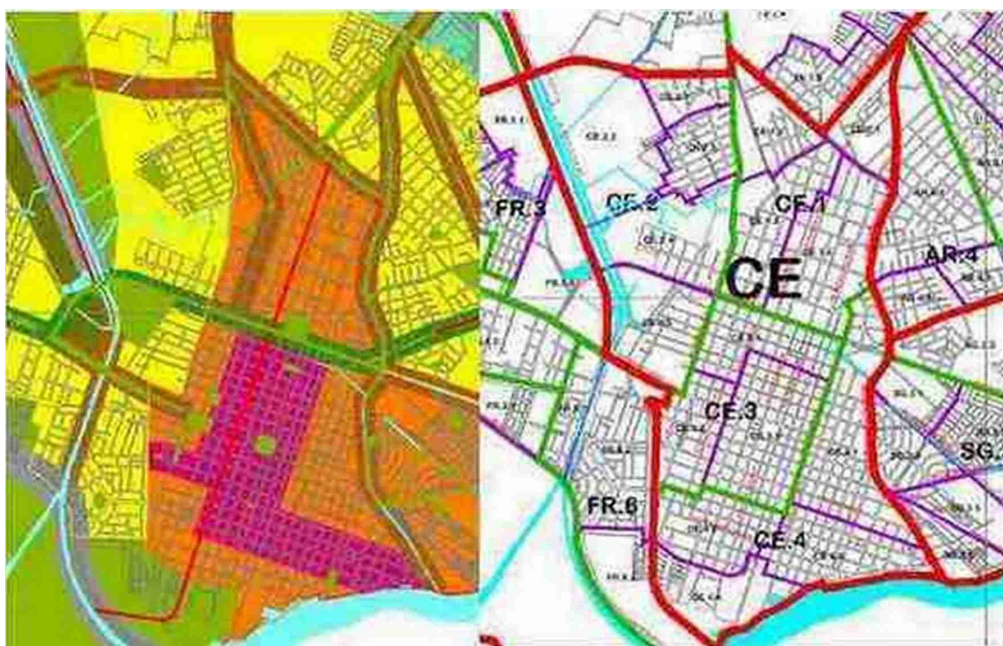
O Centro de Pelotas pode ser entendido, primeiramente, enquanto uma unidade administrativa do Plano Diretor da cidade, atualizado pela Lei 6636/2018. De acordo com o artigo 47, da mesma lei, tais unidades compõem o total de sete macrorregiões, sendo elas Centro, Fragata, Barragem, Três

<sup>8</sup> Para tal, ver “Sobre derivas, coremas e paisagens” (Soares de Lima, 2016b, p. 215).

<sup>9</sup> Assim como lefebvriano diz respeito ao produzido por Henri Lefebvre, miltoniano diz respeito ao pensamento de Milton Santos, o mais importante geógrafo brasileiro, inclusive tendo recebido o prêmio Vautrin Lud, espécie de Nobel da disciplina.

Vendas, Areal, São Gonçalo e Laranjal. Esta é a divisão legal da cidade, que ainda conta com uma subdivisão de 29 mesorregiões de planejamento e 109 microrregiões de informação. O Plano Diretor também ilustra, conforme exposto no mapa temático “U01 - Modelo Urbano” e constante na sua ficha cadastral, “ideias forças norteadoras da elaboração do III Plano Diretor”.

**Figura 2** - Recorte do mapa Modelo Urbano (esq.) e do mapa Sistema de Territórios (dir.)



Fonte: Prefeitura de Pelotas, 2018.

Explicamos as figuras acima. Devido seu tamanho gráfico de elaboração,  $1.867 \times 1.200$  mm, requerido para absorver todas as informações necessárias e continuar legível, não é possível reproduzi-las na íntegra. O que se pode observar no recorte à direita são os níveis regionais que servem de gestão para o poder público. Enquanto CE representa a região administrativa do Centro, CE 1, 2, 3 e 4 representam uma primeira divisão interna. O principal foco de nossa análise aqui se dá na microrregião CE 3.3 (de limite verde inferior/direita e roxo superior/esquerda).

Já o recorte à esquerda mostra, como diz o título, os modelos urbanos para Pelotas, onde se vê a região denominada Cidade Histórica, em roxo, e Expansão da centralidade, em laranja. Ambas nomenclaturas já permitem extrair aproximação com a(s) ambiência(s) do local. Primeiramente, e mais óbvio, o aspecto *histórico*. É neste polígono roxo onde começa a cidade de Pelotas, onde ela é fundada. Já o segundo termo dá conta, justamente, do processo histórico decorrente, a expansão dessa área central. Aqui a teoria explica muito bem o fenômeno, é o caminho processual das manchas

urbanas, conforme demonstra a análise de Lobato Corrêa em seu clássico “O espaço urbano” (Corrêa, 1989).

A centralidade principal, ou a “Área Central” (*ibidem*, p. 37-39) de uma cidade se confunde com o local de origem da mesma, e deste primórdio decorre sua primeira expansão, o aumento dessa área, mas que ainda não se modificou nem é grande o suficiente para ser algo outro, substancialmente distinto. Ainda estamos falando da “zona periférica do centro” (*ibidem*, p. 40-44). É somente depois que ocorrerá a descentralização e o surgimento de centro secundários e áreas especializadas.

Pois bem, ambas as manchas expressam esses dois momentos iniciais do assentamento urbano, e revelam, justamente por isso, aspectos interessantes. O evidente traçado xadrez em toda área roxa, e quase toda porção exatamente adjacente, revela um *sítio urbano* (Clark, 1991)<sup>10</sup> bastante característico. Tal traçado foi possível pela incrível horizontalidade presente. Pelotas é um município, e muito mais significativo ainda a cidade, muito plano, marcada pela baixa altimetria, diversas lagoas, ao menos uma laguna<sup>11</sup> e muito solo arenoso. Apesar de possuir parte de seu limite administrativo na franja da formação do Escudo Sul-rio-grandense, a porção sudeste se localiza no sistema de Lagunas-barreiras, característico de toda a unidade geomorfológica Planície Costeira do Rio Grande do Sul. É nesta segunda porção que encontramos a cidade (Silva; Rehbein, 2018). Complementando, o tecido urbano se localiza basicamente entre planícies, com cota de até 4 metros, e terraços, chegando aos 29 metros. Enquanto isso, o declive oscila do plano ao suave ondulado (Rehbein, Silva & Dutra, 2021). Ou seja, a variação entre o nível do mar e o terraço mais alto é pouco sentida, pois não há alteração brusca na altimetria.

Tudo isso compõe o sítio geográfico da cidade de Pelotas, e em particular de seu Centro, sítio este que lhe permitiu nascer e crescer como uma quadricula perfeita, desenho ortogonal condizente com a modernidade, época em que se organiza a disciplina urbanística, assim como tantas outras (inclusive a própria Geografia). “O principal traço da morfologia urbana de Pelotas era o desenho de suas largas ruas, um extenso ‘tabuleiro de xadrez’ situado na porção mais elevada de uma planície [...]” (grifo nosso; Soares, 2000, p. 186)<sup>12</sup>.

<sup>10</sup> Hoje em desuso e até mesmo em certo esquecimento, o sítio geográfico, ou somente sítio, foi importante conceito nos primórdios da geografia e da morfologia urbana. Representa a localização de dada área bem como sua manifestação física/material. Em tal coordenada, com tal relevo, vegetação e clima. A descrição como ferramenta metodológica aqui é forte.

<sup>11</sup> Estamos aqui fazendo referência à Lagoa dos Patos, que apesar de levar Lagoa no nome trata-se, de fato, de uma laguna: porção litorânea, de água salobra, que se comunica com o mar através de um canal.

<sup>12</sup> A Freguesia de São Francisco de Paula é alçada da sua condição de vila à cidade em 1835, quando recebe o nome atual, Pelotas. Disponível em <https://wp.ufpel.edu.br/placeage/cidade-de-pelotas/>. Acesso em maio 2024.



Tal morfologia é completada por um clima subtropical úmido – Cfa (Rehbein; Silva; Dutra, 2021), ou seja, verão acima de 22°C e invernos acima de 3°C, chuvoso o ano inteiro. Especialmente o aspecto úmido acompanha o pelotense e seu entorno com enorme intensidade. As influências do El Niño e da La Niña acabaram por coroar a localidade ora com extremos de um lado climático, ora de outro. O naturalista Saint-Hilaire (2002) relata, em sua viagem pelo estado e ao passar pelo Rio Pelotas, que o clima se assemelha ao da Europa (p. 119), com destaque especial para presença do vento (*ibidem op cit*), fenômeno forte e constante.

É nesse contexto que se formam as ambiências atuais. A presença colonial da arquitetura ainda é muito presente na área central da cidade, apesar das construções que já descaracterizam o aspecto histórico. Contudo, a presença ortogonal e por óbvio ainda plana mantém experiência próxima daquilo que vivenciou Saint-Hilaire. Os “ventos encanados” (assim chamados localmente porque sopram de ponta a ponta das ruas por sua retilinearidade) continuam a castigar os habitantes, enquanto a significativa presença dos sobrados nos mostra as rugosidades na paisagem (Santos, 2008), ou seja, as marcas ainda presentes de um tempo pretérito.

Hoje o Centro Histórico é predominantemente localidade de serviços. Lojas de toda sorte, e muitas de mesma finalidade, preenchem o bairro. Transeuntes apressados percorrem os caminhos entre elas e as paradas de transporte público. O Mercado Público mantém seu caráter público e, especialmente, popular. Serve também, claramente, de placa giratória, assim como a Praça Pedro Osório, circundada pela prefeitura, a biblioteca e o teatro municipais.

**Figura 3** - Mercado Público (centro/esquerda) e Prefeitura Municipal de Pelotas (direita)



Fonte: Google Street View



A imagem acima, além de servir de exemplificação dos locais mencionados e de sua função na dinâmica cotidiana do Centro, presta-se para algo mais. Também demonstra as rugosidades do bairro, especialmente ao fundo onde podemos ver um plano cinza, liso, que é a lateral de uma construção com uma loja no primeiro piso, e atrás uma torre espelhada. Ironicamente esta torre pertence ao Banco do Brasil, ou seja, o próprio poder público descaracterizando o bem comum e a história da cidade.

**Figura 4** - Praça Pedro Osório



Fonte: Google Street View

Às costas do observador anterior, de frente para o Mercado, temos a Praça Pedro Osório (como pode inclusive ser lida no pequeno mapa no canto inferior esquerdo da imagem). A construção colonial rosa, ao lado da Prefeitura, é a Biblioteca Municipal, aberta ao público, local de estudos, de encontro e de eventos no segundo piso. Cabe observar que a própria forma arredonda da praça, em suas arestas, nos dá ideia de mobilidade. O mesmo acontece com os caminhos diagonais que lhe atravessam. Sem dúvida ela é a principal placa giratória do Centro Histórico.

O calçadão *peatonal*, nas Rua XV de Novembro, 7 de Setembro e Andrade Neves, serve de local para pedestres cruzarem em segurança, descansarem e se encontrarem, seja por eventos combinados ou atravessamentos ao acaso. As descidas marcadas a partir da Rua Gonçalves Chaves “quebram”, à Leste, a ambiência plana do miolo do Centro, demarcando-o em direção à região do Porto. O mesmo acontece também no cruzamento da Rua Félix da Cunha com Tiradentes (ver figura 5, sendo que está última segue até a orla do Canal São Gonçalo. O que torna evidente que esta região, do Porto, sofre influência muito mais direta deste corpo d’água, seja pela companhia ainda mais acentuada do vento, seja pelos acúmulos de água precipitada nas vias, seja pela preocupação com o

transbordamento do próprio Canal. Ainda assim, no mapa de Modelo Urbano o Porto aparece como Centro Histórico e Expansão, demonstrando como a morfologia ortogonal e as edificações coloniais e horizontais, bem como o sentimento de proximidade, ainda permanecem.

**Figura 5** - Descida do Centro em direção ao Porto.



Fonte: Google Street View

Enquanto via de acesso externo é obrigatório mencionar a Avenida Bento Gonçalves, que remonta ao limite norte da parte histórica da cidade, distante apenas duas quadras da Catedral Metropolitana, marco da fundação original de Pelotas (Soares, 2000). A Rua Saturnino de Brito, que corta a Linha Férrea à Oeste do bairro, serve de acesso desde a rodovia estadual RS 473 e conecta este município com o de Rio Grande (mais ao sul, situado no deságue da Lagoa dos Patos com o mar). Costeando a área central do Centro tem-se a Rua Almirante Barroso, que o acompanha em sentido N-S e serve de importante trânsito para acessar o miolo do bairro (o Mercado, o calçadão, a Praça Pedro Osório e as ruas Deodoro e Osório).

Em termos de fluxo interno, as ruas Marechal Deodoro e General Osório conectam o limite sul do bairro com o norte, e, portanto, com a Av. Bento Gonçalves. Concentram inúmeras paradas de ônibus, inclusive com corredor próprio, diversas lojas importantes e fornecem fluxo rápido de automóveis por suas múltiplas pistas. São, em si mesmas, ambiências próprias dentro da ambiência maior. Em termos de fluxo Leste/Oeste é difícil priorizar alguma rua, pois todas assumem importância similar e dizem respeito mais sobre a intenção particular de cada passante. Nestas predominam o piso de paralelepípedo, passeios extremamente estreitos, para apenas uma pessoa, e extremamente altos em relação à via automotiva.

O Centro Histórico apresenta, pelo menos, três placas giratórias importantes. O Mercado e a Praça adjacente, bem como o Chafariz “As três meninas”, no cruzamento do calçadão entre a Andrade Neves e a 7 de Setembro. Todos convergem e dispersam passantes em todos os sentidos cardeais. Outras duas praças podem ser citadas, a Cipriano Barcelos, onde está o Pop Center (camelódromo) e a Piratinino de Almeida, onde está a famosa caixa d’água escocesa e o Hospital Santa Casa.

Em todo Centro são marcantes as altas calçadas (passeio), inclusive algumas com argolas de ferro, que eram pontos de amarrar cavalos, e os ladrilhos hidráulicos portugueses. A escassa arborização e a enorme presença de fiações caracterizam também a paisagem do Centro Histórico de Pelotas.

## COREMA DA ÁREA DE ESTUDO

A seguir consta um dos múltiplos dispositivos possíveis (Iconoclasistas, 2013)<sup>13</sup> para se trabalhar representação espacial. Este foi produzido a partir tanto das andanças pela urbe quanto, e principalmente, a partir do texto aqui apresentado. Visando situar a pessoa leitora do que é descrito, utilizamos da técnica de coremas (Brunet, 2021). Esta técnica originada na geografia teórica-quantitativa passou por uma reapropriação posterior, sendo utilizada ainda como modelagem, é verdade, mas menos como modelo. Ou seja, menos na perspectiva de prognóstico fechado como é característico dos planejamentos “duros” (Souza, 2011) e mais como ferramenta de representação que auxilie o texto e ajude a leitora no seu próprio processo de compreensão<sup>14</sup>.

A ideia central que move os coremas é libertar a geografia dos mapas convencionais. Neste sentido, ainda que seja assunto para desenvolver em outro momento, cabe destacar a similaridade desta proposta com os chamados “geo-cartóides”, ferramenta daquilo que a escola russa denominou metageografia, ou, ainda, como disse o conhecido geógrafo teórico William Bunge, *metacartografia* (1962)<sup>15</sup>. Estas tentativas têm como principal objetivo explorar o mundo da representação, torná-lo fértil para além do terreno das coordenadas e formas exatas. Não é ousado

<sup>13</sup> Dispositivos múltiplos são “creaciones y soportes gráficos y visuales que, mixturizados con dinámicas lúdicas, se articulan para impulsar espacios de socialización y debate, que son también disparadores y desafíos en constante movimiento, cambio y apropiación” (Iconoclasistas, 2013, p. 7)

<sup>14</sup> Para ver uma aplicação coremática em leituras regionais no Brasil, ver Thery (2007). Para outro exemplo de aplicação em geografia urbana, ver Soares de Lima (2016b).

<sup>15</sup> Para uma exposição mais delongada deste texto de referência, bem como uma proposta metodológica de metageografia, ver Soares de Lima (2022).

dizer que cada um à sua maneira rompe com o aspecto empírico-positivista das representações gráficas, enquanto *equivalentes* da realidade, como sendo o Real, de R maiúsculo<sup>16</sup>.

Mais que qualquer outra coisa, os coremas são potente ferramenta para transmitir *sensações*, pois priorizam expressar os *movimentos* daquilo que é representado. Mesmo ao alocar o limite entre duas regiões, sempre há expressão que denota se tal contato é de repulsão, atração, troca, conflito... As nuances entre linhas curvas, áreas hachuradas, setas, tamanhos diferentes entre os símbolos, tudo isso compõe o corema em sua transmissão de informação.

Para elaborar tal dispositivo gráfico utilizou-se de uma imagem de satélite da ferramenta Google Earth. Sobre ela foi traçado um esboço do que se queria representar para, posteriormente, elaborar o corema em si. Cabe destacar que a imagem foi declinada do Norte para propiciar uma leitura “retilínea” da área. Abaixo consta tal esboço, enquanto na figura 7 está o produto coremático.

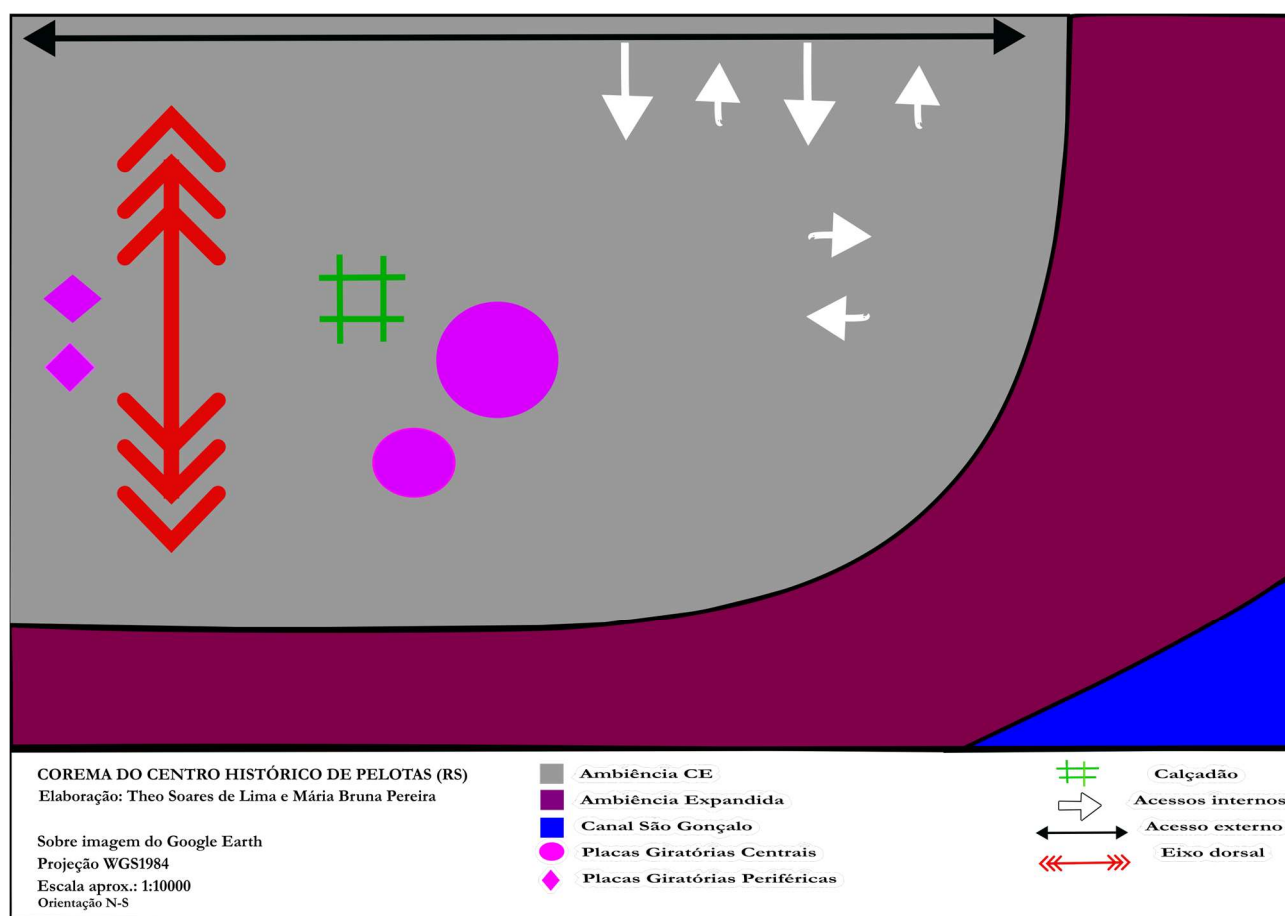
**Figura 6** - Esboço psicogeográfico



Fonte: elaboração própria

<sup>16</sup> Ainda que, obviamente, Bunge seja um teórico e esteja preocupado com *modelos*, sua perspicácia é potente para muito além disso, e não é à toa que busca outras formas que não da cartografia tradicional.

**Figura 7 - Corema do Centro Histórico de Pelotas**



Fonte: elaboração própria

Conforme dito, os coremas têm como principal intuito demonstrar a dinâmica da área em questão. Mostrar seus movimentos, suas nuances. Aqui não se escapa disso. Com foco na psicogeografia, as duas regionalizações da área são, portanto, a ambiência central (com o perdão do trocadilho) e sua área expandida. Assim como no mapa Modelo Urbano do Plano Diretor, aqui também mantivemos essa distinção aproximativa de sentidos, ou seja, com uma área mais significativa, ou de “identidade própria”, e uma área adjacente que é sua espécie de continuação. Ela já não é aquela área central, mas ainda carrega suas características. Neste caso, temos respectivamente a mancha cinza, central, e a mancha bordô, que representa a ambiência expandida (onde o traçado ortogonal, terreno plano e edificações coloniais, por exemplo, permanecem constantes na paisagem). No canto inferior direito, a mancha azul representa o Canal São Gonçalo, e mantém o observador atento da presença da água sobre a área, seja em sua constante ameaça de enchente, seja na relação de sustento com a pesca, seja pela neblina e ventos produzidos pela diferença de radiação entre o corpo d’água e a superfície terrestre.



Enquanto dinâmicas de movimento propriamente, ou as vias de acesso, como denominaram os *situs* em suas pesquisas psicogeográficas, temos alguns apontamentos. A seta vermelha em duplo sentido demonstra a importância magnânima das vias Deodoro e Osório dentro da dinâmica da área. Uma cortando o bairro em sentido Norte e a outra em sentido Sul. Optou-se pela seta nos dois sentidos simultaneamente para mostrar como, na verdade, as duas vias se complementam e acabam formando um único corredor de mão dupla. Seu tamanho na imagem cumpre função hierárquica na representação de sua importância.

Já as setas menores, preenchidas de branco, representam as dinâmicas internas “menores”, ou seja, os múltiplos e constantes deslocamentos que atravessam o bairro em todos os sentidos e, no fim, por todas as ruas. Da mesma maneira, seu tamanho diminuto representa uma hierarquia inferior na intensidade de deslocamentos. Ao mesmo tempo que servem menos para atravessar o bairro de “ponta a ponta”, é sua conexão intrincada que permite o denso movimento por todo tecido do Centro. Nenhuma destas setas internas menores têm o objetivo de ser uma rua em particular. Já a flecha preta contínua no topo da imagem representa especificamente a Av. Bento Gonçalves, mencionada na descrição realizada anteriormente neste artigo. Ela é a principal via de acesso externo ao bairro, pois contempla todas as ruas de acesso interno da área, em seus diferentes sentidos de tráfego. Além disso, serve como imponente marco psicogeográfico, fronteira de um certo “Centro até ali” de um resquício que vai enfraquecendo conforme se cruza a avenida e se prossegue ao norte.

Quanto às placas giratórias temos duas distinções que devem ser atentadas. A primeira é a diferença entre ícones, um círculo e um diamante. Os círculos compõem as placas giratórias centrais (de novo, com o perdão do trocadilho), e são mais importantes na dinâmica interna e, principalmente, externa da área. As duas placas periféricas, em diamante, portanto, o são tanto no sentido de área (de estarem mais à margem), mas também no sentido de deslocarem menos passantes do ponto de vista externo. As conexões centrais convergem maior movimento, proveniente de toda cidade (e até mesmo de fora, quando se pensa em termos de ponto turístico, por exemplo) em seu dia a dia e especialmente no fim de semana (devido ao lazer).

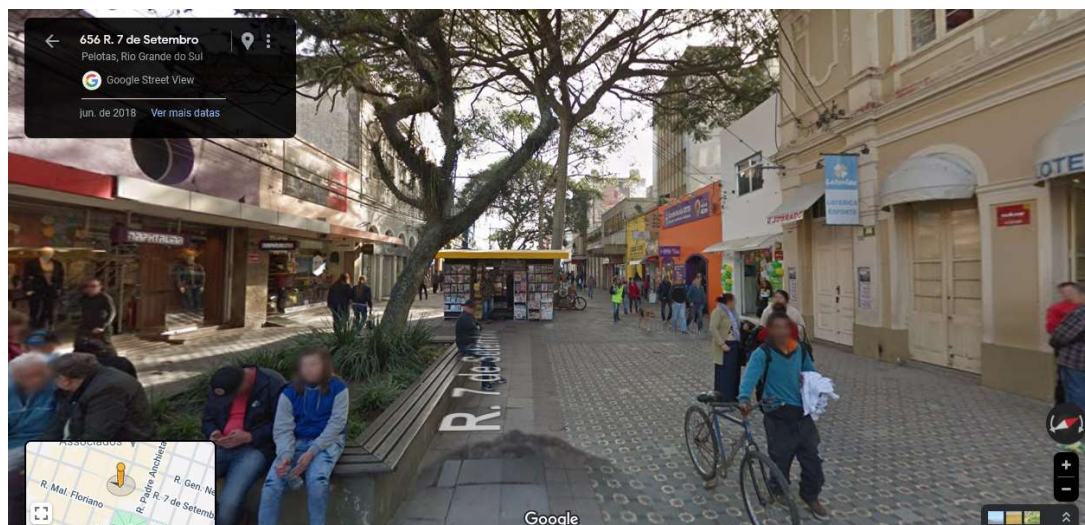
A segunda distinção é hierárquica entre as duas placas centrais, com predominância da Praça Pedro Osório. Por seu traçado radial ela serve aos passantes em todas as direções cardinais. Sua forma de arestas arredondadas se presta também aos veículos, que têm nela uma referência de rotatória. Além disso é no seu entorno que estão a Prefeitura, a Biblioteca Municipal, o Teatro Municipal, o Museu da UFPEL, o Museu do Doce de Pelotas, o Grande Hotel Pelotas e, inclusive, uma estátua de Simões Lopes Neto, sentado em um dos bancos. Natural da cidade e importante escritor regionalista,

é ele o autor de “Contos gauchescos e lendas do Sul” (1998). Na praça ainda acontece uma feira de artesanato aos finais de semana, além de ser utilizada como importante ponto de encontro e convivência. Nela também acontece, por exemplo, a Feira do Livro da cidade.

Ainda que o Mercado também possua seus méritos, tanto é que aparece como uma placa central, parece ser mais um objetivo em si do que servir como *plaque tournante* propriamente dita, ou seja, uma área que se presta a ser um importante ponto de *convergência e dispersão de circulação*. Sua força, neste sentido, é bem mais centrípeta que centrífuga, diferente da praça que parece apresentar certa equivalência entre ambas forças. Vale ressaltar, entretanto, a importância do Mercado na dinâmica cotidiana da cidade, sendo local de encontro boêmio, de oferta de serviços de alimentação (lancherias, peixarias, cafés, lojas de chá, etc), produtos regionais e, ainda, de rodas de samba.

Por fim, o “jogo da velha” entre as placas centrais e a seta vermelha tem dupla finalidade de representação. Primeiramente, por sua localização no corema, enuncia o famoso Calçadão da cidade, principal local de deslocamento de pedestres pelo Centro justamente por sua exclusividade *peatonal*. Em segundo a cor verde, que se dá pelo fato da considerável presença arbustiva, inclusive de grande porte, apesar do piso de concreto e suas construções diretamente no limite do passeio (uma vez que o calçadão é ele mesmo uma larga e contínua calçada). Além de importante sombra nas horas e meses de intenso sol, esta arborização serve como local de parada pelos bancos que possuem em seu contorno. Em um Centro pouquíssimo arborizado fora de suas praças, tal chama atenção. Em terceiro lugar, o traçado visa representar as linhas ortogonais tão citadas do Centro Histórico de Pelotas. Vale dizer que o calçadão em si não é dessa forma exata, sendo mais próximo de um “h” minúsculo. Mas, como dissemos, não é objetivo do corema ser um dado positivo.

**Figura 8 - Calçada**



Fonte: Google Street View

## CONCLUSÃO

O presente artigo apresentou, inicialmente, a evolução do movimento cultural presente na Europa, e especialmente na França, em meados da década de 50/60 do século passado. Isto almejou apresentar o movimento Internacional Situacionista e suas ideias e críticas da cidade de então. Observando que suas percepções ainda são frutíferas, realizamos tal resgate aliado a trabalhos anteriores que demonstram a validade desta percepção. Foram expostos, assim, seus principais conceitos/noções, assim como aquilo que foi desenvolvido a partir deles. Servindo de inspiração para o agora, realizou-se a aplicação dessas ideias para o Centro de Pelotas.

Atentos em não defender uma visão estritamente peculiar do ambiente (ou seja, que partisse somente da visão dos autores), foram mobilizadas referências bibliográficas para caracterizações do sítio geográfico da área central de Pelotas, bem como apresentadas imagens, fotos e mapas que pudessem exemplificar o enunciado. A opção de utilizar imagens retiradas do *Google Streetview* em vez de um acervo próprio advêm de alguns fatores, dentre eles o fato de que tais imagens pela forma de seu registro sempre nos colocam num ponto de mirada que traz a sensação de estar imerso na paisagem como um passante efetivo. O segundo aspecto é sua possibilidade de conferencia e exploração posterior por parte do leitor, que pode acessar por conta própria o que é apresentado e prosseguir daí. Por fim, as imagens do *Street View* trazem consigo um pequeno mapa no canto inferior esquerdo, que ajuda a localizar o ponto no seu entorno bem como mantém o logradouro no canto superior esquerdo ajudando a situar com precisão o observador.

Já a produção coremática própria, além de ancorar a descrição, serve de demonstração do que foi apropriado pelos autores em suas derivas e simples deslocamentos rotineiros, almeja também reforçar a importância de a geografia se aliar às mais diversas maneiras de representação possíveis. Ainda que os mapas tenham acompanhado o saber geográfico desde a antiguidade, e até hoje permaneçam importante instrumento deste campo, é igualmente necessário frisar como a cartografia não só percolou outras áreas e tem sido cada vez mais mobilizada por saberes não-específicos (por exemplo, em inúmeras reportagens jornalísticas, de excelente produção gráfica diga-se de passagem, como o Jornal Nexa), como ela própria é uma disciplina independente, desde a época em que a Geografia também se institucionaliza e se formaliza academicamente. Assim, cabe a nós simultaneamente defender um instrumento que é legado histórico como também explorar as mais diversas maneiras gráficas de se representar o espaço. Não é novidade dizer que grandes nomes como Humboldt e Reclus também eram excelentes desenhistas, e que tais produtos foram inclusive mobilizados em suas obras.

Prosseguindo. Os estudos de ambiências urbanas servem tanto de crítica quanto de proposição ao planejamento das cidades. Evidenciam seus problemas e potencialidades. Os locais de acesso, por exemplo ajudam a entender a dinâmica de fluxos da localidade para melhor atendê-los futuramente. Espaços de encontro que sofrem com algum tipo de sufocamento podem ajudar a impedir esse enfraquecimento da apropriação cotidiana, e, por oposição, reforçar o encontro como algo nevrálgico na vida pública. As placas giratórias visam apontar os principais nós de transporte de uma determinada área, priorizando aquilo que cada particularidade demanda. Nesse sentido, as ambiências extrapolam o local e demandam pensar regionalmente (enquanto um centro de transbordo de duas cidades próximas como Pelotas e Rio Grande, por exemplo).

Enfim, este artigo é, somente, um primeiro momento de aproximação com a paisagem do município, partindo de sua área mais significativa. Futuras pesquisas almejam desdobrar e ampliar o que aqui consta. Afinal, fazer-se derivante é algo a ser levado para a vida, e sempre há psicogeografias por fazer nesse espaço que não cessa de ser produzido.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BADERNA, M. Apresentação. In. **Situacionista**: teoria e prática da revolução. São Paulo: Conrad Editoria do Brasil, 2002, p. 9-24.

BOURDIEU, P. Espaço físico, espaço social e espaço físico apropriado. **Revista Estudos Avançados**, v. 27, n. 79. São Paulo: USP, 2013.

BUNDGE, W. Theoretical Geography. In. **General And Mathematical Geography No. 1**. Sweden: The Royal University of Lund, 1962.

CESAR, V. Urbanismo 1:1. In. KUNSCH, G. (org). **Urbânia 3**. São Paulo: Editora Pressa, 2008, p. 112-114.

CLARK, D. **Introdução à Geografia Urbana**. Rio de Janeiro. Ed. Bertrand Brasil, 1991.

CORRÊA, R. L. **O espaço urbano**. São Paulo: Editora Ática, 1989.

DEBORD, G.-E. O declínio e a queda da economia espetacular mercantil. In. **Situacionitas: teoria e prática da revolução**. São Paulo: Conrad Editoria do Brasil, 2002.

DEBORD, G.-E. Relatório sobre a construção de situações e sobre as condições ede organização e de ação da tendência Situacionista Internacional. In. JAQUES, P. (org.), **Apologia da Deriva: escritos situacionistas sobre a cidade**. Rio de Janeiro: Casa da Palavra, 2003, p. 63-59.

GROSSMAN, V. **A arquitetura e urbanismo revisitados pela Internacional Situacionista**. São Paulo: Annablume, Fapesp, 2006.

HOME, S.. **Assalto à cultura: utopia, subversão e guerrilha no século XX**. São Paulo: Conrad Editora do Brasil, 2004.

ICONOCLASISTAS. **Manual de mapeo colectivo**. Buenos Aires: Tinta Limón, 2013.

IS, Internacional Situacionista. Questões preliminares à construção de situações. In. JAQUES, P. (org.), **Apologia da Deriva: escritos situacionistas sobre a cidade**. Rio de Janeiro: Casa da Palavra, 2003, p. 62-64.

LE CORBUSIER. **Carta de Atenas**. São Paulo: Hucitec, 1993.

LEFEBVRE, H. **La producción del espacio**. Madrid: Capitán Swing, 2013.

LEFEBVRE, H. **O direito à cidade**. São Paulo: Centauro, 2001.

NETO, S. L. **Contos gauchescos e lendas do Sul**. Porto Alegre: L&PM Pocket, 1998.

PREFEITURA DE PELOTAS. **Plano diretor**, 2018. Disponível em <https://pelotas.com.br/servicos/gestao-da-cidade/plano-diretor>. Acesso em maio. 2024.

REHBEIN, M.; SILVA, A. R. E.; DUTRA, D. S. Cartografia morfológica do relevo do Município de Pelotas (RS). In. **Revista Geografar**, v. 16, n. 2, 2021, p. 531-554. Disponível em <https://revistas.ufpr.br/geografar/issue/view/3124>. Acesso em maio 2024.

SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo: EdUSP, 2008.



SAINT,-HILAIRE, A. **Viagem ao Rio Grande do Sul**. Brasília: Senado Federal, Conselho Editorial, 2002.

SILVA, A. R. E.; REHBEIN, M. O. Análise e mapeamento geomorfológico da área de influência da planície costeira de Pelotas (Rio Grande do Sul/Brasil). In. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, n. 3, 2018, p. p.567-585. Disponível em <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1342/386386397>. Acesso em maio 2024.

SOARES, P. R. R. Modernidade urbana e dominação da natureza: o saneamento de Pelotas nas primeiras décadas do século XX. **Revista Anos 90**, v. 8, n. 14, 2000, p. 184–201. Disponível em Modernidade urbana e dominação da natureza: o saneamento de Pelotas nas primeiras décadas do século XX | Anos 90 (ufrgs.br). Acesso em maio 2024.

SOARES DE LIMA, T. **Caminhos urbanos à Deriva**. Trabalho de Conclusão de Curso. 234 Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Porto Alegre, 2011. Disponível em <http://hdl.handle.net/10183/55551>. Acesso em maio 2024.

SOARES DE LIMA, T. **Ensaio sobre a vida cotidiana**. Passos e tropeços de uma pesquisa psicogeográfica. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-graduação em Geografia. Porto Alegre, 2015. Disponível em <http://hdl.handle.net/10183/128940>. Acesso em maio 2024.

SOARES DE LIMA, T. Dos recortes do espaço à instrumentalização da geografia. In: HEIDRICH, A. L.; PIRES, C. L. Z. (Org.); **Abordagens e práticas da pesquisa qualitativa em geografia e saberes sobre espaço e cultura**. Porto Alegre: Editora Letra1, 2016a., p. 229-248. Disponível em [www.lume.ufrgs.br](http://www.lume.ufrgs.br). Acesso em maio 2024.

SOARES DE LIMA, T. Sobre derivas, coremas e paisagens. **Boletim Gaúcho de Geografia**, v. 43, n. 2, 2016b, p. 208-231. Disponível em <http://seer.ufrgs.br/index.php/bgg/article/view/59062>. Acesso em maio 2024.

SOUZA, M. L. **Mudar a cidade**: introdução ao planejamento e gestão críticos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

# A PRESENÇA DA NATUREZA NAS DECLARATÓRIAS PATRIMONIAIS DA ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

**Monica Marlise Wiggers**

Doutoranda e Mestra em Geografia pela UFRGS. Bacharel em Geografia pela UFSM  
Geógrafa na Secretaria de Estado da Cultura do Rio Grande do Sul - Sedac  
E-mail: moni\_lise@yahoo.com.br

## RESUMO

O presente artigo tem como objetivo analisar as Declaratórias de Patrimônio Cultural, leis promulgadas pela Assembleia Legislativa do Rio Grande do Sul, destinadas a bens naturais. Metodologicamente, foi consultado o site da casa legislativa e foram identificadas, no universo de todas as Declaratórias, somente aquelas destinadas a elementos naturais. Estas tiveram seu teor avaliado com relação às justificativas apresentadas para a proposta de reconhecimento e aos valores atribuídos aos bens. As informações foram tabuladas e mapeadas. Foram encontradas 15 leis que declaram elementos naturais como Patrimônio Cultural do Estado ou integrantes do Patrimônio Cultural do Estado, promulgadas entre os anos de 2002 e 2012. Com relação às justificativas, elas são bastantes diversas, envolvendo preservar, proteger, resgatar, reconhecer e valorizar os bens em questão. Os valores apresentados em maior número são: histórico, cultural, ambiental, pedagógico, identitário, legendário, turístico, simbólico, paisagístico, religioso e de memória. Em menor número aparecem os valores: científico, socioeconômico e sociológico (com apenas uma ocorrência cada). A distribuição espacial dos processos é bastante desigual no território estadual. Apesar da falta de clareza sobre as implicações práticas das Declaratórias promulgadas pela Assembleia Legislativa, a avaliação do conteúdo dos Projetos de Leis que resultaram nessas legislações traz reflexões importantes para o campo do Patrimônio, principalmente no que diz respeito às formas de valoração de bens naturais enquanto Patrimônio Cultural.

108

**PALAVRAS-CHAVE:** Patrimônio Cultural, Bens Naturais, Valores, Justificativas, Legislação.

## THE PRESENCE OF NATURE IN THE HERITAGE DECLARATIONS OF THE STATE LEGISLATIVE ASSEMBLY OF RIO GRANDE DO SUL

### ABSTRACT

This article aims to analyze the Cultural Property Declarations, laws enacted by the Legislative Assembly of Rio Grande do Sul, intended for natural elements. The methodological approach involved consulting the website of the State Legislative Assembly and identifying, within all Declarations, only those aimed at natural elements. These were evaluated concerning the justifications presented for the recognition proposal and the values attributed to the elements. The data were meticulously compiled and mapped. Fifteen laws were found that declare natural elements as Cultural Heritage of the State or as part of the Cultural Heritage of the State, enacted between 2002 and 2012. The justifications are diverse and encompass the preservation, protection, recognition, and evaluation of the aforementioned elements. The most frequently presented values are historical, cultural, environmental, pedagogical, identity-related, legendary, touristic, symbolic, landscape-related, religious, and memory-related. The less frequent values are scientific, socioeconomic, and sociological (with only one occurrence each). The spatial distribution of the processes is quite uneven across the state territory. Despite the lack of clarity about the practical implications of the Declarations enacted by the State Legislative Assembly, evaluating the content

of the Bills that resulted in these laws brings important reflections to the field of Heritage, particularly concerning the ways of valuing natural elements as Cultural Heritage.

**KEYWORDS:** Cultural Heritage, Natural Assets, Values, Justifications Legislation.

## INTRODUÇÃO

Legalmente, são os órgãos do poder executivo dos Municípios, dos Estados e do Governo Federal que, a partir de processos administrativos, realizam o tombamento do Patrimônio Material e o registro do Patrimônio Imaterial, atos que tornam tais bens Patrimônio Cultural (Brasil, 1937; 2000). No Rio Grande do Sul, na esfera estadual, esses processos são de responsabilidade do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico do Estado do Rio Grande do Sul, IPHAE, órgão vinculado à Secretaria de Estado da Cultura, SEDAC. Criado no ano de 1990, ao Instituto também cabe avaliar intervenções que possam impactar os bens protegidos e orientar prefeituras nas suas políticas patrimoniais (IPHAE, 2023).

No entanto, durante muitos anos, a Assembleia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul promulgou as chamadas Declaratórias de Patrimônio Cultural, leis aprovadas pelos deputados estaduais que declararam bens como Patrimônios Culturais ou como integrantes do Patrimônio Cultural do Estado, causando um entendimento equivocado na sociedade de que esses estariam sob o mesmo regime de proteção dos bens tombados ou registrados pelos órgãos do poder executivo.

Neste contexto, no ano 2019, o IPHAE emitiu manifestação sobre o tema, citando posicionamento jurídico da Procuradoria Geral do Estado, datada de 2003:

Em relação às declaratórias de bens culturais como Integrantes do Patrimônio Cultural do Estado, aponta-se que, conforme o Parecer da Procuradoria Geral do Estado - PGE nº 13.752, de 10 de setembro de 2003, tais leis de conteúdo declaratório "não são dotadas de auto-executoriedade, por dependerem de outra legislação que especifique a forma pela qual bens declarados integrantes do patrimônio cultural (não tombado) serão preservados e protegidos pelo Poder Público e pelos proprietários". (...) Diante do acima exposto, entende-se que as proposições de declaração de bens, tanto material, quanto imaterial, como integrantes do patrimônio cultural do Estado pela Assembleia Legislativa não seriam pertinentes, uma vez que tais declaratórias causam dúvidas e mal-entendidos sobre o que significam, quais suas consequências práticas, qual a responsabilidade do Estado sobre tais bens e quais entes governamentais devem responder por eles (IPHAE, 2019, n.p).

No mesmo documento, o Instituto informa que tal alerta já havia sido realizado ao poder legislativo diversas outras vezes em anos anteriores. Assim, conforme pesquisa realizada no Sistema Legis, repositório eletrônico onde constam todas as leis aprovadas pela Assembleia, não constam outras promulgações de Declaratórias de Patrimônio Cultural desde o ano de 2012, o que denota que a referida casa legislativa acatou as considerações apontadas pelo IPHAE.

Permanece, porém, uma série de Declaratórias já aprovadas e, mesmo havendo uma discussão jurídica sobre a validade e o peso destas leis, a Assembleia Legislativa realizou a alteração da norma legal de nº 12.355, de 1º de novembro de 2005, que declarou integrante do Patrimônio Cultural, histórico, geográfico, natural, paisagístico e ambiental do Estado do Rio Grande do Sul a Serra do Caverá, localizada nos Municípios de Rosário do Sul, Santana do Livramento, Alegrete e Cacequi (Rio Grande do Sul, 2022) para viabilizar um processo de licenciamento ambiental no local.

Dessa forma, compreende-se que, mesmo necessitando de um esclarecimento sobre suas consequências legais e sobre as responsabilidades do poder público, tais leis possuem algum impacto na proteção dos bens declarados. E, apesar das ponderações legais, os conteúdos das Declaratórias trazem elementos para avaliarmos o que a sociedade considera Patrimônio Cultural, uma vez que tais legislações são oriundas de demandas de parte do eleitorado gaúcho, representadas pelos deputados autores das propostas de reconhecimento.

Destaca-se que diversas dessas Declaratórias foram destinadas a reconhecer como Patrimônio Cultural elementos naturais, como corpos e cursos d'água, espécies arbóreas e formações rochosas. Para Gonçalves (2010), predomina no pensamento ocidental o conceito de natureza como algo desvinculado do ser humano, oposto à cultura, e que precisar ser controlado e dominado pela sociedade. No entanto, segundo o próprio autor, o conceito de natureza não é natural. Ele é forjado no âmbito cultural e, portanto, varia de sociedade para sociedade, no tempo e no espaço. Da mesma forma, o conceito de Patrimônio Cultural também é um conceito polissêmico e nômade (Choay, 2014). Ele se expandiu e se popularizou principalmente após a virada do século XX para o XXI, em decorrência de três fatores principais: a) do processo de globalização, o qual trouxe uma necessidade de afirmação de valores locais frente a uma [[ameaça de homogeneização das culturas; b) das discussões sobre Patrimônio Cultural e desenvolvimento econômico e social; e c) da possibilidade de captação de recursos de fundos destinados aos bens culturais (Gomes, 2019). Nesse mesmo contexto, houve uma mercantilização do mundo natural que passou a ser visto como objeto de consumo muito valioso para o sistema capitalista, com destaque para a indústria do turismo, popularizando as discussões sobre Patrimônios Naturais (Diniz, 2021).

Para Scifoni (2006), o Patrimônio Natural nasceu no âmbito das discussões culturais e é parte integrante do Patrimônio Cultural uma vez que a natureza possui uma inegável dimensão cultural presente na formação dos mais variados grupos humanos. Nesse mesmo sentido, Pereira (2023) aponta que:

um país como o Brasil, cuja natureza é marcada pela riqueza e pela diversidade, seu patrimônio natural inspira as mais diferentes manifestações culturais, muitas delas cotidianas e das quais dependem grupos sociais para a sua sobrevivência. Desta forma, sua proteção se justifica não apenas pela necessidade de conservação de suas qualidades intrínsecas, mas também pelo seu conteúdo simbólico, como referência e identidade cultural (...). Da mesma forma que os brasileiros se reconhecem e se identificam com conjuntos urbanos como Outro Preto e Salvador, também se reconhecem no Pantanal, no Rio São Francisco e na Serra do Mar (Pereira, 2023, p. 45).

No entanto, o Patrimônio Natural é uma categoria de Patrimônio que vem sendo historicamente negligenciada pelas políticas do campo da cultura e pelas pesquisas acadêmicas (Scifoni, 2006), lacuna de estudos apontada também por Karpinski (2018).

Para Rabello (2009, 2015) e Crispim (2019), existe um entendimento equivocado de que a política ambiental se sobreponha ou supra a demanda de proteção desta tipologia de Patrimônio Cultural. Porém, enquanto os órgãos ambientais atuam na proteção da natureza por seus valores intrínsecos, ou seja, aqueles relacionados às questões ecossistêmicas, a proteção da natureza pelas políticas culturais deve atuar na proteção desta tipologia de bem por seus valores ligados às relações humanas e sociais, como os valores histórico, afetivo, simbólico e identitário (Pereira, 2023).

Assim, o presente artigo, visando contribuir com esta área de pesquisa, objetiva analisar as Declaratórias de Patrimônio Cultural promulgadas pela Assembleia Legislativa do Rio Grande do Sul com foco nas leis destinadas a bens naturais, buscando entender quais são os valores atribuídos aos elementos naturais e as justificativas para entendê-los enquanto Patrimônio Cultural.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Metodologicamente, foi consultado o site da Assembleia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul. No campo de busca, no item Legislação Estadual - Pesquisa Livre, foram digitadas as seguintes palavras chaves: Declaratória Cultural, Patrimônio Cultural, Patrimônio Histórico, integrante do Patrimônio. A partir desta busca, entre a totalidade das legislações, foram identificadas somente as leis envolvendo o reconhecimento de elementos naturais enquanto Patrimônio Cultural ou enquanto integrantes do Patrimônio Cultural (observou-se estas duas nomenclaturas).

Tendo sido realizada essa seleção, foram consultados na íntegra os Projetos de Lei (PLs) que resultaram nas Declaratórias. Nestes documentos constavam as justificativas apresentadas para a solicitação de reconhecimento e os valores atribuídos aos bens. Em alguns casos, os próprios textos dos PLs nomeiam os valores que o proponente atribui ao bem, como valor histórico, cultural, paisagístico, entre outros. No entanto, em outros casos, os valores estavam implícitos, por exemplo:



não é elencado explicitamente o valor ambiental, mas o texto, na sua argumentação, ressalta a importância ambiental do bem. Dessa forma, foram listados tanto os valores explicitados nos Projetos de Lei, quanto os valores identificados pela leitura deste conteúdo.

Os processos foram analisados em ordem cronológica, conforme o ano de promulgação das legislações. Após a identificação das justificativas e os valores atribuídos a cada bem natural, estas informações foram tabeladas e os bens foram espacializados em mapa elaborado no ambiente do programa QGIS, versão 3.26.3.

## **DECLARATÓRIAS DE PATRIMÔNIO CULTURAL**

Foram encontradas 15 leis, publicadas ao longo de uma década, que declaram bens naturais Patrimônio Cultural do Estado ou integrantes do Patrimônio Cultural do Estado. Na sequência, cada uma delas é apresentada de forma detalhada e em ordem cronológica (anual) de promulgação.

### **Sítios paleontológicos localizados em municípios do Estado do Rio Grande do Sul**

A Declaratória mais antiga envolvendo bens naturais abrange um conjunto de sítios paleontológicos localizados em 43 municípios do Estado, conforme consta na Lei publicada no ano de 2002:

Art. 1º - São declarados integrantes do patrimônio cultural do Estado, nos termos e para os fins dos artigos 221, 222 e 223 da Constituição do Estado, os sítios paleontológicos localizados nos Municípios de Aceguá, Agudo, Alegrete, Bagé, Caçapava do Sul, Cachoeira do Sul, Candelária, Candiota, Cerro Branco, Chuí, Dom Pedrito, Dona Francisca, Faxinal do Soturno, Formigueiro, Guaíba, Jaguari, Lavras do Sul, Mariana Pimentel, Mata, Novo Cabrais, Osório, Paraíso do Sul, Passo do Sobrado, Pinheiro Machado, Quaraí, Rio Pardo, Rosário do Sul, Santa Cruz do Sul, Santa Maria, Santa Vitória do Palmar, Santana da Boa Vista, São Gabriel, São Jerônimo, São João do Polêsine, São Pedro do Sul, São Sepé, São Vicente do Sul, Taquari, Uruguaiana, Vale do Sol, Vale Verde, Venâncio Aires, Vera Cruz (Rio Grande do Sul, 2002).

Como justificativa para a promulgação da referida Lei é apontada a necessidade de proteção dos fósseis da destruição pelas ações antrópicas, seja por obras como rodovias, seja pela atuação de moradores ou turistas que se apropriam dos fósseis para fins diversos. Além disso, o processo que embasou a legislação aponta que:

22. O patrimônio fóssil tem sido tratado, no mundo jurídico, frequentemente, apenas como um bem mineral, sem consideração a seu valor histórico-cultural. O Patrimônio Fóssil pode constituir, sabidamente, uma valiosa atração turístico-cultural. Além da importância científica e cultural, os sítios paleontológicos podem gerar benefícios socioeconômicos aos municípios em que se localizam, com a exploração de sua visitação. 23. A preservação do patrimônio fóssil fornece à paleontologia elementos necessários às respostas sobre a origem da vida no planeta (Souza, 2001a, p. 4).

Constata-se que os valores atribuídos aos bens são o científico, o turístico, o histórico, o cultural e o socioeconômico. O PL parte do pressuposto de que as transformações do planeta Terra que resultaram nas condições necessárias para a vida dos seres humanos e, portanto, para a existência da sociedade atual, também fazem parte da nossa história, sendo dignas de patrimonialização.

### **Arroio Pelotas**

O texto do Projeto de Lei que declarou o Arroio Pelotas integrante do Patrimônio Cultural é um dos mais ricos no que diz respeito às associações entre cultura e natureza e atribuição de valores ao bem natural. Como justificativa para a ação são apontadas: a necessidade de preservação do curso d'água; a possibilidade de, sendo um Patrimônio Cultural, o poder público pode acessar recursos da área da cultura para o desenvolvimento de projetos de preservação do Arroio; além de propiciar, pela sua existência, o incentivo à pesquisa científica e ações de educação ambiental e patrimonial.

Sobre a valoração do bem, o Projeto de Lei aponta os valores histórico e cultural. O texto explica que pelota era o nome dado a um tipo de embarcação de couro utilizada para a travessia de um dos principais rios do atual município de Pelotas. Este curso d'água, posteriormente, foi batizado com o nome da embarcação, assim como a cidade. Argumenta-se, ainda, que as Charqueadas, fazendas onde era produzido a carne de charque no século XIX, as quais tiveram um grande impacto na história e economia da cidade, sempre tiveram sua localização relacionada ao arroio. E a produção do charque também está diretamente ligada a produção doceira da cidade:

As embarcações que levavam o charque para alimentação dos escravos nordestinos, nos canaviais, voltavam carregadas de açúcar e permitiram, assim, a afirmação da tradição doceira de Pelotas. Foi, também, a partir das margens do Arroio Pelotas que se deu a conexão do Sul do Brasil com o resto do país e a Europa, para onde as embarcações iam carregadas de couro e charque, e de onde retornavam com mercadorias e novidades culturais, especialmente da França. A riqueza gerada pelas charqueadas às margens do Arroio Pelotas e a conexão náutica a partir daí permitiram o acesso a peças teatrais europeias (no teatro Sete de Abril), moda, móveis e costumes trazidos da França, fazendo da cidade uma expressão da cultura europeia no sul da América do Sul e dando-lhe, no final do século XIX, o 'título' de Paris da América do Sul (Souza, 2002, p. 5).

Além da identificação dos valores histórico e cultural, o texto cita os valores de memória, ambiental e pedagógico ao abordar a biodiversidade encontrada no bem e as associações entre ele e a história do município:

50. A aprovação deste projeto de lei terá inúmeros significados. Primeiramente, é um 'desbravamento' da categoria constitucional de patrimônio cultural com a inclusão do conceito de patrimônio natural, nos termos da Constituição do Estado. 51. Simboliza, esta lei, simultaneamente, a preservação e a recuperação de nossa memória histórica associada

ao Arroio Pelotas, bem como a preservação ambiental de um recurso hídrico em bom estado de qualidade ambiental, quer por sua balneabilidade, quer por ser propício a atividades de lazer em suas margens – não estando poluído como o Guaíba, o Arroio Dilúvio, o Rio dos Sinos ou o Rio Tietê, entre outros. O fato de o Arroio Pelotas, em pleno século XXI, estar ainda 'vivo', lhe dá uma característica que o faz diferir de outros cursos d'água (...) 56. Significa, de outra parte, o reconhecimento do patrimônio cultural e ambiental que representa o Arroio Pelotas. 57. É, finalmente, de profundo valor pedagógico esta declaração, que traz ao cidadão comum as inestimáveis noções de patrimônio cultural de patrimônio ambiental, de história, de valorização da memória coletiva e de preservação ambiental (Souza, 2002, p. 17).

Assim, no ano de 2003 é promulgada a Lei nº 11.895, que declarou como integrante do Patrimônio Cultural do Estado o Arroio Pelotas, delimitando em seu artigo 2º os limites do bem:

Art. 2º – É declarado patrimônio cultural do Estado, nos termos e para fins, especialmente, dos arts. 221, 222, 223 e 251 e incisos de seu § 1º, da Constituição do Estado, o Arroio Pelotas, integrante da bacia hidrográfica Lagoa Mirim-São Gonçalo, delimitado, a montante, pela nascente, nas proximidades da divisa dos Municípios de Pelotas e Canguçu e, a jusante, no Município de Pelotas, onde deságua no canal São Gonçalo (Rio Grande do Sul, 2003a).

### **Jardim Botânico de Porto Alegre**

O texto do Projeto de Lei que culminou na declaração do Jardim Botânico de Porto Alegre como Patrimônio Cultural é bastante sucinto. Nele é explicado o que são jardins botânicos e como surgiu o Jardim de Porto Alegre, trazendo alguns dados das espécies que ali são preservadas. Justifica a inclusão do local como Patrimônio Cultural pela proteção de exemplares da flora de Porto Alegre e do Rio Grande do Sul, com espécies de ambientes já bastante destruídos pela urbanização (Souza, 2001b). Assim como no caso do Arroio Pelotas, um dos efeitos esperados da declaração é propiciar acesso a recursos da cultura para o desenvolvimento de projetos de preservação do local.

Com relação aos valores que são elencados no processo, estes são o valor ambiental, ligado a preservação de exemplares diversos da flora de todo o estado; o histórico, ligado à história dos jardins botânicos e, mais especificamente, com a história de criação e implantação do jardim no processo de formação de Porto Alegre; e, por fim, o valor cultural.

Com essas justificativas e valores, no ano de 2003, é promulgada a Lei nº 11.917, que declarou como integrante do Patrimônio Cultural do Estado o Jardim Botânico de Porto Alegre:

Art. 2º - O Jardim Botânico de Porto Alegre, situado à rua Dr. Salvador França, nº 1.427, no Bairro Jardim Botânico desta cidade, registrado no Cartório de Registro de Imóveis da 2ª Zona de Porto Alegre, sob matrícula nº 47.018, no Livro nº 2 do Registro Geral, é declarado integrante do Patrimônio Cultural do Estado, nos termos e para fins dos arts. 221 e 222 da Constituição Estadual (Rio Grande do Sul, 2003b).

## **Morro Itacolomi**

O Morro Itacolomi localiza-se no município de Gravataí, região metropolitana de Porto Alegre. A argumentação apresentada no Projeto de Lei para o seu reconhecimento enquanto Patrimônio Cultural é bastante semelhante à argumentação usada na justificativa de declaração do Arroio Pelotas. Fala-se da importância de preservar o morro para a proteção da fauna e da flora, para propiciar e incentivar ações de pesquisa científica e de educação ambiental e patrimonial e, mais uma vez, comenta da possibilidade de acesso a recursos da cultura para o desenvolvimento de projetos de preservação. O texto também aborda a relação do Morro Itacolomi com a história da cidade e seus símbolos:

O Morro Itacolomi, localizado no município de Gravataí, na região da Serra Geral, a 12 Km do centro, é uma formação rochosa mais conhecida do município e abriga uma fauna variada com diversificada flora (...) É mister lembrar que a agricultura dos povos guaranis, primeiros habitantes do local, concentrava-se na Costa do Itacolomi, a exemplo dos povos missionários, que concentravam suas culturas separadas das moradias. A Lei nº 558 de 9 de setembro de 1964, que incluiu o Morro do Brasão do município, diz que na simbologia heráldica, o morro identifica acidente orográfico que domina a região onde se assenta o município e que, no passado, deu nome à sesmaria em que foi instalada a aldeia dos anjos. Esta sesmaria tinha invocação de Nossa Senhora dos Anjos de Itacolomi. Conforme Revista nº, do Arquivo Público de 1922, diz-se que dos primeiros sesmeiros aqui estabelecidos, a sesmaria de Francisco Pinto Bandeira circundava o morro de Sapucaia e a sesmaria de Antônio de Sousa Fernandes, os campos do Itacolomi. (...) É, finalmente, de profundo valor pedagógico esta declaração, que traz ao cidadão comum as inestimáveis noções de patrimônio cultural, de patrimônio ambiental, de história, de valorização da memória coletiva e de preservação ambiental (Alba, 2003a, p. 1).

Observa-se, na justificativa, os valores histórico, ambiental, cultural, pedagógico e de memória. O morro foi declarado Patrimônio Cultural do Estado por meio da Lei nº 12.002, de 05 de novembro de 2003 (Rio Grande do Sul, 2003c).

## **Rio Gravataí**

A Lei nº 12.001, de 05 de novembro de 2003, declarou o Rio Gravataí Patrimônio Cultural do Estado, delimitando a área abrangida pela Declaratória:

Art. 1º - É declarado patrimônio cultural do Estado, nos termos e para fins, especialmente, dos artigos 221, 222, 223 e 251 e incisos de seu § 1º, da Constituição Estadual, a Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, localizada na Região Metropolitana de Porto Alegre, com área de aproximadamente 2.020 Km² e abrange, total ou parcialmente, os Municípios de Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Gravataí, Porto Alegre, Santo Antônio da Patrulha e Viamão, delimitado, a montante, pela nascente, nas proximidades da divisa do Município de Santo Antônio da Patrulha e, a jusante, no Município de Porto Alegre, onde deságua no Rio Guaíba (Rio Grande do Sul, 2003d).

A justificativa para o reconhecimento, conforme consta no Projeto de Lei, argumenta sobre a importância ambiental da biodiversidade associada ao curso d'água e sobre a qualidade do bem

para diversos usos, como o abastecimento público, diluição de esgotos domésticos e efluentes industriais e irrigação de lavouras de arroz. São abordadas, ainda, as ligações históricas e culturais do rio com a população que dele se beneficia:

Historicamente, o Rio Gravataí teve uma importância econômica pela comercialização da mandioca através do Passo das Canoas, garantindo o progresso econômico do município e transformando-a em importante rota das carretas que cruzaram da capital em direção a diversos pontos do interior do Estado, levando toda a sorte de mercadorias ou sendo passagem de tropas em importantes guerras. Dentre as embarcações que utilizavam esse porto, temos conhecimento das “gasolinas”, tanto para o transporte coletivo como para de carga. Pelas “gasolinas” de carga eram transportados produtos como farinha de mandioca, polvilho, sendo receitas básicas do município. Também eram transportados melão, rapadura, tijolos e telhas (Alba, 2003b, p. 1).

Identificam-se, assim, valores históricos, culturais, ambientais e pedagógicos no bem em questão. Além disso, como já aconteceu em outros textos, o Projeto de Lei também argumentou sobre a possibilidade de uso de políticas culturais para a preservação do rio.

### **Cipreste Farroupilha**

Localizado no município de Guaíba, região metropolitana de Porto Alegre, o Cipreste encontra-se em espaço público em frente a antiga residência de Gomes Jardim, personagem importante na história do Rio Grande do Sul.

Essa é uma das Declaratórias mais sucintas na sua justificativa. A motivação para o reconhecimento seria reforçar a proteção da árvore de atos de vandalismo. Com relação à valoração do bem, o texto do Projeto de Lei aponta os valores histórico, legendário e simbólico:

Este Projeto de Lei tem como objetivo declarar como bem integrante do patrimônio cultural histórico do Estado do Rio Grande do Sul o Cipreste Farroupilha de Guaíba. O Cipreste foi definido como patrimônio histórico do município de Guaíba em 1994 e se calcula que tenha cerca de 300 anos. Diz a lenda que a árvore teria sido plantada em 1680. A história conta que a sombra da árvore serviu de abrigo para os farroupilhas em 19 de setembro, véspera do início da Revolução Farroupilha. Ali, Bento Gonçalves, Gomes Jardim e Onofre Pires acertaram os últimos detalhes da tomada de Porto Alegre (Cherini, 2003, p. 1).

O bem foi declarado como integrante do Patrimônio Cultural do Estado pela Lei nº 12.150, de 21 de setembro de 2004 (Rio Grande do Sul, 2004a).

### **Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos**

O Rio dos Sinos nasce próximo ao litoral norte do estado, desagando no delta do Jacuí, na região metropolitana de Porto Alegre. Um dos motivadores para a Declaração da Bacia Hidrográfica desse rio como Patrimônio Cultural, conforme texto do Projeto de Lei, seria fixar no



calendário estadual um dia para a preservação e conscientização do Rio dos Sinos, além de proporcionar qualidade de vida para a sociedade. A justificativa cita ainda o valor econômico da aquicultura desenvolvida na bacia, a ligação entre a poluição das águas superficiais e subterrâneas e a importância do rio para o Dourado, espécie de peixe que seria beneficiada com esta proteção:

Além de ser um bioindicador viável, o Dourado tem outras características imprescindíveis para a função de espécie – símbolo: a) é uma espécie altamente conhecida; b) tem uma imagem positiva, em face do tamanho que atinge e estrutura de seu corpo; c) tem uma bela coloração; d) é uma espécie migradora; e) o aspecto mais importante: faz parte da cultura do Rio Grande do Sul, existindo músicas acerca da captura do Dourado e o conhecimento por todos aqueles que gostam de peixes. A sua aptidão como símbolo pode ser comparada ao papel do salmão ou da truta migratória em programas de restauração de hidrobasias na Europa (Rio Tâmbisa, Rio Reno), Estados Unidos e no Canadá (Santos, 2004, p. 2).

A argumentação é concluída tratando a Bacia Hidrográfica como um bem público e social de grande importância para vida:

[...] a proteção desse patrimônio público e social, que é a Bacia do Rio dos Sinos, deve-se mostrar primordial para que o interesse difuso pela manutenção de águas limpas conflua para o interesse também primordial que é a vida saudável (Santos, 2004, p.2 ).

Tais argumentações conferem ao bem um valor ambiental e simbólico. Assim, no ano de 2004, por meio da Lei nº 12.152, a Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos é declarada Patrimônio Histórico e Cultural do Estado, sendo delimitado conforme o artigo 1º:

É declarado patrimônio histórico e cultural do Estado, nos termos e para fins, especialmente, dos artigos 221, 222, 223 e 251 e incisos de seu § 1º da Constituição Estadual, a Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, localizada na Região do Vale dos Sinos, com área de aproximadamente 4.000 Km², abrangendo, total ou aproximadamente, os Municípios de Araricá, Cachoeirinha, Gravataí, Rolante, Campo Bom, Igrejinha, Santa Maria do Herval, Canela, Ivoti, Santo Antônio da Patrulha, Canoas, Hova Hartz, São Francisco de Paula, Capela de Santana, Nova Santa Rita, São Leopoldo, Caraá, Novo Hamburgo, São Sebastião do Caí, Dois Irmãos, Osório, Sapiranga, Estância Velha, Parobé, Sapucaia do Sul, Esteio, Portão, Taquara, Gramado, Riozinho e Três Coroas, delimitado, a montante, pela nascente, no Município de Caraá e, a jusante, em Canoas, com a foz do Rio Jacuí (Rio Grande do Sul, 2004b).

## Serra do Caverá

Esta Declaratória foi promulgada no ano de 2005. Posteriormente, no ano de 2022, ela sofreu uma alteração na redação com o objetivo de permitir a implantação de empreendimentos no entorno da Serra do Caverá, fato que acendeu as discussões sobre o que representam essas Declaratórias no que diz respeito a real proteção dos bens. A nova redação da Lei foi assim aprovada:

Art. 1º Na Lei nº 12.355, de 1º de novembro de 2005, que declara integrante do patrimônio cultural, histórico, geográfico, natural, paisagístico e ambiental do Estado do Rio Grande do Sul a Serra do Caverá, localizada nos Municípios de Rosário do Sul, Santana do

Livramento, Alegrete e Cacequi, no art. 1º, fica acrescentado o parágrafo único, com a seguinte redação:

Art. 1º. Parágrafo único. O disposto no “caput” deste artigo não impede a implantação de atividades socioeconômicas de baixo impacto ambiental, que dependerão exclusivamente de autorização do órgão ambiental e seguindo zoneamentos, quando existirem (Rio Grande do Sul, 2022).

Com relação a justificativa e valoração do bem, o texto do Projeto de Lei original aponta que:

2.1 A Serra do Caverá é uma região da fronteira-oeste do Rio Grande do Sul, que se estende entre as cidades de Rosário do Sul e Alegrete. Localizada a poucos quilômetros da cidade, a Serra do Caverá é uma formação basáltica encravada no centro do município de Rosário do Sul, que permite, um contato com a natureza no seu estado praticamente original e paisagens belíssimas. Ademais, a Serra do Caverá é rodeada de lendas e histórias como: "A lenda do Caverá - Rosário do Sul", "Jangota Pereira, o Patriarca do Gauchismo" e "Leão do Caverá". Segue um pouco das histórias: "A de uma tribo de minuanos, índios bravios do campo. Entre esses Minuanos, destacava-se a figura de Camaco, guerreiro forte e altivo apaixonado por Ponaim. Disse a Camaco que casaria com ele se ele trouxesse a pele do Cervo Berá - daí o seu nome, o mato era dele: CaaBerá, Caavera, finalmente, Caverá". "Na Revolução de 1923, entre os maragatos (revolucionários) e os chimangos (legalistas), o Caverá foi o santuário do Caudilho maragato Honório Lemes, justamente apelidado de "Leão do Caverá", que comandou a mais destacada das tropas na Revolução de 1923 e onde passava era recebido e festejado como herói.". 2.2 Este projeto de lei pretende uma declaração formal da Serra do Caverá como patrimônio cultural, histórico, geográfico, natural, paisagístico e ambiental (Rosado, 2005, p. 1).

O proponente aponta como valores para o bem: cultural, histórico, geográfico, natural, paisagístico, ambiental e sociológico, não tendo explicitado o que seria entendido como valor sociológico.

118

### Fonte Água Azul

No ano de 2005 a Fonte Água Azul é declarada Patrimônio Cultural por meio da promulgação da Lei nº 12.356:

Art. 1º - É declarado patrimônio cultural do Estado do Rio Grande do Sul, nos termos e os para fins dos artigos 221, 222, 223 e 251, § 1º da Constituição do Estado, a Fonte Água Azul, situada na localidade denominada Santa Lúcia do Piaí, no Município de Caxias do Sul, nas proximidades do sítio arqueológico Antonio Vergani, RS-37, definida geograficamente de acordo com as seguintes coordenadas: I - Latitude Sul: 29°12'25,1"; II - Longitude Oeste: 50°59'42,3". Art. 2º - Considera-se, por extensão, ainda, integrantes do patrimônio cultural do Estado a construção existente em torno da Fonte Água Azul, o bosque adjacente e o monumento em homenagem ao introdutor do gado no Estado do Rio Grande do Sul, Pe.Cristóvão de Mendoza (Rio Grande do Sul, 2005).

O texto do Projeto de Lei relata que o padre missionário jesuíta, Cristóvão de Mendoza, teria sido responsável pela introdução do gado em território gaúcho, criação que possui importância para a economia e cultura estaduais até os dias de hoje. Devido aos conflitos da imposição da religião

católica aos indígenas, o Pe. Cristóvão teria sido morto no dia 26 de abril de 1635, tendo seu coração arrancado e jogado na fonte, hoje denominada fonte Água Azul. Ainda segundo o texto, este fato “teria contribuído para dar uma coloração azulada à água. Correm também, notícias de que pessoas doentes, ao se lavarem na fonte, teriam obtido graças de curas diversas” (Pauletti, 2004, p. 2).

Assim, é solicitada a declaração de Patrimônio Cultural da fonte, das construções que a cercam, de um monumento ao padre e de uma área florestada adjacente à fonte. A principal justificativa apresentada para esta Declaratória foi reconhecer a importância histórica da figura do padre Cristóvão de Mendoza. Os valores relacionados ao bem foram: histórico, legendário, cultural e, pela primeira vez, o religioso.

### **Gruta Nossa Senhora de Lourdes**

Localizada no município de Dom Pedro de Alcântara, a justificativa para o reconhecimento da Gruta, conforme Projeto de Lei, foi o fato desta ser um local de veneração a Nossa Senhora de Lourdes:

Continuamente visitada por peregrinos, turistas e pessoas das mais variadas procedências e classes sociais, que ali buscam um refúgio, um lugar de oração e oportunidade de alcançar uma graça tão desejada para cura do corpo ou da alma, ou almejam a reconciliação, a conversão, a mudança de vida, reencontro com os sacramentos e a vida espiritual (Pujol, 2006, p. 1).

119

O valor do bem seria o religioso, um dos valores também apontado para o caso do reconhecimento do bem Fonte Água Azul. Neste contexto, a gruta foi declarada integrante do Patrimônio Cultural por meio da Lei nº 12.489, de 15 de maio de 2006 (Rio Grande do Sul, 2006a).

### **Túnel verde**

O Túnel Verde consiste em duas fileiras de eucaliptos plantados na Rodovia Estadual RS 040, no município de Balneário Pinhal. Sua formação se deu no início do século passado, quando o espanhol Francisco Segura Garcia, conhecido como Sr. Paco, chegou ao Brasil e adquiriu terras na região. Ele instalou uma grande fazenda na qual passou a desenvolver uma variedade de cultivos agrícolas, além de ter construído uma igreja, um salão de festas e uma escola. Nessa mesma década, anos de 1940, Francisco também solicitou o plantio dos eucaliptos, duas fileiras paralelas com a estrada, uma de cada lado, com 3 km de extensão (Alba, 2006). O texto de justificativa apresentado para a Declaratória também argumenta que:

Atualmente na entrada do município, a mata de eucaliptos se apresenta como um grande abraço aos que por ali passam. Num entrelaçamento natural, chama a atenção pelo porte altaneiro e fraterno. (.....) O Túnel já emprestou sua paisagem para filmes, propagandas, painéis, outdoors e continua imponente e solidário a quem dele precisar. Quem passa pela RS 040, na entrada do Túnel Verde, se depara com os prédios referendados e o “cordão de eucaliptos”, desafiando o tempo e servindo de balizador para o município. Na história da Fazenda Pinhal está esse passado que estamos resgatando e que contém dados importantes que fundamentam a identidade daquele município do Litoral Norte (Alba, 2006, p. 1-2).

O Projeto de Lei tem como intenção resgatar a história e a importância cultural do Túnel Verde e dos prédios a ele relacionados, além de reforçar a identidade cultural da comunidade e do município em relação àquela paisagem. Dessa forma, foram identificados os seguintes valores atribuídos ao bem: histórico, cultural, identitário e paisagístico.

Neste contexto, o bem foi declarado integrante do Patrimônio Histórico e Cultural do Estado por meio da Lei nº 12.689, de 29 de dezembro de 2006 (Rio Grande do Sul, 2006b).

### **Sítio Histórico de Porongos**

A Declaratória apresenta um dos mais extensos textos de justificativa. A motivação para reconhecer o Sítio de Porongos, localizado no interior do Município de Pinheiro Machado, como Patrimônio Cultural do Rio Grande do Sul é o fato do local ter sido o palco, no final da Guerra Farroupilha, do chamado massacre dos Porongos. Nesse episódio do conflito, os “Lanceiros Negros”, pelotão de negros que lutaram pelo Farrapos com a promessa de liberdade, foram mortos na madrugada de 14 de novembro de 1844, por meio de uma articulação junto aos próprios Farrapos (Carrion, 2007).

O PL, além de visar reconhecer este vergonhoso episódio da história gaúcha e honrar os Lanceiros Negros, também objetiva tirar da invisibilidade todos os negros que foram apagados da história oficial do Brasil e do Estado, principalmente no que diz respeito a sua importante participação em conflitos armados.

Assim, a avaliação equilibrada dos fatos nos indica, em primeiro lugar, que a participação dos negros na revolução farroupilha foi proeminente e decisiva, sendo vista por eles como um caminho para a conquista da sua liberdade. Nesse sentido, é importante ressaltar que os farroupilhas – seja pelas exigências da luta militar, seja pelas particularidades da escravidão no Rio Grande do Sul – não titubearam em alçar em armas e incorporar nos seus exércitos os escravos que libertavam, à diferença de outras revoltas da mesma época pelo Brasil afora, onde as elites não tiveram a coragem de fazê-lo. Mas, ao mesmo tempo, os líderes farroupilhas, por suas limitações de classe, não foram capazes de dar o passo seguinte, a total abolição da escravidão. O que, possivelmente, lhes teria garantido a vitória. Nisso pesaram as divisões entre os próprios farroupilhas, já expostas anteriormente. Por fim, a investigação nos comprova que o Combate de Porongos decorreu de um acerto entre Caxias e Canabarro, com o objetivo de: 1) Eliminar o maior número possível de Lanceiros Negros, minimizando o problema criado pela exigência dos líderes farroupilhas de libertação dos

negros que lutavam no Exército Farrapo; 2) Causar uma derrota estratégica às forças republicanas, removendo as últimas resistências à deposição das armas e à concertação da paz. Impõe-se a reparação histórica dessa traição (Carrion, 2007, p. 12).

O texto ainda argumenta a importância do sítio em nível nacional, como um local de valor histórico, cultural e simbólico. Neste contexto, o local foi declarado Patrimônio por meio da Lei nº 12.856, de 12 de dezembro de 2007:

Art. 1º - Declara o Sítio Histórico de Porongos, localizado no interior do Município de Pinheiro Machado, patrimônio histórico e cultural do Estado do Rio Grande do Sul, em homenagem aos bravos Lanceiros Negros, que aí tombaram em defesa da República Riograndense. Parágrafo único. O Sítio Histórico de Porongos caracteriza-se por uma gleba de terra com três hectares de área, localizada no Município de Pinheiro Machado, no lugar denominado Porongos (Rio Grande do Sul, 2007).

### **Lagoa Vermelha**

O texto do Projeto de Lei que embasou a declaração da Lagoa Vermelha como integrante do Patrimônio Histórico e Cultural do Estado é bastante sucinto. A justificativa apontada diz respeito ao bem localizar-se no município de Lagoa Vermelha, o qual teve o nome originado justamente no nome do referido corpo hídrico. Além disso, o texto aponta que a Lagoa foi um local de parada para os tropeiros (grupos de homens que, entre os séculos XVII e XX, atravessaram o país conduzindo o gado e levando mercadorias) e que, até hoje, inspira contos e lendas (Cherini, 2005).

121

Identificou-se, como valores atribuídos ao bem, o identitário, o legendário, o histórico e o cultural. Assim, por meio da Lei nº 13.018, de 24 de julho de 2008, a Lagoa Vermelha, localizada no município de mesmo nome, foi declarada integrante do Patrimônio Histórico e Cultural do Estado (Rio Grande do Sul, 2008a).

### **Cascata do Chuvisqueiro**

A Cascata do Chuvisqueiro é uma queda d'água com mais de 70 metros de altura localizada no município de Riozinho. O Projeto de Lei para torná-la integrante do Patrimônio Cultural do Estado descreve-a em suas características, biodiversidade, localização e estruturas construídas para atividades de camping. Como justificativa para o reconhecimento foi apontada a relação entre as belezas naturais com a identidade do município, uma vez que tais características constam no hino da cidade, além da importância turística, educacional e ambiental da Cascata que:

Possui as qualidades próprias para o ecoturismo e é indicada para o fortalecimento da consciência ambiental através de programas educacionais que estimulem o respeito ao meio ambiente e incentivem, não só as crianças e os adolescentes, mas todos os cidadãos, à prática da convivência sadia entre a natureza – que nos gerou – e a humanidade – que tem o dever dela cuidar e legá-la íntegra e sã às gerações futuras que a substituirá (Breier, 2007, p. 1).



Neste sentido, identificam-se os valores ambiental, identitário e turístico, tendo o PL resultado na Lei nº 13.073, de 25 de novembro de 2008, a qual declarou a Cascata do Chuvisqueiro integrante do Patrimônio Cultural do Estado (Rio Grande do Sul, 2008b).

### **Vale dos Vinhedos**

O Vale dos Vinhedos é o nome dado a uma região localizada no nordeste do estado, conhecida como Serra Gaúcha, onde os imigrantes italianos e seus descendentes atuam historicamente na plantação de uvas e produção de vinhos. O Projeto de Lei que resultou na sua declaração como integrante do Patrimônio Cultural Estadual abordou as características físicas do vale, o processo de ocupação territorial e de produção do vinho, tendo sido identificados pelo texto os valores histórico e cultural:

O Vale dos Vinhedos, conhecido assim pelos vales que compõem sua paisagem natural, é uma pequena região que foi colonizada em meados de 1875 por imigrantes italianos vindos, em sua maioria, das regiões italianas de Trento e Vêneto (....) O Vale dos Vinhedos representa o legado cultural, histórico e gastronômico deixado pelos imigrantes italianos, através do enraizamento de seus costumes e tradições, representados pela construção de capelas e capitéis, a devoção aos santos, o dialeto vênето, o artesanato, a gastronomia colonial, o cultivo da videira e a produção de vinho. (...) No Vale, a diversidade das vinícolas familiares aos grandes grupos internacionais possibilitou atingir um novo status na classificação do vinho brasileiro, de Denominação de Origem Vale dos Vinhedos, ou D.O.V.V., assegurando o estilo, o tipo e a característica do vinho, sempre originado de uvas provenientes da própria região (Santos, 2012, p. 1).

A Declaratória, Lei n.º 14.034, de 29 de junho de 2012, delimitou a região alvo do reconhecimento por meio de seu artigo 1º:

Art. 1.º Fica declarado integrante do patrimônio histórico e cultural do Estado do Rio Grande do Sul o Vale dos Vinhedos, localizado entre os paralelos 29º09' e 29º15' Sul e os meridianos 51º30' e 51º38' Oeste de Greenwich, na Região Serrana do Estado (Rio Grande do Sul, 2012).

A fragilidade ou falta de clareza sobre a promulgação da referida Lei foi alvo de discussões na região e na mídia no ano 2007, tendo em vista o interesse do mercado imobiliário pelo local para construções que poderiam descaracterizar a região e, portanto, o referido Patrimônio (Galani, 2017). Na época, o IPHAE apresentou manifestação de teor semelhante ao documento oficial que seria feito pelo instituto dois anos depois, conforme apresentado anteriormente neste artigo (IPHAE, 2019).

## Análise sobre a atuação da Assembleia Legislativa

No Quadro 1, apresentam-se as justificativas e os valores atribuídos a cada um dos bens naturais alvos das Declaratórias de Patrimônio Cultural promulgadas pela Assembleia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul.

**Quadro 1 - Declaratórias de Patrimônio Cultural envolvendo bens naturais**

| Ano  | Nome  | Justificativa para a declaração  | Valores atribuídos ao bem  |
|------|---|--|--|
| 2002 | Sítios paleontológicos localizados em municípios do Estado do Rio Grande do Sul | Proteger os fósseis da destruição pelas ações antrópicas, proporcionar material para estudo do planeta e propiciar locais para turismo.  | - histórico<br>- cultural<br>- científico<br>- turístico<br>- socioeconômico |
| 2003 | Arroio Pelotas  | Preservar o curso d'água, propiciar acesso a recursos da cultura para o desenvolvimento de projetos de preservação do Arroio, propiciar e incentivar ações de pesquisa científica e de educação ambiental e patrimonial, preservar a história e a memória.         | - histórico<br>- ambiental<br>- cultural<br>- pedagógico<br>- memória        |
| 2003 | Jardim Botânico de Porto Alegre.  | Dotar o Estado de um centro de pesquisa em Botânica, preservar exemplares de flora de Porto Alegre e do RS, incentivar ações do poder público nesta temática e propiciar acesso a recursos da cultura para o desenvolvimento de projetos de preservação do Jardim. | - histórico<br>- ambiental<br>- cultural                                     |
| 2003 | Morro Itacolomi, localizado no Município de Gravataí.                           | Preservar o morro, propiciar acesso a recursos da cultura para o desenvolvimento de projetos de preservação, propiciar e incentivar ações de pesquisa científica e de educação ambiental e patrimonial.  | - histórico<br>- ambiental<br>- cultural<br>- pedagógico<br>- memória        |
| 2003 | Rio Gravataí  | Preservar o rio para garantir recursos hídricos para a população, propiciar acesso a recursos da cultura para o desenvolvimento de projetos de preservação, propiciar e incentivar ações de pesquisa científica e de educação ambiental e patrimonial.             | - histórico<br>- ambiental<br>- cultural<br>- pedagógico<br>- memória        |
| 2004 | Cipreste Farroupilha de Guaíba  | Reforçar a proteção, principalmente de atos de vandalismo.   | - histórico<br>- legendário<br>- simbólico                                   |
| 2004 | Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos   | Fixar o Dia Estadual de Preservação e Conscientização do Rio dos Sinos, preservar este Rio visando a vida saudável da população e proteção da espécie de peixe Dourado pela sua importância simbólica.   | - ambiental<br>- simbólico   |
| 2005 | Serra do Caverá   | Reconhecer em lei o valor cultural da Serra do Caverá como um patrimônio dotado de uma multiplicidade de valores.  | - paisagístico<br>- legendário<br>- histórico<br>- sociológico<br>- cultural |

|      |  |  |  |
|------|--|--|--|
| 2005 | Fonte denominada Água Azul, situada na localidade de Santa Lúcia do Piaí.          | Reconhecer a importância histórica do padre Cristóvão de Mendoza.  | - histórico<br>- legendário<br>- cultural<br>- religioso     |
| 2006 | Gruta Nossa Senhora de Lourdes, localizada no Município de Dom Pedro de Alcântara. | Proteger um local de adoração para Nossa Senhora de Lourdes e, portanto, propiciar acesso a um coletivo de fiéis e adoradores.   | - religioso  |
| 2006 | Túnel Verde, localizado no Município de Balneário Pinhal.                          | Resgatar a história e a importância cultural do túnel e reforçar a identidade cultural da comunidade e do município.   | - histórico<br>- cultural<br>- identitário<br>- paisagístico |
| 2007 | Sítio Histórico de Porongos.   | Preservar o Sítio em honra aos Lanceiros Negros, reconhecendo o vergonhoso massacre, e tirar da invisibilidade todos os negros que foram apagados da história oficial, principalmente no que diz respeito a sua participação em conflitos armados. | - histórico<br>- cultural<br>- simbólico                     |
| 2008 | Lagoa Vermelha, do Município de Lagoa Vermelha.                                    | Por ter dado o nome ao município, por ser um local de contos, histórias e lendas e ser lugar histórico de pouso dos tropeiros.   | - histórico<br>- cultural<br>- identitário<br>- legendário   |
| 2008 | Cascata do Chuveiro, localizada no Município de Riozinho.                          | Reconhecer um importante atrativo para o turismo que possui relação com a identidade do município e que é importante para a humanidade.  | - ambiental<br>- identitário<br>- turístico                  |
| 2012 | Vale dos Vinhedos, localizado na Região Serrana do Estado.                         | Reconhecer a importância histórica e cultural do Vale.   | - histórico<br>- cultural                                    |

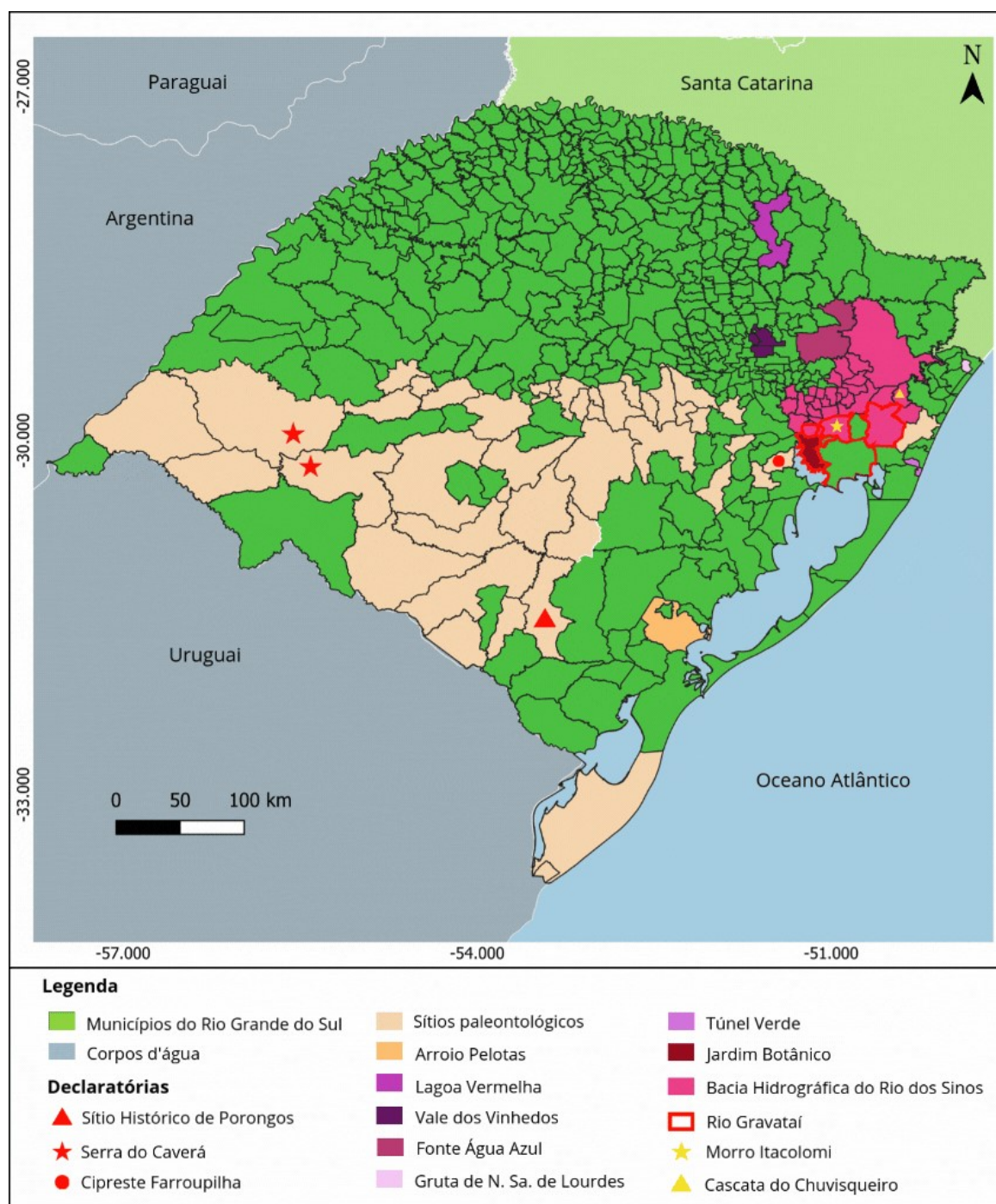
Fonte: Assembleia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul (2024), elaborado pela autora.

Com relação às justificativas apresentadas, elas envolvem preservar, proteger, resgatar, reconhecer e valorizar os bens em questão devido à importância destes, a qual é associada aos seus valores. Há destaque para a importância ambiental e para a importância histórica e cultural, principalmente no que diz respeito à relação entre o bem com a história e com os símbolos dos municípios onde se inserem.

Os valores apresentados, por sua vez, são em maior número: histórico, cultural, ambiental, pedagógico, identitário, legendário, turístico, simbólico, paisagístico, religioso e de memória. Em menor número aparecem os valores: científico, socioeconômico e sociológico (com apenas uma ocorrência cada). Chama atenção a presença do valor cultural. Entende-se que ter valor cultural é intrínseco a um Patrimônio Cultural, mesmo que este seja de origem natural. Assim, a descrição deste valor pode apontar que os proponentes dos Projetos de Lei quiseram deixar claro que não se tratavam de bens somente com valor ecossistêmico, mas de bens com valores relacionados ao campo das humanidades. Assim, o teor das Declaratórias também indica que elas tiveram origem em uma compreensão correta de que a proteção de elementos naturais pode e deve ser feita por seus valores culturais e que essa proteção difere da realizada pelas legislações ambientais, indo ao encontro dos apontamentos feitos por Rabello (2009, 2015) e Crispim (2019).

No que se refere à espacialização das Declaratórias de Patrimônio Cultural que possuem como alvo bens naturais, esta pode ser vista na imagem da Figura 1:

**Figura 1** - Mapa das Declaratórias de Patrimônio Cultural destinadas a bens naturais



Elaborado pela autora, 2024.

Observa-se que a distribuição espacial das legislações é bastante desigual no território estadual. O oeste e o noroeste do Rio Grande do Sul não foram alvo de nenhuma destas Declaratórias, enquanto a região metropolitana de Porto Alegre e seu entorno, bem como as regiões nordeste, central e sul do estado possuem uma concentração de Leis promulgadas.



De modo geral, os textos dos projetos de Lei são bastante inovadores. Enquanto o campo do Patrimônio Cultural mantém, ainda hoje, uma tendência predominante de considerar a natureza e a cultura como esferas separadas (Wiggers, 2021), muitas das justificativas e dos valores atribuídos aos bens naturais nos PLs apresentados no presente artigo mostram uma visão integradora entre estas duas esferas. Destacam-se os textos que deram origem as Declaratórias do Arroio Pelotas, do Rio Gravataí, da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, da Serra do Caverá e do Sítio Histórico dos Porongos como Patrimônios Culturais.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da falta de clareza sobre as implicações práticas das Declaratórias de Patrimônio Cultural emitidas pela Assembleia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul, a avaliação do conteúdo dos Projetos de Leis que resultaram nessas legislações traz reflexões importantes para o campo do Patrimônio, principalmente no que diz respeito a identificar quais os tipos de natureza são vistos como tendo valor cultural e por quê.

Acredita-se que o presente artigo pode oferecer subsídios aos órgãos de Patrimônio Cultural em demandas de atuação sobre a patrimonialização da natureza. Espera-se, ainda, que a presente pesquisa instigue novos estudos acerca da atuação do poder legislativo no Rio Grande do Sul sobre o referido tema e incentive a sociedade em futuras ações destinadas à Proteção do Patrimônio Natural.

127

## REFERÊNCIAS

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Legislação Estadual**. Porto Alegre, 2024. Disponível em: <https://ww4.al.rs.gov.br/legislacao-estadual>. Acesso em 23 dez. 2024.

ALBA, M. **Proposição de Projeto de Lei 149/2003**. Justificativa. Porto Alegre, 2003a. 2 p. Disponível em: <https://ww4.al.rs.gov.br/proposicao/PL/149/2003>. Acesso em: 27 dez. 2024.

ALBA, M. **Proposição de Projeto de Lei 148/2003**. Justificativa. Porto Alegre, 2003b. 2 p. Disponível em: <https://ww4.al.rs.gov.br/proposicao/PL/148/2003>. Acesso em: 27 dez. 2024.

ALBA, M. **Proposição de Projeto de Lei 156/2006**. Justificativa. Porto Alegre, 2006. 2 p. Disponível em: <https://ww4.al.rs.gov.br/proposicao/PL/156/2006>. Acesso em: 27 dez. 2024.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 25, de 30 de novembro de 1937**. Organiza a proteção do patrimônio histórico e artístico nacional. Brasília: Presidência da República, 1937. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/del0025.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0025.htm). Acesso em: 09 maio 2024.

BRASIL. **Decreto nº 3.551, de 4 de agosto de 2000**. Institui o Registro de Bens Culturais de Natureza Imaterial que constituem patrimônio cultural brasileiro, cria o Programa Nacional do Patrimônio Imaterial e dá outras providências. Brasília: Senado Federal, 2000. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/d3551.htm#:~:text=DECRETO%20N%C2%BA%203.551%2C%20DE%204,Imaterial%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAsncias](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d3551.htm#:~:text=DECRETO%20N%C2%BA%203.551%2C%20DE%204,Imaterial%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAsncias). Acesso em: 23 dez. 2024.

BREIER, M. **Proposição de Projeto de Lei 124/2007**. Justificativa. Porto Alegre, 2007. 2 p. Disponível em: <https://ww4.al.rs.gov.br/proposicao/PL/124/2007>. Acesso em: 27 dez. 2024.

CARRION, R. **Proposição de Projeto de Lei 364/2007**. Justificativa. Porto Alegre, 2007. 13 p. Disponível em: <https://ww4.al.rs.gov.br/proposicao/PL/364/2007>. Acesso em: 27 dez. 2024.

CHERINI, G. **Proposição de Projeto de Lei 354/2003**. Justificativa. Porto Alegre, 2003. 1 p. Disponível em: <https://www.al.rs.gov.br/proposicao/PL/354/2003>. Acesso em: 27 dez. 2024.

CHERINI, G. **Proposição de Projeto de Lei 273/2005**. Justificativa. Porto Alegre, 2005. 2 p. Disponível em: <https://ww4.al.rs.gov.br/proposicao/PL/273/2005>. Acesso em: 27 dez. 2024.

CHOAY, F. **A alegoria do patrimônio**. Tradução: Teresa Castro. 3. ed. Lisboa: Edições 70, 2014. 306 p.

CRISPIM, F. B. O tombamento de áreas naturais pelo CONDEPHAAT: marco de inovação e memória da instituição do patrimônio paulista (1976-1995). *Arq. Urb*, [s. l.], v. 1, n. 26, set./dez. 2019. ISSN 1984-5766. DOI: <https://doi.org/10.37916/arq.urb.vi26.25>. Disponível em: <https://revistaarqurb.com.br/arqurb/article/view/25>. Acesso em: 22 dez. 2024.

DINIZ, F. P. S. Patrimônio Natural e suas relações com espaços e territórios subalternos na Amazônia. *Geofronter*, [s. l.], v. 7, p. 01-23, 2021. ISSN 2447 – 9195. DOI: <https://doi.org/10.61389/geofronter.v7.6209>. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/GEOF/article/view/6209>. Acesso em: 23 jul. 2023.

GALANI, L. Vácuo na lei e boom de empreendimentos de luxo ameaçam a ‘Toscana brasileira’. *Revista Haus*, 27 set. 2017. Disponível em: <https://revistahaus.com.br/haus/imoveis/vacu-na-lei-e-especulacao-imobiliaria-ameacam-paisagem-da-toscana-brasileira/>. Acesso em: 11 jun. 2024.

GOMES, L. E. Construção holística do patrimônio cultural: história, conceitos e definições. *Cadernos NAUI*, [s. l.], v. 8, n. 15, p. 36-49, jul./dez. 2019. ISSN 2358-2448. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/201669>. Acesso em: 17 maio 2023.

GONÇALVES, C. W. P. **Os (dês)caminhos do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2010. 152p.

IPHAЕ. **Informação nº 052, de 01 de fevereiro de 2019**. Porto Alegre, 2019.

IPHAЕ. **Histórico**. Porto Alegre, 2023. Disponível em: <http://www.iphae.rs.gov.br/Main.php?do=HistoricoAc&item=25>. Acesso em 29 out. 2023.

KARPINSKI, C. Patrimônio natural, documentação e pesquisa. **Transinformação**. [s. l.], v. 30, n. 3, p. 314-323, 2018. ISSN 2318-0889. DOI: 10.1590/2318-08892018000300004. Disponível em: <https://periodicos.puc-campinas.edu.br/transinfo/article/view/5972/3701>. Acesso em: 13 mar. 2023.

PAULETTI, R. **Proposição de Projeto de Lei 122/2004**. Justificativa. Porto Alegre, 2004. 2 p. Disponível em: <https://ww4.al.rs.gov.br/proposicao/PL/122/2004>. Acesso em: 27 dez. 2024.

PEREIRA, D. C. **Patrimonialização da natureza: da sua incorporação à constituição cidadã ao ajuste autorizado do patrimônio cultural**. 2023. 305. Tese de Doutorado (Pós-Graduação em Geografia Humana) - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2023. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8136/tde-08122023-140400/pt-br.php>. Acesso em: 23 dez. 2024

PUJOL, R. **Proposição de Projeto de Lei 73/2006**. Justificativa. Porto Alegre, 2006. 1 p. Disponível em: <https://ww4.al.rs.gov.br/proposicao/PL/73/2006>. Acesso em: 27 dez. 2024.

RABELLO, S. **O Estado na preservação dos bens culturais: o tombamento**. Rio de Janeiro: Iphan, 2009. 156 p.

RABELLO, S. O tombamento. In: REZENDE, M. B. *et al.*, (Orgs.). **Dicionário IPHAN de Patrimônio Cultural**. 1. ed. Rio de Janeiro, Brasília: IPHAN/DAF/Copedoc, 2015. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Tombamento%20pdf.pdf>. Acesso 03 mar. 2023.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei nº 11.738, de 13 de janeiro de 2002** (atualizada até a Lei nº 11.837, de 04 de novembro de 2002). Declara integrantes do patrimônio cultural do Estado os sítios paleontológicos localizados em municípios do Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências. Porto Alegre: Assembleia Legislativa, 2002. Disponível em: [https://ww3.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100018.asp?Hid\\_IdNorma=1454&Texto=&Origem=1](https://ww3.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100018.asp?Hid_IdNorma=1454&Texto=&Origem=1). Acesso em: 05 jun. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei nº 11.895, de 28 de março de 2003**. Declara integrante do patrimônio cultural do Estado o Arroio Pelotas. Porto Alegre: Assembleia Legislativa, 2003. Disponível em: [https://ww3.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100018.asp?Hid\\_IdNorma=442&Texto=&Origem=1](https://ww3.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100018.asp?Hid_IdNorma=442&Texto=&Origem=1). Acesso em: 05 jun. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei nº 11.917, de 02 de junho de 2003**. Declara bem integrante do Patrimônio Cultural do Estado o Jardim Botânico de Porto Alegre. Porto Alegre: Assembleia Legislativa, 2003b. Disponível em: [https://ww3.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100018.asp?Hid\\_IdNorma=46413&Texto=&Origem=1](https://ww3.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100018.asp?Hid_IdNorma=46413&Texto=&Origem=1). Acesso em: 05 jun. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei nº 12.001, de 05 de novembro de 2003**. Declara integrante do Patrimônio Cultural do Estado o Rio Gravataí. Porto Alegre: Assembleia Legislativa, 2003d. Disponível em: [https://ww3.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100018.asp?Hid\\_IdNorma=46915&Texto=&Origem=1](https://ww3.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100018.asp?Hid_IdNorma=46915&Texto=&Origem=1). Acesso em: 05 jun. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei nº 12.002, de 05 de novembro de 2003.** Declara bem integrante do Patrimônio Cultural do Estado o Morro Itacolomi, localizado no Município de Gravataí. Porto Alegre: Assembleia Legislativa, 2003c. Disponível em:  
[https://ww3.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100018.asp?Hid\\_IdNorma=46924&Texto=&Origem=1](https://ww3.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100018.asp?Hid_IdNorma=46924&Texto=&Origem=1). Acesso em: 06 jun. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei nº 12.150, de 21 de setembro de 2004.** Declara como bem integrante do patrimônio cultural e histórico do Estado do Rio Grande do Sul o Cipreste Farroupilha de Guaíba. Porto Alegre: Assembleia Legislativa, 2004a. Disponível em:  
[https://ww3.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100018.asp?Hid\\_IdNorma=47975&Texto=&Origem=1](https://ww3.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100018.asp?Hid_IdNorma=47975&Texto=&Origem=1). Acesso em: 06 jun. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei nº 12.152, de 01 de outubro de 2004.** Declara patrimônio histórico e cultural do Estado a Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. Porto Alegre: Assembleia Legislativa, 2004b. Disponível em:  
[https://ww3.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100018.asp?Hid\\_IdNorma=48004&Texto=&Origem=1](https://ww3.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100018.asp?Hid_IdNorma=48004&Texto=&Origem=1). Acesso em: 07 jun. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei nº 12.356, de 01 de novembro de 2005.** Declara integrante do patrimônio cultural do Estado a fonte denominada Água Azul, situada na localidade de Santa Lúcia do Piaí. Porto Alegre: Assembleia Legislativa, 2005. Disponível em:  
[https://ww3.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100018.asp?Hid\\_IdNorma=49070&Texto=&Origem=1](https://ww3.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100018.asp?Hid_IdNorma=49070&Texto=&Origem=1). Acesso em: 07 jun. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei nº 12.489, de 15 de maio de 2006.** Declara integrante do patrimônio cultural do Estado do Rio Grande do Sul a Gruta Nossa Senhora de Lourdes, localizada no Município de Dom Pedro de Alcântara. Porto Alegre: Assembleia Legislativa, 2006a. Disponível em:  
[https://ww3.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100018.asp?Hid\\_IdNorma=49648&Texto=&Origem=1](https://ww3.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100018.asp?Hid_IdNorma=49648&Texto=&Origem=1). Acesso em: 11 jun. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei nº 12.689, de 29 de dezembro de 2006.** Declara integrante do patrimônio histórico e cultural do Estado, o Túnel Verde, localizado no Município de Balneário Pinhal. Porto Alegre: Assembleia Legislativa, 2006b. Disponível em:  
[https://ww3.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100018.asp?Hid\\_IdNorma=50389&Texto=&Origem=1](https://ww3.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100018.asp?Hid_IdNorma=50389&Texto=&Origem=1). Acesso em: 11 jun. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei nº 12.856, de 12 de dezembro de 2007.** Declara o Sítio Histórico de Porongos, localizado no interior do Município de Pinheiro Machado, patrimônio histórico e cultural do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Assembleia Legislativa, 2007. Disponível em:  
[https://ww3.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100018.asp?Hid\\_IdNorma=51255&Texto=&Origem=1](https://ww3.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100018.asp?Hid_IdNorma=51255&Texto=&Origem=1). Acesso em: 11 jun. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei nº 13.018, de 24 de julho de 2008.** Declara integrante do patrimônio histórico e cultural do Estado a Lagoa Vermelha, do Município de Lagoa Vermelha. Porto Alegre: Assembleia Legislativa, 2008a. Disponível em:

[https://ww3.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100018.asp?Hid\\_IdNorma=51900&Texto=&Origem=1](https://ww3.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100018.asp?Hid_IdNorma=51900&Texto=&Origem=1). Acesso em: 11 jun. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei nº 13.073, de 25 de novembro de 2008**. Declara integrante do patrimônio cultural do Estado a Cascata do Chuvisqueiro, localizada no Município de Riozinho Porto Alegre: Assembleia Legislativa, 2008b. Disponível em: [https://ww3.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100018.asp?Hid\\_IdNorma=52251&Texto=&Origem=1](https://ww3.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100018.asp?Hid_IdNorma=52251&Texto=&Origem=1). Acesso em: 11 jun. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei nº 14.034, de 29 de junho de 2012**. Declara integrante do patrimônio histórico e cultural do Estado do Rio Grande do Sul o Vale dos Vinhedos, localizado na Região Serrana do Estado. Porto Alegre: Assembleia Legislativa, 2012. Disponível em: [https://ww3.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100018.asp?Hid\\_IdNorma=57977&Texto=&Origem=1](https://ww3.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100018.asp?Hid_IdNorma=57977&Texto=&Origem=1). Acesso em: 11 jun. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei nº 15.867, de 8 de julho de 2022**. Altera a Lei nº 12.355, de 1º de novembro de 2005, que declara integrante do patrimônio cultural, histórico, geográfico, natural, paisagístico e ambiental do Estado do Rio Grande do Sul a Serra do Caverá, localizada nos Municípios de Rosário do Sul, Santana do Livramento, Alegrete e Cacequi. Porto Alegre: Assembleia Legislativa, 2022. Disponível em: [https://ww3.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100018.asp?Hid\\_IdNorma=72773&Texto=&Origem=1](https://ww3.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100018.asp?Hid_IdNorma=72773&Texto=&Origem=1). Acesso em: 05 jun. 2024.

ROSADO, B. **Proposição de Projeto de Lei 150/2005**. Justificativa. Porto Alegre, 2005. 2 p. Disponível em: <https://www.al.rs.gov.br/proposicao/PL/150/2005>. Acesso em: 27 dez. 2024.

SANTOS, F. **Proposição de Projeto de Lei 100/2004**. Justificativa. Porto Alegre, 2004. 2 p. Disponível em: <https://www.al.rs.gov.br/proposicao/PL/100/2004>. Acesso em: 27 dez. 2024.

SANTOS, M. **Proposição de Projeto de Lei 44/2012**. Justificativa. Porto Alegre, 2012. 2 p. Disponível em: <https://ww4.al.rs.gov.br/proposicao/PL/44/2012>. Acesso em: 27 dez. 2024.

SCIFONI, S. **A construção do patrimônio natural**. 2006. 294 p. Tese de Doutorado (Pós-Graduação em Geografia Humana) – Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2006. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001551918>. Acesso em: 23 dez. 2024

SOUZA, B. **Proposição de Projeto de Lei 143/2001**. Justificativa. Porto Alegre, 2001a. 5 p. Disponível em: <https://ww4.al.rs.gov.br/proposicao/PL/143/2001>. Acesso em: 27 dez. 2024.

SOUZA, B. **Proposição de Projeto de Lei 187/2001**. Justificativa. Porto Alegre, 2001b. 5 p. Disponível em: <https://www.al.rs.gov.br/proposicao/PL/187/2001>. Acesso em: 27 dez. 2024.

SOUZA, B. **Proposição de Projeto de Lei 265/2002**. Justificativa. Porto Alegre, 2002. 19 p. Disponível em: <https://www.al.rs.gov.br/proposicao/PL/265/2002>. Acesso em: 27 dez. 2024.

WIGGERS, M. M. Cultura, natureza, materialidade e imaterialidade: inter-relações nas políticas patrimoniais. **PerCursos**, [s. l.], v. 22, n. 49, p. 226–245, set. 2021. ISSN 1984-7246. DOI:



10.5965/1984724622492021226. Disponível em:  
<https://periodicos.udesc.br/index.php/percursos/article/view/18391>. Acesso em: 4 dez. 2023.

**DOI Zenodo: 10.5281/zenodo.15115796**

**Recebido em: 21/08/2024**

**Aceito em: 14/01/2025**

# **SITUAÇÃO DE CORPOS HÍDRICOS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO GRANDE DO SUL SOB A PERSPECTIVA DO ÍNDICE DE CONFORMIDADE AO ENQUADRAMENTO (ICE) NOS PERÍODOS 2017-2019 E 2020-2022**

**Sumirê da Silva Hinata**

Doutora em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia - UFRGS  
Analista Geógrafa no Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento da Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura - RS  
E-mail: sumire-hinata@sema.rs.gov.br

**Aline Duarte Kaliski**

Geógrafa, Especialista em Geoprocessamento  
Analista Ambiental do Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento da Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura - RS  
E-mail: aline-kaliski@sema.rs.gov.br

**Fernando Comerlato Scottá**

Doutor em Geociências – UFRGS  
Analista Ambiental do Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento da Secretaria do Ambiente e Infraestrutura do Rio Grande do Sul  
E-mail: fernandoscotta.sema@gmail.com

**Raíza Cristóvão Schuster**

Engenheira Ambiental – UFRGS  
Chefe da Divisão de Planejamento e Gestão do Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento da Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura do Estado do Rio Grande do Sul  
E-mail: raiza-schuster@sema.rs.gov.br

**Tomás Xavier Cavedon**

Estudante de Geografia (bacharelado) – UFRGS  
E-mail: tomascavedon@gmail.com

133

## **RESUMO**

O enquadramento dos corpos de água é um instrumento de planejamento estabelecido pela Lei nº 9.433/1997, conhecida como Lei das Águas, que tem como objetivo definir a meta de qualidade da água a ser alcançada ou mantida em um curso d'água, conforme os usos pretendidos. Este estudo analisou 211 pontos de monitoramento em 24 bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul, cobrindo os períodos de 2017 a 2019 e 2020 a 2022. A análise considerou parâmetros estabelecidos na Resolução CONAMA Nº 357/2005 e utilizou a metodologia preconizada pelo Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE), ferramenta que facilita a compreensão pública ao consolidar diversos parâmetros em um único número, dividido em cinco categorias. Os resultados foram influenciados principalmente pelos parâmetros E. coli, fósforo e oxigênio dissolvido (OD), destacando claramente quais pontos estão mais próximos das metas de enquadramento e quais necessitam de maior atenção para melhorar a qualidade da água. Esta simplificação permite uma visão geral da qualidade da água, embora possa ocultar problemas específicos e sazonais que requerem atenção detalhada. A análise proporcionou uma visão clara dos desafios e avanços na gestão da qualidade da água nas bacias hidrográficas estudadas, oferecendo uma ferramenta útil para o planejamento e a tomada de decisões estratégicas voltadas para a sustentabilidade e preservação dos recursos hídricos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Índice de Conformidade ao Enquadramento; qualidade da água; metas de enquadramento; Canadian Council of Ministers of the Environment.

## **WATER BODIES SITUATION IN RIO GRANDE DO SUL BASINS FROM THE PERSPECTIVE OF THE FRAMEWORK CONFORMITY INDEX IN THE PERIODS 2017-2019 AND 2020-2022**

### **ABSTRACT**

The classification of water bodies is a planning instrument established by Law No. 9.433/1997, known as the Water Law, aimed at defining the water quality goals to be achieved or maintained in a watercourse, according to intended uses. This study analyzed 211 monitoring points across 24 river basins in Rio Grande do Sul, covering the periods from 2017 to 2019 and 2020 to 2022. The analysis considered parameters defined in CONAMA Resolution No. 357/2005 and utilized the methodology advocated by the CCME Water Quality Index (CCME WQI), a tool that facilitates public understanding by consolidating various parameters into a single number, divided into five categories. The results were mainly influenced by the parameters *E. coli*, phosphorus and dissolved oxygen (DO), clearly highlighting which points are closest to the classification goals and which require more attention to improve water quality. This simplification allows for an overview of water quality, although it may obscure specific and seasonal issues that require detailed attention. The analysis provided a clear view of the challenges and progress in water quality management in the studied river basins, offering a useful tool for planning and strategic decision-making aimed at the sustainability and preservation of water resources.

**KEYWORDS:** Framework Conformity Index; water quality; classification goals; Canadian Council of Ministers of the Environment.

### **INTRODUÇÃO**

O enquadramento é uma ferramenta de planejamento que vai além da simples classificação do estado atual da qualidade em um segmento específico de um curso d'água. Ele estabelece metas para a qualidade da água a ser mantida ou alcançada, definindo os padrões que o corpo hídrico deve atender para satisfazer as necessidades da sociedade, de acordo com os usos planejados.

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei nº 9.433/1997 (Brasil, 1997), tem como objetivo assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes e diminuir custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes. Esse instrumento tem suas diretrizes definidas na Resolução Nº 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (Brasil, 2005), e tem como premissa enquadrar os corpos d'água superficiais em classes conforme os usos predominantes.

A definição de um objetivo de qualidade da água compreende basicamente três etapas: avaliar a condição atual do corpo d'água, ou seja, compreender o estado atual em questão; conhecer a percepção da população da bacia sobre a condição da qualidade desejada para o corpo d'água, entendendo o que a comunidade almeja para aquele corpo hídrico; e, por fim, discutir e chegar a um

consenso sobre a meta com os diversos atores envolvidos na bacia hidrográfica, considerando as limitações técnicas, sociais e econômicas para alcançá-la.

As projeções do prognóstico devem ser delineadas levando em consideração os horizontes temporais e prazos estabelecidos pelas diretrizes e recomendações vigentes para a bacia hidrográfica. Estas diretrizes podem ser estipuladas pelo Comitê de Bacia Hidrográfica, pelo órgão responsável pela gestão de recursos hídricos ou pelo Conselho de Recursos Hídricos correspondentes. Além disso, ao formular as projeções utilizadas nas simulações, é essencial considerar os diversos cenários de uso e ocupação do solo previstos nos planos e políticas públicas pertinentes (ANA, 2020).

As metas propostas para as diferentes opções de enquadramento devem ser formuladas visando alcançar ou manter os níveis desejados de qualidade da água, de acordo com os cenários de curto, médio e longo prazos. Estas metas devem ser estabelecidas levando em consideração uma variedade de parâmetros de qualidade da água e vazões de referência específicas para o processo de gestão de recursos hídricos. A seleção desses parâmetros deve ser baseada nos usos planejados dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, tendo em conta os diagnósticos e prognósticos elaborados. Esses parâmetros formarão a base para as ações prioritárias destinadas à prevenção, controle e recuperação da qualidade das águas na bacia hidrográfica.

Usos mais exigentes como a proteção de comunidades aquáticas e abastecimento humano, por exemplo, estão relacionados a parâmetros como OD, DBO, pH, Temperatura da água, Nutrientes (N e P), Amônia, Algas, Clorofila a, Turbidez, Substâncias tóxicas (metais, agrotóxicos, entre outros), Coliformes termotolerantes e Sólidos em suspensão (ANA, 2020).

Considerando esses elementos, um índice pode ser usado para avaliar a qualidade da água em relação ao seu estado desejável (conforme definido pelas diretrizes de qualidade da água) e fornecer informações sobre o grau em que a qualidade da água está.

O Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE) é uma ferramenta de avaliação da qualidade da água desenvolvida pela subcomissão técnica de qualidade da água do Canadá, *Canadian Council of Ministers of the Environment* (CCME, 2001). O principal objetivo deste índice consiste em avaliar e comunicar a qualidade em um corpo de água para a sociedade e para os gestores públicos. A definição do índice canadense está baseada na comparação dos valores dos parâmetros descritivos de qualidade de água obtidos nos monitoramentos com os padrões de qualidade instituídos pela legislação ou com critérios fundamentados cientificamente. O ICE, como todo índice, oferece um resultado sintético da qualidade da água, não devendo substituir uma análise detalhada dos dados de

monitoramento, nem ser utilizado como única ferramenta para a gestão dos corpos de água (CCME, 2001).

A verificação do atendimento ao enquadramento no caso do ICE corresponde à conformidade, ou seja, à verificação se a condição do corpo hídrico está próxima ou não do enquadramento de valor legal, isto é, o quanto está ‘aderida’ ao enquadramento vigente (Amaro, 2009).

O Índice de Qualidade da Água (ICE) foi empregado em diferentes países para avaliar a qualidade da água. Por exemplo, foi utilizado para avaliar o ambiente marinho em Auckland, Nova Zelândia (Vaughan, 2017), e para avaliar a qualidade da água na Baía de São Francisco, Califórnia (EUA), onde foi combinado com outros índices de monitoramento para analisar as condições ambientais na região (The Bay Institute, 2003). No Vietnã, o ICE foi aplicado na avaliação da qualidade das águas superficiais, abordando poluentes orgânicos, nutrientes, partículas e bactérias (Pham *et al.*, 2010). Recentemente, o índice também foi utilizado em Abu Dhabi para comunicar as condições atuais da água e monitorar mudanças ao longo do tempo (Woodward *et al.*, 2020).

No Brasil, destacam-se os estudos na bacia dos rios Piracicaba/Capivari/Jundiaí - PCJ (Amaro, 2009), no trecho do rio das Velhas/MG (Cabral; Mello, 2015); trecho da bacia do Rio São Marcos (Bortolin *et al.*, 2013); utilização do índice como ferramenta gerenciadora de fazendas de camarão e os ambientes naturais circundantes no norte do estado de Santa Catarina (Ferreira; Bonetti; Seiffert, 2011); avaliação de reservatórios do estado de Pernambuco, correlacionando os resultados obtidos com o comportamento pluviométrico e com o uso e ocupação do solo (Oliveira *et al.*, 2018); avaliação do baixo rio das Velhas, situado na bacia hidrográfica do rio São Francisco (Pinto *et al.*, 2016); e histórico da qualidade da água na calha principal da bacia do rio Pomba no estado de Minas Gerais (Teixeira da Silva; Wilhelm Herms, 2024).

No Rio Grande do Sul, o ICE foi aplicado para avaliar 211 estações em 24 bacias hidrográficas, no período de 2017 a 2022, sendo que os resultados mostraram que 45% das estações ficaram com índice razoável e 41% com índice marginal, com maior comprometimento dos parâmetros cádmio, E. coli, ferro, fósforo, manganês e OD (Hinata *et al.*, 2023).

As vantagens do índice incluem a habilidade de representar a mudança das variáveis em um único número e a facilidade de comunicar os resultados. Amaro (2009) apresenta a opinião de especialistas e usuários quanto aos pontos fortes e benefícios do ICE: a) Permite flexibilidade quanto à escolha das variáveis e dos padrões/critérios de qualidade da água; b) Reflete a opinião dos especialistas; c) Simplifica estatisticamente dados mais complexos, adaptável às exigências jurisdicionais; d) Consiste em um instrumento para divulgar a qualidade da água em qualquer região;



e) Constitui um instrumento de gerenciamento para os tomadores de decisão; f) Apresenta facilidade de cálculo; g) Oferece fácil entendimento.

Com esses atributos, todos os atores da estrutura de governança da política de recursos hídricos (Conselhos, Comitês de Bacia Hidrográfica, órgãos gestores e usuários) podem avaliar se as metas de enquadramento instituídas estão sendo alcançadas; e caso estejam ainda distantes, é possível articular estratégias para atingir melhores desempenhos. Para a sociedade em geral, a publicação dos resultados do ICE passa a ser um importante instrumento de visibilidade e valorização do monitoramento e da qualidade da água, pois resultam em informações que vão ao encontro às suas necessidades e interesses.

Neste sentido, foi realizado este estudo com o objetivo de apresentar os resultados do ICE para 24 bacias hidrográficas do estado do Rio Grande do Sul, considerando a disponibilidade de dados em novas estações de monitoramento e melhor tratamento dos dados para composição da metodologia. As classes dos corpos d'água foram estipuladas conforme as resoluções estabelecidas pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos, ou definidos como classe 2 por força da Resolução CNRH nº 91/2008 (Brasil, 2008) e Resolução CONAMA Nº 357/05 (Brasil, 2005).

A elaboração e efetivação do enquadramento ainda oferece muitas incertezas, envolvendo a escolha da vazão de referência, monitoramento do alcance das metas e quais parâmetros devem ser utilizados (Machado; Knapik; Bitencourt, 2019), mas avaliar de forma preliminar o alcance do enquadramento através do cálculo do ICE constitui-se em uma ferramenta eficaz e confiável.

137

## MATERIAL E MÉTODOS

O Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE) do Conselho Canadense de Qualidade da Água (CCME) é uma ferramenta específica desenvolvida para avaliar a qualidade da água em relação aos padrões estabelecidos, sendo amplamente utilizado no Canadá para monitorar e relatar a qualidade da água de rios, lagos e outros corpos d'água.

O ICE deve incluir no cálculo apenas parâmetros relevantes para as atividades humanas na área e o uso da água que está sendo testado. A inclusão de muitos parâmetros, por exemplo, todos os pesticidas ou metais de uma campanha, pode diminuir artificialmente a pontuação do índice (CCME, 2017). Os tipos de parâmetros selecionados para uso no ICE devem ser específicos ao uso da água e ao estressor humano existente no local. Para usos como água potável (se não tratada) e recreação, os parâmetros bacteriológicos precisam ser incluídos. Para proteção da vida aquática, os parâmetros bacteriológicos não precisariam necessariamente ser incluídos, mas se o índice for usado para analisar

vários usos, como água potável e proteção da vida aquática, então o uso de parâmetros bacteriológicos em tais situações é necessário e apropriado. Isso é particularmente importante se estressores humanos, como estações de tratamento de esgoto ou pastoreio ou alimentação de gado, ocorrerem perto de um curso de água e, potencialmente, puderem afetar sua qualidade (CCME, 2017).

A metodologia prevista para o cálculo do ICE adverte que a calculadora não pode ser utilizada com menos de quatro parâmetros e quatro visitas de amostragem por ano, e recomenda que sejam selecionados no mínimo oito parâmetros (não mais do que 20), a fim de que a calculadora produza resultados significativos. Todavia, ressalta que cabe ao julgamento profissional de especialistas envolvidos determinar quais e quantos parâmetros devem ser incluídos no cálculo do ICE para resumir de forma mais adequada a qualidade da água em uma determinada região (CCME, 2017).

Considerando a disponibilidade de dados disponíveis no Sistema RS Água e as metas almejadas para o enquadramento estabelecido para as bacias hidrográficas, foram selecionados sete parâmetros com metas estabelecidas para as classes 1, 2 e 3 segundo a Resolução CONAMA N° 357/2005, identificados no Quadro 1:

**Quadro 1** - Parâmetros selecionados para o cálculo do ICE, por classe definida na Resolução CONAMA N° 357/2005

| Parâmetro                                     | Unidade de medida   | Classe 1  | Classe 2  | Classe 3  |
|---|---------------------|-----------|-----------|-----------|
| Cloreto total                                 | mg/L Cl             | 250       | 250       | 250       |
| Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)          | mg/L O <sub>2</sub> | 3         | 5         | 10        |
| <i>Escherichia coli</i> (80% dos coli. Termo) | NMP/100ml           | 160       | 800       | 3200      |
| Fósforo total (ambiente lêntico)              | mg/L P              | 0,020     | 0,030     | 0,050     |
| Fósforo total (ambiente lótico)               | mg/L P              | 0,1       | 0,1       | 0,15      |
| Oxigênio Dissolvido (OD) (não inferior a)     | mg/L O <sub>2</sub> | 6         | 5         | 4         |
| pH  | adimensional        | 6,0 a 9,0 | 6,0 a 9,0 | 6,0 a 9,0 |
| Turbidez                                      | UNT                 | 40        | 100       | 100       |

Fonte: Brasil (2005).

Os dados utilizados para análise do ICE nas bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul são provenientes da Rede de Monitoramento Básico da Qualidade da Água Superficial (RQA/RS), operada pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM). A partir de 2016, este órgão passou a reimplementar e ampliar a rede básica de monitoramento, a fim de cumprir as metas estabelecidas pelo Programa Qualiágua da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), o qual a FEPAM aderiu. Essa rede tem por objetivo monitorar a qualidade dos recursos hídricos considerando os usos múltiplos da água. Atualmente, a rede básica conta com 221 estações de monitoramento, distribuídas nas três regiões e 25 bacias hidrográficas do estado.

Essas informações podem ser acessadas gratuitamente através do Sistema RS Água (FEPAM, 2023), sendo possível realizar o download das planilhas em formato .xls.

O número de amostragens por estação ocorreu durante quatro datas diferentes de coleta em diferentes épocas do ano, respeitando o número mínimo de quatro visitas preconizado pela metodologia. Esse número suficiente de coletas de amostras deve ser respeitado, a fim de que eventos de picos e variações sazonais sejam capturados na amostragem (CCME, 2017).

Informa-se que o parâmetro *Escherichia coli* (*E. coli*) passou a ser avaliado em substituição aos coliformes termotolerantes em função de estudos recentes que demonstraram a referida espécie como sendo a única indicadora inequívoca de contaminação fecal, humana ou animal (IGAM, 2015).

O período de tempo escolhido é muito importante e depende da quantidade de dados disponíveis. A qualidade da água em um corpo hídrico flutua ao longo do ano e entre os anos em resposta a eventos de precipitação, entre outros. Isso é particularmente importante em águas correntes, mas também em lagos pequenos que respondem a eventos hidrológicos. Para superar essa flutuação natural geralmente é usado um período longo para relatar a qualidade da água. Isso tem o benefício de nivelar os extremos da pontuação e categorização do ICE. O período de três anos é o mais recomendado, pois é longo o suficiente para equilibrar as flutuações naturais, e curto na medida necessária para visualizar mudança em um intervalo menor de tempo (CCME, 2017).

139

As diretrizes existentes para avaliação da conformidade são as metas de alcance de enquadramento, quando estabelecida em resoluções. No Rio Grande do Sul, as bacias hidrográficas com cursos d'água enquadrados por resolução são Gravataí (CRH, 2009a; 2012a), Sinos (CRH, 2014), Caí (CRH, 2008a; 2009b), Taquari-Antas (CRH, 2012b; 2022), Alto Jacuí (CRH, 2012c), Baixo Jacuí (CRH, 2015), Lago Guaíba (CRH, 2008a; 2016a) e Pardo (CRH, 2008a), na Região Hidrográfica do Guaíba; Tramandaí (CRH, 2008a), Camaquã (CRH, 2016b) e Mampituba (CRH, 2023) na Região Hidrográfica do Litoral; e Apuaê-Inhandava (CRH, 2019), Turvo-Santa Rosa-Santo Cristo (CRH, 2012d), Ibicuí (CRH, 2012e) e Santa Maria (CRH, 2005; 2016c), na Região Hidrográfica do Uruguai.

Para trechos de água doce sem enquadramento aprovado, o Art. 42 da Resolução CONAMA N° 357/2005 (Brasil, 2005), estabelece que seja adotada a classe 2, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente. Da mesma maneira, o Art. 15 da Resolução CNRH n° 91/2008 (Brasil, 2008) informa que deverão ser considerados, nos corpos de água superficiais ainda não enquadrados, os padrões de qualidade da classe correspondente aos usos preponderantes mais restritivos existentes no respectivo

corpo de água, e até que a autoridade outorgante tenha as informações necessárias, poderá ser adotada, para as águas doces superficiais, a classe 2. Seguindo essas resoluções, a Classe 2 foi adotada para as bacias hidrográficas dos rios Vacacaí Vacacaí-Mirim (G060) na Região Hidrográfica do Guaíba; Litoral Médio (L020), Mirim-São Gonçalo (L040) e Mampituba (L050) na Região Hidrográfica do Litoral; e Apuaê-Inhandava (U010), Passo Fundo (U020), Piratinim (U040), Quaraí (U060), Negro (U080), Várzea (U100) e Butuí-Icamaquã (U110) na Região Hidrográfica do Uruguai.

Na bacia hidrográfica do Ijuí (U090) não foi possível efetuar o cálculo, pois há dados disponíveis apenas para os anos de 2022 e 2023, não sendo suficientes para compor a série mínima de três anos preconizada pela metodologia.

## **CALCULADORA DO ÍNDICE DE CONFORMIDADE AO ENQUADRAMENTO (ICE)**

O índice canadense é a combinação dos valores de três fatores que representam a não conformidade, isto é, o não atendimento aos critérios de qualidade propostos. Ele permite ao usuário conhecer as condições de qualidade da água, por meio de um valor que sintetize as informações oriundas das inúmeras variáveis de qualidade da água utilizadas nos monitoramentos. Esses três fatores são 1) abrangência, 2) frequência e 3) amplitude, que são combinados a partir de um método matemático de cálculo estatístico, criando um vetor no espaço tridimensional (CCME, 2001).

140

O valor do ICE varia de 0 a 100. Valores próximos a zero indicam uma condição do corpo hídrico distante do enquadramento desejado, enquanto valores próximos a 100 indicam conformidade com o enquadramento, considerando os parâmetros selecionados para calcular o indicador.

Os cálculos foram efetuados na calculadora projetada para o cálculo do ICE CCME, versão 2.0 passível de ser utilizada independente de outro hardware ou software. Essa ferramenta foi projetada em Visual Basic NET 2013 pela Divisão de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Departamento de Meio Ambiente e Conservação, Governo de Newfoundland e Labrador e pela Divisão de Monitoramento e Vigilância da Qualidade da Água Doce do Meio Ambiente do Canadá. A calculadora permite atribuir pontuações de qualidade da água a partir de dados de monitoramento e parâmetros definidos.

O cálculo da pontuação do ICE para as estações monitoradas seguiu uma sequência de passos propostos pela ferramenta, que incluem: 1) Importação de dados de monitoramento da qualidade da água, adquiridos no Sistema RS Água (Rio Grande do Sul, 2024); 2) Importação e definição de diretrizes de qualidade da água e seleção de parâmetros (Figura 2), seguindo os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/2005; 3) Correspondência de nomes de parâmetros entre o arquivo

de dados e as diretrizes; 4) Seleção do período para o qual o índice é calculado (intervalo de três anos consecutivos para os quais há amostra); 5) Cálculo da pontuação do ICE.

Os resultados do cálculo são apresentados em uma planilha com diversas informações, sendo as principais os resultados dos fatores F1, F2 e F3, o resultado calculado do ICE e uma das cinco categorias, conforme apresentado no Quadro 2 a seguir:

**Quadro 2** - Descrição das categorias do ICE e valores associados

| <b>Categorias</b> | <b>ICE</b> | <b>Significado</b>  |
|-------------------|------------|---|
| Excelente         | 95-100     | A qualidade da água está protegida com virtual ausência de ameaça ou prejuízo; condições muito próximas aos níveis desejáveis. Estes valores de ICE somente podem ser obtidos se todas as medidas estiverem durante todo o tempo dentro dos padrões estabelecidos pelo enquadramento. |
| Bom               | 80-94      | A qualidade da água é protegida apenas com um grau menor de ameaça ou prejuízo; as condições raramente se afastam dos níveis desejáveis. A qualidade da água raramente se desvia dos padrões estabelecidos pelo enquadramento.  |
| Razoável          | 65-79      | A qualidade da água é geralmente protegida, mas ocasionalmente ameaçada ou prejudicada; as condições às vezes se afastam dos níveis desejáveis. A qualidade da água algumas vezes se afasta dos padrões estabelecidos pelo enquadramento.   |
| Marginal          | 45-64      | A qualidade da água é frequentemente ameaçada ou prejudicada; as condições muitas vezes se afastam dos níveis desejáveis. A frequência dos parâmetros de qualidade da água não atendem aos padrões estabelecidos pelo enquadramento.  |
| Ruim              | 0-44       | A qualidade da água é quase sempre ameaçada ou prejudicada; as condições geralmente se afastam dos níveis desejáveis. Os parâmetros de qualidade frequentemente não atendem aos padrões estabelecidos pelo enquadramento.   |

Fonte: Adaptado de CCME (2017).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando-se de maneira geral os resultados na maior parte dos pontos observados, os parâmetros que influenciaram negativamente os resultados do ICE foram E.coli, OD e fósforo, trazendo implicações significativas tanto para a saúde humana quanto para a saúde dos ecossistemas aquáticos. A presença de E.coli indica contaminação fecal e risco de doenças. Baixos níveis de OD ameaçam a vida aquática e causam desequilíbrios ecológicos. Altas concentrações de fósforo promovem a eutrofização, prejudicando a qualidade da água e a saúde dos ecossistemas. A seguir apresenta-se uma descrição sucinta sobre os índices obtidos, por bacia hidrográfica.

Os dados discutidos a seguir são o resultado da análise sobre 211 pontos observados em 24 bacias hidrográficas existentes no estado do Rio Grande do Sul (Quadro 3).



**Quadro 3 - Resultados do ICE por ponto de monitoramento**

| Bacia e código     | Ponto | Estação  | Latitude   | Longitude  | Curso d'água      | Ambiente | Enquadramento | ICE 2017-2019 | ICE 2020-2022 |
|--------------------|-------|----------|------------|------------|-------------------|----------|---------------|---------------|---------------|
| Gravataí G010      | 1     | 87398500 | -29.935994 | -50.602475 | Arroio Chico Lomã | Lótico   | Classe 1      | Ruim          | Ruim          |
|                    | 2     | 87398900 | -29.96628  | -50.948845 | Rio Gravataí      | Lótico   | Classe 1      | Marginal      | Marginal      |
|                    | 3     | 87398950 | -29.957247 | -51.00652  | Rio Gravataí      | Lótico   | Classe 2      | Marginal      | Marginal      |
|                    | 4     | 87405500 | -29.954662 | -51.127703 | Rio Gravataí      | Lótico   | Classe 2      | Ruim          | Ruim          |
|                    | 5     | 87406900 | -29.967004 | -51.154855 | Rio Gravataí      | Lótico   | Classe 2      | Ruim          | Ruim          |
|                    | 6     | 87409900 | -29.970431 | -51.198584 | Rio Gravataí      | Lótico   | Classe 2      | Ruim          | Ruim          |
| Sinos G020         | 7     | 87318500 | -29.72484  | -50.280362 | Rio dos Sinos     | Lótico   | Classe 1      | Bom           | Bom           |
|                    | 8     | 87337000 | -29.645395 | -50.511377 | Rio Rolante       | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Bom           |
|                    | 9     | 87376800 | -29.686162 | -50.851019 | Rio dos Sinos     | Lótico   | Classe 3      | Bom           | Bom           |
|                    | 10    | 87377800 | -29.691876 | -51.045001 | Rio dos Sinos     | Lótico   | Classe 3      | Razoável      | Bom           |
|                    | 11    | 87380015 | -29.731218 | -51.083702 | Rio dos Sinos     | Lótico   | Classe 3      | Razoável      | Marginal      |
|                    | 12    | 87380030 | -29.739215 | -51.125452 | Rio dos Sinos     | Lótico   | Classe 3      | Razoável      | Marginal      |
|                    | 13    | 87381800 | -29.760357 | -51.135565 | Rio dos Sinos     | Lótico   | Classe 3      | Marginal      | Razoável      |
|                    | 14    | 87382010 | -29.764321 | -51.177207 | Rio dos Sinos     | Lótico   | Classe 3      | Marginal      | Marginal      |
|                    | 15    | 87382020 | -29.776609 | -51.194699 | Arroio Portão     | Lótico   | Classe 3      | Marginal      | Marginal      |
|                    | 16    | 87382025 | -29.798527 | -51.190493 | Rio dos Sinos     | Lótico   | Classe 3      | Marginal      | Razoável      |
| Cai G030           | 17    | 87385040 | -29.877142 | -51.243305 | Rio dos Sinos     | Lótico   | Classe 3      | Marginal      | Razoável      |
|                    | 18    | 87048000 | -29.363414 | -50.521802 | Rio Santa Cruz    | Lótico   | Classe 1      | Ruim          | Bom           |
|                    | 19    | 87109800 | -29.275262 | -50.73934  | Rio Cai           | Lótico   | Classe 1      | Razoável      | Razoável      |
|                    | 20    | 87160100 | -29.327473 | -51.181303 | Arroio Pinhal     | Lótico   | Classe 2      | Razoável      | Razoável      |
|                    | 21    | 87168600 | -29.505712 | -51.360595 | Rio Cai           | Lótico   | Classe 2      | Marginal      | Bom           |
|                    | 22    | 87255500 | -29.65205  | -51.39171  | Rio Cai           | Lótico   | Classe 2      | Marginal      | Razoável      |
| Taquari-Antas G040 | 23    | 87294000 | -29.83736  | -51.365681 | Rio Cai           | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Bom           |
|                    | 24    | 86020000 | -28.784002 | -49.982403 | Rio das Antas     | Lótico   | Classe 1      | Excelente     | Razoável      |
|                    | 25    | 86095000 | -28.799215 | -50.429891 | Rio das Antas     | Lótico   | Classe 1      | Bom           | Bom           |
|                    | 26    | 86304000 | -29.013004 | -51.367304 | Rio das Antas     | Lótico   | Classe 2      | Excelente     | Bom           |
|                    | 27    | 86329000 | -29.058006 | -51.396401 | Rio das Antas     | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Bom           |
|                    | 28    | 86447200 | -28.971412 | -51.456265 | Rio da Prata      | Lótico   | Classe 1      | Razoável      | Bom           |
|                    | 29    | 86470950 | -29.088699 | -51.63825  | Rio das Antas     | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Bom           |
|                    | 30    | 86472500 | -29.087983 | -51.714439 | Rio Taquari       | Lótico   | Classe 1      | Marginal      | Razoável      |
|                    | 31    | 86487000 | -28.70054  | -51.85001  | Rio Carreiro      | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Bom           |
|                    | 32    | 86497300 | -28.829366 | -51.864942 | Arroio Taquara    | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Razoável      |
|                    | 33    | 86502700 | -28.996139 | -51.754282 | Rio Carreiro      | Lótico   | Classe 1      | Razoável      | Razoável      |
|                    | 34    | 86503800 | -28.755647 | -51.672581 | Arroio Não Sabia  | Lótico   | Classe 1      | Razoável      | Marginal      |
|                    | 35    | 86509000 | -29.162799 | -51.860761 | Rio Taquari       | Lótico   | Classe 1      | Razoável      | Razoável      |
|                    | 36    | 86555800 | -28.911039 | -51.953005 | Rio Guaporé       | Lótico   | Classe 2      | Razoável      | Marginal      |
|                    | 37    | 86697000 | -29.188453 | -51.921523 | Arroio Jacaré     | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Bom           |
|                    | 38    | 86718000 | -29.226905 | -51.852304 | Rio Taquari       | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Razoável      |
|                    | 39    | 86746000 | -29.323682 | -52.090585 | Rio Forqueta      | Lótico   | Classe 2      | Razoável      | Razoável      |
|                    | 40    | 86747000 | -29.405866 | -52.055255 | Rio Forquetinha   | Lótico   | Classe 2      | Razoável      | Razoável      |
|                    | 41    | 86788000 | -29.385933 | -51.873106 | Rio Taquari       | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Razoável      |
|                    | 42    | 86790000 | -29.407602 | -51.940349 | Rio Taquari       | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Bom           |
|                    | 43    | 86879000 | -29.469747 | -51.957717 | Rio Taquari       | Lótico   | Classe 2      | Marginal      | Razoável      |
|                    | 44    | 86880030 | -29.518177 | -51.979253 | Rio Taquari       | Lótico   | Classe 2      | Razoável      | Bom           |
| Alto Jacuí G050    | 45    | 86880600 | -29.592292 | -52.189095 | Arroio Castelhana | Lótico   | Classe 2      | Marginal      | Razoável      |
|                    | 46    | 86894500 | -29.6852   | -51.97     | Rio Taquari       | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Razoável      |
|                    | 47    | 86996000 | -29.929707 | -51.731209 | Rio Taquari       | Lótico   | Classe 1      | Marginal      | Bom           |
|                    | 48    | 85001500 | -28.564525 | -52.547987 | Rio Jacuí Mirim   | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Excelente     |
|                    | 49    | 85068000 | -28.485209 | -52.68516  | Rio da Gloria     | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Bom           |
|                    | 50    | 85080010 | -28.720657 | -52.850127 | Rio Jacuí         | Lótico   | Classe 1      | Razoável      | Razoável      |
|                    | 51    | 85140010 | -28.749738 | -52.988414 | Rio Jacuí         | Lótico   | Classe 1      | Razoável      | Bom           |
|                    | 52    | 85161020 | -28.644236 | -53.037403 | Arroio Grande     | Lótico   | Classe 2      | Excelente     | Bom           |
|                    | 53    | 85379990 | -29.214028 | -53.104893 | Rio Jacuizinho    | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Bom           |
|                    | 54    | 85436200 | -29.811694 | -53.772542 | Arroio Arenal     | Lótico   | Classe 2      | Marginal      | Marginal      |

| Bacia e código             | Ponto | Estação  | Latitude   | Longitude  | Curso d'água                            | Ambiente | Enquadramento | ICE 2017-2019 | ICE 2020-2022 |
|----------------------------|-------|----------|------------|------------|---|----------|---------------|---------------|---------------|
| Vacacaí-Vacacaí Mirim G060 | 55    | 85436300 | -29.801217 | -53.369022 | Rio Vacacaí Mirim                       | Lótico   | Classe 2      | Ruim          | Bom           |
|                            | 56    | 85438500 | -29.873692 | -53.263042 | Rio Vacacaí Mirim                       | Lótico   | Classe 2      | Marginal      | Bom           |
|                            | 57    | 85442000 | -29.924296 | -53.41901  | Rio Vacacaí                             | Lótico   | Classe 2      | Ruim          | Razoável      |
|                            | 58    | 85466000 | -30.360092 | -54.312873 | Rio Vacacaí                             | Lótico   | Classe 2      | Marginal      | Razoável      |
|                            | 59    | 85484000 | -30.231986 | -53.98553  | Rio Vacacaí                             | Lótico   | Classe 2      | Marginal      | Razoável      |
|                            | 60    | 85570000 | -29.937422 | -53.711913 | Rio Vacacaí                             | Lótico   | Classe 2      | Marginal      | Razoável      |
|                            | 61    | 85620500 | -30.194136 | -53.568094 | Rio São Sepe                            | Lótico   | Classe 2      | Marginal      | Excelente     |
| Baixo Jacuí G070           | 62    | 85630600 | -30.043982 | -53.462527 | Rio São Sepe                            | Lótico   | Classe 2      | Marginal      | Bom           |
|                            | 63    | 85400010 | -29.6286   | -53.3534   | Rio Jacuí                               | Lótico   | Classe 1      | Bom           | Bom           |
|                            | 64    | 85427100 | -29.707624 | -53.285513 | Rio Jacuí                               | Lótico   | Classe 1      | Razoável      | Bom           |
|                            | 65    | 85642010 | -30.01     | -53.016    | Rio Jacuí                               | Lótico   | Classe 1      | Bom           | Razoável      |
|                            | 66    | 85651020 | -29.973431 | -52.842136 | Rio Botucaraí                           | Lótico   | Classe 2      | Razoável      | Bom           |
|                            | 67    | 85658000 | -29.939    | -52.319    | Rio Jacuí                               | Lótico   | Classe 2      | Razoável      | Bom           |
|                            | 68    | 85662000 | -30.092872 | -52.73295  | Arroio Pequiri                          | Lótico   | Classe 2      | Razoável      | Bom           |
|                            | 69    | 85930000 | -29.954308 | -51.763916 | Rio Jacuí                               | Lótico   | Classe 1      | Razoável      | Razoável      |
|                            | 70    | 87390060 | -30.129667 | -51.731936 | Arroio dos Ratos                        | Lótico   | Classe 1      | Bom           | Bom           |
|                            | 71    | 87510060 | -30.379619 | -51.728983 | Arroio Ibacuru                          | Lótico   | Classe 2      | Razoável      | Bom           |
| Lago Guaíba G080           | 72    | 87242030 | -30.3714   | -51.0725   | Lago Guaíba                             | Lêntico  | Classe 2      | -             | Razoável      |
|                            | 73    | 87420100 | -30.297809 | -51.309906 | Arroio Ribeiro                          | Lótico   | Classe 2      | Marginal      | Marginal      |
|                            | 74    | 87420300 | -30.353471 | -51.547331 | Arroio Ribeiro Pequeno                  | Lótico   | Classe 2      | Razoável      | Marginal      |
|                            | 75    | 87442000 | -30.01013  | -51.215143 | Lago Guaíba                             | Lêntico  | Classe 3      | Razoável      | Bom           |
|                            | 76    | 87446000 | -30.012706 | -51.262883 | Arroio da Pintada                       | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Bom           |
|                            | 77    | 87460020 | -30.0995   | -51.2709   | Lago Guaíba                             | Lêntico  | Classe 3      | -             | Bom           |
|                            | 78    | 87460175 | -30.1977   | -51.264    | Lago Guaíba                             | Lêntico  | Classe 3      | -             | Bom           |
|                            | 79    | 87510070 | -30.192175 | -51.475649 | Arroio Petim                            | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Bom           |
| Pardo G090                 | 80    | 85401000 | -29.702719 | -52.60335  | Arroio Francisco Alves                  | Lótico   | Classe 2      | Marginal      | Razoável      |
|                            | 81    | 85730900 | -29.543236 | -52.816234 | Rio Pardo                               | Lótico   | Classe 2      | Marginal      | Bom           |
|                            | 82    | 85739810 | -29.673145 | -52.76989  | Rio Pardo                               | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Marginal      |
|                            | 83    | 85779010 | -29.777906 | -52.575781 | Rio Pardo                               | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Bom           |
|                            | 84    | 85781100 | -29.828297 | -52.551264 | Rio Pardo                               | Lótico   | Classe 2      | Marginal      | Bom           |
|                            | 85    | 85800000 | -29.5015   | -52.5519   | Rio Pardinho                            | Lótico   | Classe 2      | -             | Bom           |
|                            | 86    | 85850500 | -29.7646   | -52.4767   | Rio Pardinho                            | Lótico   | Classe 2      | -             | Razoável      |
|                            | 87    | 85881000 | -29.97738  | -52.38317  | Rio Pardo                               | Lótico   | Classe 2      | Razoável      | Marginal      |
| Tramandai L010             | 88    | 87311000 | -29.37526  | -49.79485  | Lagoa Itapeva                           | Lêntico  | Classe 2      | Marginal      | Bom           |
|                            | 89    | 87311200 | -29.52936  | -49.982309 | Rio Três Forquilhas                     | Lótico   | Classe 1      | Razoável      | Excelente     |
|                            | 90    | 87317010 | -29.656636 | -50.048418 | Lagoa dos Quadros                       | Lêntico  | Classe 1      | Marginal      | Razoável      |
|                            | 91    | 87317015 | -29.684085 | -50.061486 | Lagoa dos Quadros                       | Lêntico  | Classe 1      | Marginal      | Razoável      |
|                            | 92    | 87317035 | -30.138185 | -50.228732 | Lagoa Fortaleza                         | Lêntico  | Classe 1      | Bom           | Bom           |
|                            | 93    | 87317040 | -29.726772 | -50.144336 | Rio Maquiné                             | Lótico   | Classe 1      | Bom           | Razoável      |
|                            | 94    | 87317080 | -29.81553  | -50.13661  | Lagoa Palmital                          | Lêntico  | Classe 1      | Razoável      | -             |
|                            | 95    | 87317600 | -29.796233 | -50.179435 | Lagoa da Pinguela                       | Lêntico  | Classe 1      | Razoável      | Bom           |
|                            | 96    | 87420450 | -30.538341 | -50.419062 | Lagoa dos Barros                        | Lêntico  | Classe 1      | Bom           | Bom           |
|                            | 97    | 87510030 | -30.22728  | -50.26484  | Canal entre Lagoas Cerquinha e Rondinha | Lêntico  | Classe 1      | Razoável      | Marginal      |
|                            | 98    | 87510045 | -30.312995 | -50.291928 | Lagoa Rincão das Éguas                  | Lêntico  | Classe 1      | Razoável      | Marginal      |
| Litoral Médio L020         | 99    | 87332500 | -29.914471 | -50.318191 | Lagoa dos Barros                        | Lêntico  | Classe 2      | Marginal      | Ruim          |
|                            | 100   | 87420130 | -30.79499  | -50.604288 | Lagoa da Figueira                       | Lêntico  | Classe 2      | Bom           | Excelente     |
|                            | 101   | 87420150 | -30.95239  | -50.711107 | Lagoa São Simão                         | Lêntico  | Classe 2      | Bom           | Bom           |
|                            | 102   | 87420350 | -31.260818 | -50.968189 | Lagoa do Peixe                          | Lêntico  | Classe 2      | Marginal      | Ruim          |
|                            | 103   | 87420500 | -31.33529  | -51.06018  | Lagoa do Peixe                          | Lêntico  | Classe 2      | Ruim          | Ruim          |
|                            | 104   | 87510010 | -30.143995 | -50.548839 | Rio Capivari                            | Lótico   | Classe 2      | Marginal      | Razoável      |
| Camaquã L030               | 105   | 76150800 | -30.7175   | -51.4329   | Arroio Capivari                         | Lótico   | Classe 2      | -             | Razoável      |
|                            | 106   | 87510100 | -30.910145 | -51.496061 | Arroio Velhaco                          | Lótico   | Classe 1      | Marginal      | Razoável      |
|                            | 107   | 87585000 | -30.862214 | -53.616371 | Rio Camaquã                             | Lótico   | Classe 1      | Marginal      | Razoável      |

| Bacia e código                     | Ponto | Estação  | Latitude   | Longitude  | Curso d'água          | Ambiente | Enquadramento | ICE 2017-2019 | ICE 2020-2022 |
|------------------------------------|-------|----------|------------|------------|-----------------------|----------|---------------|---------------|---------------|
|                                    | 108   | 87586000 | -30.798173 | -53.714216 | Arroio das Lavras     | Lótico   | Classe 2      | Razoável      | Excelente     |
|                                    | 109   | 87599000 | -30.964198 | -53.417344 | Arroio João Dias      | Lótico   | Classe 1      | Razoável      | Bom           |
|                                    | 110   | 87660000 | -30.974111 | -53.046935 | Rio Camaquã           | Lótico   | Classe 2      | Razoável      | Bom           |
|                                    | 111   | 87800001 | -30.8997   | -52.5384   | Arroio Abranjo        | Lótico   | Classe 2      | -             | Excelente     |
|                                    | 112   | 87868000 | -30.865429 | -52.110226 | Arroio Sutil          | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Bom           |
|                                    | 113   | 87904000 | -31.01039  | -52.052571 | Rio Camaquã           | Lótico   | Classe 2      | Razoável      | Excelente     |
|                                    | 114   | 87914000 | -31.126229 | -51.789803 | Rio Camaquã           | Lótico   | Classe 2      | Razoável      | Bom           |
|                                    | 115   | 87920700 | -31.375133 | -51.967061 | Arroio São Lourenço   | Lótico   | Classe 2      | Marginal      | Razoável      |
| Mirim-São Gonçalo L040             | 116   | 87929000 | -31.410983 | -52.168297 | Arroio Grande         | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Excelente     |
|                                    | 117   | 87970000 | -31.91393  | -52.15072  | Lagoa dos Patos       | Lêntico  | Classe 2      | Marginal      | Ruim          |
|                                    | 118   | 87991000 | -32.059121 | -52.088152 | Canal de Rio Grande   | Lêntico  | Classe 2      | Marginal      | Ruim          |
|                                    | 119   | 87992000 | -32.03311  | -52.199978 | Lagoa dos Patos       | Lêntico  | Classe 2      | Marginal      | Ruim          |
|                                    | 120   | 87993000 | -32.113446 | -52.158079 | Arroio Bolacha        | Lêntico  | Classe 2      | Marginal      | Ruim          |
|                                    | 121   | 88027000 | -33.747288 | -53.382568 | Arroio Chuí           | Lótico   | Classe 2      | Ruim          | Marginal      |
|                                    | 122   | 88045000 | -33.499316 | -53.432618 | Lagoa Mirim           | Lêntico  | Classe 2      | Marginal      | Marginal      |
|                                    | 123   | 88070000 | -33.111573 | -53.029415 | Arroio Del Rei        | Lótico   | Classe 2      | Marginal      | Razoável      |
|                                    | 124   | 88150800 | -32.937473 | -52.693726 | Lagoa Mangueira       | Lêntico  | Classe 2      | Razoável      | Razoável      |
|                                    | 125   | 88175600 | -31.477002 | -53.678373 | Arroio Candiota       | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Bom           |
|                                    | 126   | 88184000 | -31.9654   | -53.9143   | Rio Jaguarão          | Lótico   | Classe 2      | Marginal      | Marginal      |
|                                    | 127   | 88185500 | -31.875312 | -54.054511 | Arroio Jaguarão-Chico | Lótico   | Classe 2      | Marginal      | Razoável      |
|                                    | 128   | 88187000 | -31.98789  | -53.38189  | Arroio Caracá         | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Bom           |
|                                    | 129   | 88188000 | -32.163733 | -53.628643 | Arroio Do Bote        | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Bom           |
|                                    | 130   | 88261000 | -32.461364 | -53.452454 | Arroio Telho          | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Bom           |
|                                    | 131   | 88300500 | -32.57143  | -53.36707  | Rio Jaguarão          | Lótico   | Classe 2      | Razoável      | Razoável      |
|                                    | 132   | 88300800 | -32.287611 | -53.656425 | Rio Jaguarão          | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Bom           |
|                                    | 133   | 88316000 | -32.640221 | -53.149368 | Lagoa Mirim           | Lêntico  | Classe 2      | Razoável      | Razoável      |
|                                    | 134   | 88365000 | -32.33441  | -52.82341  | Lagoa Mirim           | Lêntico  | Classe 2      | Razoável      | Razoável      |
|                                    | 135   | 88370100 | -32.239355 | -53.090063 | Arroio Grande         | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Excelente     |
|                                    | 136   | 88397000 | -32.185957 | -53.192283 | Arroio Grande         | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Bom           |
|                                    | 137   | 88399000 | -32.33091  | -52.92609  | Arroio Grande         | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Bom           |
|                                    | 138   | 88549000 | -31.7158   | -52.9004   | Rio Piratini          | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Bom           |
|                                    | 139   | 88643000 | -31.8603   | -52.816798 | Rio Piratini          | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Bom           |
|                                    | 140   | 88644000 | -31.90085  | -52.66275  | Rio Piratini          | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Razoável      |
|                                    | 141   | 88690000 | -31.810861 | -52.387495 | Canal De São Gonçalo  | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Bom           |
|                                    | 142   | 88710000 | -32.120413 | -52.599795 | Canal De São Gonçalo  | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Razoável      |
|                                    | 143   | 88840000 | -31.75583  | -52.28553  | Arroio Pelotas        | Lótico   | Classe 2      | Razoável      | Marginal      |
| Mampituba L050                     | 144   | 84991000 | -29.2491   | -49.8489   | Rio Mampituba         | Lótico   | Classe 2      | s/d           | Razoável      |
|                                    | 145   | 84991500 | -29.2991   | -49.7694   | Rio Mampituba         | Lótico   | Classe 2      | s/d           | Marginal      |
|                                    | 146   | 84992000 | -29.3262   | -49.7147   | Rio Mampituba         | Lótico   | Classe 2      | s/d           | Ruim          |
| Apuaê-Inhandava U010               | 147   | 70719000 | -28.448    | -50.8807   | Arroio da Porteira    | Lótico   | Classe 2      | s/d           | Bom           |
|                                    | 148   | 70750001 | -27.9354   | -51.1282   | Lajeado do Tigre      | Lótico   | Classe 1      | s/d           | Razoável      |
|                                    | 149   | 72580001 | -27.9328   | -52.0921   | Rio Piracuce          | Lótico   | Classe 2      | s/d           | Excelente     |
|                                    | 150   | 72620000 | -27.66030  | -52.143    | Rio Campo             | Lótico   | Classe 2      | s/d           | Marginal      |
| Passo Fundo U020                   | 151   | 73219800 | -27.39680  | -52.4978   | Rio Douradinho        | Lótico   | Classe 2      | s/d           | Excelente     |
|                                    | 152   | 73436500 | -27.52440  | -52.761    | Rio Passo Fundo       | Lótico   | Classe 2      | s/d           | Excelente     |
|                                    | 153   | 73444000 | -27.79870  | -52.3491   | Rio Erexim            | Lótico   | Classe 2      | s/d           | Bom           |
|                                    | 154   | 73444500 | -27.67970  | -52.351    | Rio Henrique          | Lótico   | Classe 2      | s/d           | Excelente     |
|                                    | 155   | 73490500 | -27.29400  | -52.6861   | Rio Passo Fundo       | Lótico   | Classe 2      | s/d           | Excelente     |
| Turvo-Santa Rosa-Santo Cristo U030 | 156   | 74459000 | -27.822129 | -53.725586 | Rio do Turvo          | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Bom           |
|                                    | 157   | 74480000 | -27.291642 | -53.972282 | Rio do Turvo          | Lótico   | Classe 2      | Razoável      | Bom           |
|                                    | 158   | 74505000 | -27.445969 | -54.084691 | Lajeado Grande        | Lótico   | Classe 2      | Razoável      | Bom           |
|                                    | 159   | 74611000 | -27.522217 | -54.233062 | Rio Buricá            | Lótico   | Classe 2      | Razoável      | Razoável      |
|                                    | 160   | 74630000 | -28.045997 | -54.085717 | Arroio Vira Carreta   | Lótico   | Classe 1      | Razoável      | Razoável      |
|                                    | 161   | 74699000 | -27.677162 | -54.465503 | Rio Santa Rosa        | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Bom           |
|                                    | 162   | 74751000 | -27.840278 | -54.555833 | Rio Santo Cristo      | Lótico   | Classe 2      | Razoável      | Razoável      |

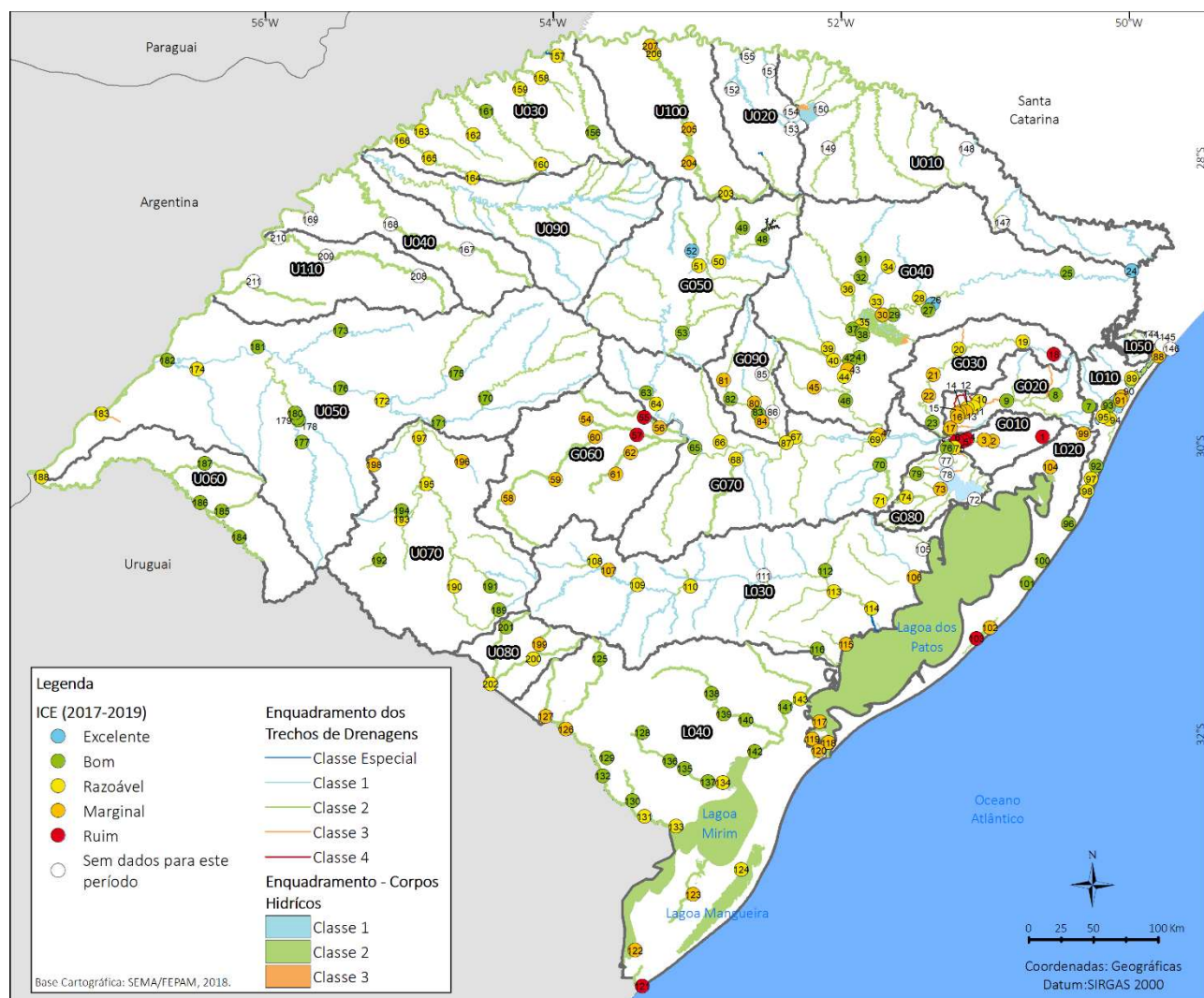
| Bacia e código      | Ponto | Estação  | Latitude   | Longitude  | Curso d'água           | Ambiente | Enquadramento | ICE 2017-2019 | ICE 2020-2022 |
|---------------------|-------|----------|------------|------------|------------------------|----------|---------------|---------------|---------------|
|                     | 163   | 74779000 | -27.815214 | -54.917423 | Rio Amandaú            | Lótico   | Classe 2      | Razoável      | Bom           |
|                     | 164   | 74860000 | -28.139538 | -54.560375 | Rio Comandai           | Lótico   | Classe 2      | Razoável      | Razoável      |
|                     | 165   | 74899000 | -28.00125  | -54.864521 | Rio Comandai           | Lótico   | Classe 2      | Razoável      | Razoável      |
|                     | 166   | 74910000 | -27.879669 | -55.052095 | Rio Comandai           | Lótico   | Classe 2      | Razoável      | Bom           |
| Piratinim U040      | 167   | 75401000 | -28.6339   | -54.6007   | Rio Piratinim          | Lótico   | Classe 2      | s/d           | Bom           |
|                     | 168   | 75470050 | -28.4596   | -55.1313   | Rio Piratinim          | Lótico   | Classe 2      | s/d           | Excelente     |
|                     | 169   | 75560000 | -28.4251   | -55.6869   | Arroio Urucutai        | Lótico   | Classe 2      | s/d           | Bom           |
| Ibicuí U050         | 170   | 76110000 | -29.665761 | -54.472355 | Rio Toropi             | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Bom           |
|                     | 171   | 76111000 | -29.836628 | -54.798273 | Rio Ibicuí             | Lótico   | Classe 1      | Bom           | Bom           |
|                     | 172   | 76111100 | -29.683803 | -55.192123 | Rio Ibicuí             | Lótico   | Classe 1      | Razoável      | Razoável      |
|                     | 173   | 76149000 | -29.198577 | -55.477888 | Rio Itú                | Lótico   | Classe 1      | Bom           | Bom           |
|                     | 174   | 76150000 | -29.467795 | -56.47532  | Arroio Ibirocai        | Lótico   | Classe 1      | Razoável      | Razoável      |
|                     | 175   | 76431990 | -29.495672 | -54.674627 | Rio Jaguari            | Lótico   | Classe 1      | Bom           | Razoável      |
|                     | 176   | 76560010 | -29.597    | -55.479    | Rio Ibicuí             | Lótico   | Classe 1      | Bom           | Bom           |
|                     | 177   | 76700001 | -29.973554 | -55.748067 | Rio Ibirapuitã         | Lótico   | Classe 1      | Bom           | Razoável      |
|                     | 178   | 76748970 | -29.819299 | -55.770813 | Arroio Cavera          | Lótico   | Classe 1      | Bom           | Bom           |
|                     | 179   | 76748980 | -29.8035   | -55.782    | Rio Ibirapuitã         | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Razoável      |
|                     | 180   | 76750100 | -29.771789 | -55.793312 | Rio Ibirapuitã         | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Razoável      |
|                     | 181   | 76800005 | -29.31     | -56.053    | Rio Ibicuí             | Lótico   | Classe 1      | Bom           | Bom           |
|                     | 182   | 76980005 | -29.404043 | -56.68108  | Rio Ibicuí             | Lótico   | Classe 1      | Bom           | Bom           |
|                     | 183   | 77149990 | -29.7758   | -57.1385   | Rio Uruguai            | Lótico   | Classe 2      | Razoável      | Razoável      |
| Quaraí U060         | 184   | 77470000 | -30.631579 | -56.180642 | Rio Sarandi IV         | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Razoável      |
|                     | 185   | 77495000 | -30.451919 | -56.302664 | Arroio Areal           | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Razoável      |
|                     | 186   | 77499000 | -30.392181 | -56.455336 | Rio Quaraí             | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Bom           |
|                     | 187   | 77519800 | -30.120652 | -56.422277 | Arroio Garupa          | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Bom           |
|                     | 188   | 77591000 | -30.210723 | -57.558069 | Rio Quaraí             | Lótico   | Classe 2      | Razoável      | Razoável      |
| Santa Maria U070    | 189   | 76220000 | -31.136677 | -54.378202 | Rio Santa Maria        | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Razoável      |
|                     | 190   | 76250500 | -30.974333 | -54.688173 | Rio Santa Maria        | Lótico   | Classe 2      | Razoável      | Marginal      |
|                     | 191   | 76257000 | -30.973193 | -54.439729 | Arroio Taquarembozinho | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Razoável      |
|                     | 192   | 76285000 | -30.792076 | -55.20924  | Rio Ibicuí da Faxina   | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Marginal      |
|                     | 193   | 76289000 | -30.508336 | -55.052708 | Rio Ibicuí da Armada   | Lótico   | Classe 2      | Razoável      | Razoável      |
|                     | 194   | 76299200 | -30.446964 | -55.053457 | Arroio Vacaquá         | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Razoável      |
|                     | 195   | 76305000 | -30.262863 | -54.883443 | Rio Santa Maria        | Lótico   | Classe 2      | Razoável      | Razoável      |
|                     | 196   | 76371000 | -30.107282 | -54.63539  | Rio Cacequi            | Lótico   | Classe 2      | Marginal      | Marginal      |
|                     | 197   | 76379000 | -29.94314  | -54.932146 | Rio Santa Maria        | Lótico   | Classe 2      | Razoável      | Marginal      |
|                     | 198   | 76410000 | -30.129086 | -55.246945 | Arroio Saicã           | Lótico   | Classe 1      | Marginal      | Ruim          |
| Negro U080          | 199   | 79100000 | -31.376111 | -54.097852 | Arroio Baje            | Lótico   | Classe 2      | Marginal      | Marginal      |
|                     | 200   | 79210000 | -31.476271 | -54.138761 | Rio Negro              | Lótico   | Classe 2      | Razoável      | Razoável      |
|                     | 201   | 79430000 | -31.256569 | -54.328217 | Arroio Pirai           | Lótico   | Classe 2      | Bom           | Bom           |
|                     | 202   | 79440000 | -31.651924 | -54.436104 | Rio Negro              | Lótico   | Classe 2      | Razoável      | Razoável      |
| Várzea U100         | 203   | 74120500 | -28.245984 | -52.800893 | Rio da Várzea          | Lótico   | Classe 2      | Razoável      | Excelente     |
|                     | 204   | 74206000 | -28.035583 | -53.05761  | Rio da Várzea          | Lótico   | Classe 2      | Marginal      | Excelente     |
|                     | 205   | 74209000 | -27.799381 | -53.056354 | Rio da Várzea          | Lótico   | Classe 2      | Marginal      | Excelente     |
|                     | 206   | 74260000 | -27.275849 | -53.301682 | Rio da Várzea          | Lótico   | Classe 2      | Razoável      | Bom           |
|                     | 207   | 74280000 | -27.223639 | -53.325678 | Rio da Várzea          | Lótico   | Classe 2      | Marginal      | Excelente     |
| Butuí-Icamaquã U110 | 208   | 75601000 | -28.8192   | -54.9358   | Rio Icamaquã           | Lótico   | Classe 2      | s/d           | Excelente     |
|                     | 209   | 75700001 | -28.6828   | -55.5794   | Rio Icamaquã           | Lótico   | Classe 2      | s/d           | Excelente     |
|                     | 210   | 75710000 | -28.5538   | -55.9116   | Rio Icamaquã           | Lótico   | Classe 2      | s/d           | Excelente     |
|                     | 211   | 75831005 | -28.8566   | -56.0819   | Rio Butuí              | Lótico   | Classe 2      | s/d           | Excelente     |

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).



As Figuras 1 e 2 trazem os resultados por bacias hidrográficas no estado do Rio Grande do Sul e sua situação em relação à análise do ICE.

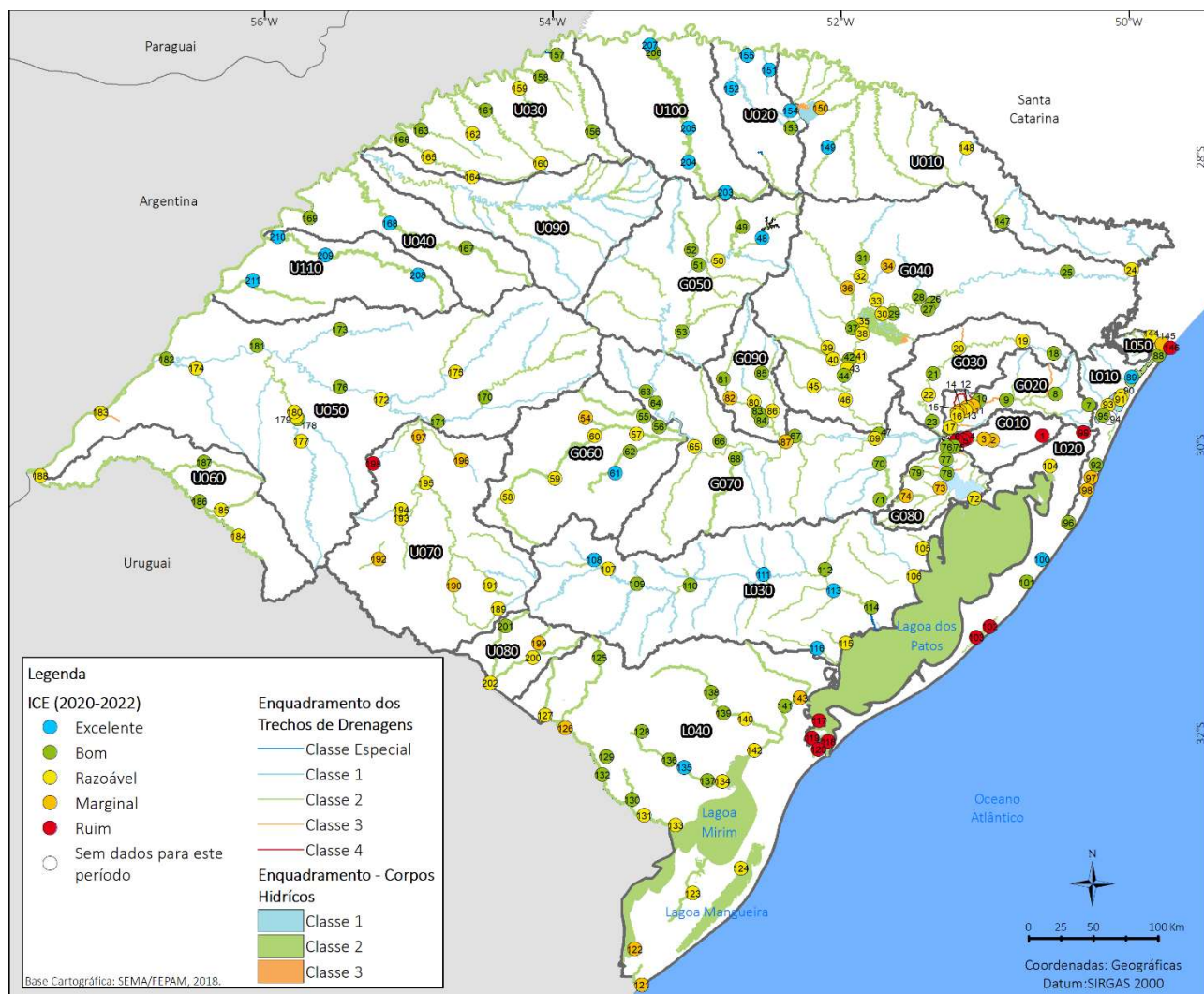
**Figura 1** - Resultados do ICE por ponto de monitoramento nas bacias hidrográficas no estado do Rio Grande do Sul (período 2017 a 2019)



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).



**Figura 2** - Resultados do ICE por ponto de monitoramento nas bacias hidrográficas no estado do Rio Grande do Sul (período 2020 a 2022)



Na bacia hidrográfica do rio Caí (G030), de maneira geral, o ICE melhorou entre um período e outro. Pontos de classe 1 se mantiveram com índice Razoável no rio Caí e passaram de Ruim para Bom no ponto localizado no rio Santa Cruz. Pontos em cursos de classe 2 se mantiveram com índice Razoável no arroio Pinhal e índice Bom no rio Caí, ou melhoraram, passando de Marginal para Razoável e Bom no rio Caí.

A bacia do Taquari-Antas (G040) apresentou pontos nos rios das Antas e no Taquari com resultado Bom em ambos os períodos, enquanto outros pontos mantiveram-se com índice Razoável. O Ponto 26 no rio das Antas, que apresentou índice Excelente no período 2017-2019, decaiu para índice Bom no período seguinte. Pontos localizados em trechos com enquadramento na Classe 1 apresentaram maior dificuldade de alcançar melhores resultados, e a maioria ficou com ICE Razoável ou Marginal, à exceção do Ponto 25 no rio das Antas que manteve índice Bom nos dois períodos.

Na bacia do Alto-Jacuí (G050) os pontos 48, 49, 52 53 localizados em trechos enquadrados em Classe 2 variaram com índices Bom ou Excelente nos dois períodos. Já os pontos 50 e 51 no rio Jacuí, enquadrados em Classe 1, ficaram com índice Razoável em 2017-2019 e Razoável e Bom, respectivamente, em 2020-2022.

Na bacia hidrográfica do Vacacaí-Vacacaí Mirim (G060), as oscilações foram positivas: praticamente todos os pontos melhoraram seus índices de enquadramento, passando de Ruim nos pontos 55 e 57 para Bom e Razoável, respectivamente. Os demais pontos, que apresentaram índice Marginal no período 2017-2019, passaram para Razoável e Bom, com destaque para os pontos 61 e 62 no rio São Sepé que alcançaram ICE Excelente e Bom, respectivamente.

Na bacia do Baixo-Jacuí (G070) o saldo oscilatório geral foi positivo, com alternância de índices Razoável para Bom (cenário aplicado a todos os pontos localizados em trechos enquadrados na Classe 2). Nos trechos de Classe 1, o único ponto de piora se deu no Rio Jacuí, no município de Cachoeira do Sul, passando de “Bom” para “Razoável”, devido a maior presença de *Escherichia coli*.

No período 2020-2022, os pontos analisados localizados em trechos enquadrados em Classe 3 em ambiente lântico na bacia hidrográfica do Lago Guaíba (G080) ficaram com índice Bom. Os pontos localizados nos arroios tributários, por sua vez, todos com enquadramento em Classe 2, ou mantiveram-se com índice “Bom” ou “Marginal” ou pioraram de “Razoável” para “Marginal”, denotando, assim, uma oscilação negativa. No período 2020-2022, o ponto 73 no arroio Ribeiro e 74 no arroio Ribeiro Pequeno apresentaram índice Marginal.

Na bacia hidrográfica do rio Pardo (G090), alguns pontos apresentaram melhora: o ponto 80, localizado no arroio Francisco Alves, passou de Marginal para Razoável, e os pontos 81 e 84,

localizados no rio Pardo, passaram do índice Marginal no período 2017-2019 para Bom em 2020-2022. Entretanto, dois pontos do Rio Pardo regrediram para o índice “Marginal”, um no município de Candelária e o outro no município de Rio Pardo.

Por seu turno, a bacia do rio Tramandaí (L010) apresentou melhora no único ponto (88) localizado em trecho enquadrado em Classe 2 na lagoa Itapeva, passando de Marginal para Bom. Nos demais trechos, todos enquadrados em Classe 1, inseridos tanto em ambiente lótico quanto lêntico, os pontos analisados apresentaram variações ocasionais. Os pontos que apresentaram piora mais acentuada no ICE foram no rio Maquiné (ponto 93), no Canal entre Lagoas Cerquinha e Rondinha (ponto 97) e na Lagoa Rincão das Éguas (ponto 98).

Na bacia do Litoral Médio (L020), as oscilações foram equilibradas: a situação piorou nos pontos localizados na Lagoa do Peixe, enquadrada em Classe 2, onde o ponto 102 passou de Marginal para Ruim, e o ponto 103 que já era Ruim continuou, e no ponto localizado na Lagoa dos Barros (99), que também passou de Marginal para Ruim. Os pontos na Lagoa da Figueira (100) e Rio Capivari (104) melhoraram seus índices para Excelente e Razoável, respectivamente, enquanto o ponto 101 localizado na Lagoa São Simão manteve-se com índice Bom nos dois períodos.

Na bacia hidrográfica do rio Camaquã (L030) as variações indicaram melhor no ICE comparando-se o período 2017-2019 com 2020-2022: nos pontos analisados localizados nos trechos enquadrados em Classe 1, todos melhoraram seus índices para Razoável ou Bom. Nos trechos de Classe 2, por sua vez, praticamente todos os pontos apresentaram melhora nos índices: pontos nos arroios das Lavras, Abranjo e Grande, bem como no Rio Camaquã, passaram a apresentar índice “Excelente”. O restante dos trechos de Classe 2 melhoraram seus índices para “Bom” ou “Razoável” ou se mantiveram como “Bom”.

Na bacia hidrográfica Mirim - São Gonçalo (L040) o ICE teve um saldo geral com resultados pouco satisfatórios para o enquadramento na Classe 2. As principais oscilações negativas se deram no município de Rio Grande, com quatro pontos (em cursos d’água diferentes) variando de Marginal no período 2017-2019 para Ruim em 2020-2022. Rio Grande, Pelotas, Arroio Grande e Pedro Osório também apresentaram piora em seus cursos d’água, com pontos passando para índices “Marginal” e “Razoável”. Dentre as poucas oscilações positivas, destaca-se um ponto em Arroio Grande, o único que se tornou “Excelente” nesta bacia hidrográfica.

A bacia hidrográfica do rio Mampituba (L050) teve dados disponíveis somente para o período 2020-2022, observando-se resultados Marginal (ponto 144), Razoável (ponto 145) e Ruim na foz (ponto 146), todos no rio Mampituba.

A bacia do Apuaê-Inhandava (U010): também passou a contar com pontos de monitoramento disponíveis somente para o período 2020-2022, apresentando ICE Bom no Arroio da Porteira, Razoável no ponto do rio Lajeado do Tigre e Marginal no rio do Campo, destacando-se índice Excelente no rio Piracuce (ponto 149).

No período de 2020 a 2022, único com dados disponíveis, os pontos observados na bacia hidrográfica do Passo Fundo (U020) apresentaram ICE com saldo muito positivo, onde observou-se índice Excelente nos pontos dos rios Douradinho, Passo Fundo e Henrique e o ponto no Rio Erexim com ICE Bom, lembrando que todos são enquadrados em Classe 2.

Na bacia dos rios Turvo-Santa Rosa-Santo Cristo (U030) também se observou oscilações positivas. A maior parte dos pontos estava com índice Razoável no período 2017-2019, alguns mantiveram-se neste patamar ou melhoraram para Bom em 2020-2022. O ponto no arroio Vira Carreta (160) tem enquadramento previsto na Classe 1, e manteve o índice Razoável nos dois períodos. Os Pontos 156 (rio do Turvo) e 161 (rio Santa Rosa permaneceram com índice Bom nos dois períodos, ambos enquadrados em Classe 2.

No período de 2020-2022, único com dados disponíveis, os pontos observados na bacia do rio Piratinim (U040) indicaram que o ponto 167 no rio Piratinim e 169 no arroio Urucutai estavam com índice Bom, e o ponto 168 também localizado no rio Piratinim apresentou ICE Excelente.

150

Na bacia hidrográfica do rio Ibicuí (U050) as oscilações que se deram foram negativas, com destaque para os três pontos no Rio Ibirapuitã (177, 179 e 180), e um ponto do Rio Jaguari (175), que passaram de índice Bom em 2017-2019 para Razoável em 2020-2022. Demais trechos (maioria) mantiveram-se com índices Razoável ou Bom.

Na bacia hidrográfica do rio Quaraí (U060), a maior parte das oscilações ocorreram de forma negativa: no Rio Sarandi IV (ponto 184), localizado em Santana do Livramento e no Arroio Areal (ponto 185), localizado em Quaraí, o ICE variou de Bom em 2017-2019 para Razoável em 2020-2022. Os demais mantiveram-se com índices Razoável ou Bom.

As oscilações entre os dois períodos foram bastante negativas na bacia hidrográfica do rio Santa Maria (U070), porque ou mantiveram-se com índice Razoável ou Marginal ou pioraram. Pontos que estavam com índice Bom no período 2017-2019, como o 189 no rio Santa Maria, 191 no arroio Taquarembozinho, 192 no rio Ibicuí da Faxina e 194 no arroio Vacaquá, passaram para Razoável ou Marginal em 2020-2022. No ponto localizado no arroio Saicã (198), único com enquadramento previsto na Classe 1, o resultado piorou de Marginal para Ruim em 2020-2022.

Com três pontos analisados, a bacia do rio Negro (U080) manteve os mesmos índices nos dois períodos, com resultados Marginal nos pontos do arroio Bagé e rio Negro, Razoável também no rio Negro e Bom no arroio Pirai.

Todos os pontos observados no rio da Várzea, cuja bacia (U090) leva o mesmo nome, mostraram significativa melhoria do período 2017-2019 para 2020-2022, passando de índices Razoável ou Marginal para Bom ou Excelente.

A bacia rios Butuí-Icamaquã (U110) teve quatro pontos observados no período 2020-2022, constatando-se que todos estavam com índice “Excelente”, resultado muito positivo para esta primeira avaliação dos rios Butuí e Icamaquã.

## CONCLUSÃO

A aplicação do Índice de Conformidade ao Enquadramento mostrou-se uma ferramenta útil, com resultados facilmente comunicáveis em relação ao alcance das metas de enquadramento em 24 das 25 bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul, com dados disponibilizados pela Rede de Monitoramento Básico da Qualidade da Água Superficial operada pela FEPAM.

O ICE oferece uma resposta de fácil compreensão para todos os públicos, ao consolidar diversos parâmetros em um único número, distribuído em cinco categorias. Ressalta-se que essa simplificação pode ter um viés negativo, pois pode ocultar problemas específicos de qualidade da água na bacia, que podem surgir de forma sazonal.

A comparação entre diferentes períodos possibilitou uma melhor compreensão da variação dos resultados no tempo e no espaço. A maioria dos pontos monitorados manteve classificações consistentes entre os dois períodos, sugerindo estabilidade nas condições ambientais ou impactos semelhantes das atividades humanas sobre a qualidade da água. Diversos pontos em várias bacias, como os pontos 61 na bacia do Vacacaí-Vacacaí Mirim e 204, 205 e 207 no Várzea, apresentaram melhorias marcantes, passando de índice Marginal para Excelente, o que pode refletir iniciativas bem-sucedidas de gestão ambiental, saneamento ou ações de conservação.

Por sua vez, pontos específicos, como o 24 no Taquari-Antas e o 82 na bacia do rio Pardo, mostraram regressão na qualidade da água, destacando áreas críticas que podem necessitar de maior atenção. Algumas bacias, como Mirim-São Gonçalo e Gravataí, mantiveram classificações ruins ou marginais em grande parte dos pontos, sugerindo desafios contínuos relacionados à poluição ou pressão ambiental.



Indica-se análise pormenorizada por bacia hidrográfica, incluindo variáveis como mapeamento de uso e ocupação de solo e projetos que porventura possam ter sido implementados e trazido melhorias em cursos d'água específicos.

Este estudo traz uma análise geral que pode servir tanto para os comitês de bacia visualizarem a distância que estão do alcance das metas de enquadramento e traçar ações em consonância com seus Planos de Bacia para melhoria da qualidade das águas, quando para mobilizar estudos específicos em áreas que demandem maior atenção. Os dados indicam que ações locais e específicas têm potencial para melhorar a qualidade da água, mas também apontam para áreas onde as condições permanecem críticas ou onde houve piora, reforçando a necessidade de estratégias de manejo integradas e contínuas. O ICE evidencia que os esforços devem ser direcionados não apenas para os pontos críticos, mas também para sustentar os avanços observados.

Os dados da Rede de Monitoramento Básico da Qualidade da Água Superficial operada pela FEPAM mostraram-se suficientes para composição do cálculo do ICE, permitindo a realização de uma análise abrangente e adequada com os parâmetros vinculados à Resolução CONAMA Nº 357/05. Espera-se para estudos futuros que novos parâmetros sejam incluídos nas amostras e que haja série mínima para avaliação do ICE na bacia hidrográfica do rio Ijuí.

Os resultados do ICE revelam que é fundamental o contínuo monitoramento dos parâmetros para garantir uma água de boa qualidade e proteger a saúde pública e ambiental.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). Enquadramento dos corpos d'água em classe. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2019**. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Brasília: ANA, 2020. 57p.

AMARO, C.A. **Proposta de um índice para avaliação de conformidade da qualidade dos corpos hídricos ao enquadramento**. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo, 2009. 224 p.

BORTOLIN, T. A.; GUERRA, G. S.; PERESIN, D.; MENDES, L. A.; SCHNEIDER, V. E. Avaliação do Índice de Conformidade ao Enquadramento em um trecho da bacia do Rio São Marcos. In: **Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Bento Gonçalves, Nov. 2013.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de águas superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamentos de efluentes. Brasília, DF, 2005.

BRASIL. Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, 1997.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS – CNRH. **Resolução nº 91 de 5 de novembro de 2008**. Dispõe sobre os procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos d'água superficiais e subterrâneos. Brasília, DF, 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Lei n. 9.433: Política Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 1997. 72p

CABRAL, L. S. L.; MELLO, C. E. F. **Avaliação do índice de conformidade ao enquadramento em um trecho do rio das Velhas**. XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Segurança hídrica e desenvolvimento sustentável: desafios do conhecimento e da gestão. ABRH, 2015. Disponível em: <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/4/PAP021088.pdf>. Acesso em 12 mar 2024.

CCME. Canadian Council of Ministers of the Environment. **Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life**. CCME Water Quality Index 2.0 User's Manual. Winnipeg. 2017. Acesso em 20 jan 2024.

CCME. **Water Quality Index: User's Manual**. In: Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. 2001. Disponível em: <http://ceqg-rcqe.ccme.ca/download/en/138>. Acesso em 20 jan 2024.

CRH. Conselho de Recursos Hídricos. Resolução Nº 15/2005. **Aprova o Enquadramento das águas da bacia hidrográfica do rio Santa Maria**. 2005. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/u070-bh-santa-maria>. Acesso em: 05 abr. 2021.

CRH. Conselho de Recursos Hídricos. Resolução Nº 50/2008. **Aprova o Enquadramento das águas das bacias hidrográficas dos rios Caí, Pardo, Tramandaí e do Lago Guaíba**. 2008a. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/g080-bh-guaiba>. Acesso em: 05 abr. 2021.

CRH. Conselho de Recursos Hídricos. Resolução Nº 58/2009. **Aprova o Enquadramento das águas da bacia hidrográfica do rio Gravataí**. 2009a. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/g010-bh-gravatai>. Acesso em: 05 abr. 2024.

CRH. Conselho de Recursos Hídricos. Resolução CRH nº 53/2009. **Aprova os prazos máximos para atingir a meta final e a meta intermediária do enquadramento das águas da bacia hidrográfica do Rio Caí**. 2009b. Disponível em <https://www.sema.rs.gov.br/g030-bh-cai>. Acesso em: 08 abr. 2024.

CRH. Conselho de Recursos Hídricos. Resolução Nº 113/2012. **Aprova o Enquadramento das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí**. 2012a. Disponível em <https://www.sema.rs.gov.br/g010-bh-gravatai>. Acesso em: 08 abr. 2024.

CRH. Conselho de Recursos Hídricos. Resolução Nº 121/2012. **Aprova o Enquadramento das Águas Superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas**. 2012b. Disponível em <https://www.sema.rs.gov.br/g040-bh-taquari-antas>. Acesso em: 08 abr. 2024.

CRH. Conselho de Recursos Hídricos. Resolução Nº 122/2012. **Aprova o Enquadramento das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí**. 2012c. Disponível em <https://www.sema.rs.gov.br/g050-bh-alto-jacui>. Acesso em: 08 abr. 2024.

CRH. Conselho de Recursos Hídricos. Resolução Nº 115/2012. **Aprova o Enquadramento das águas superficiais da Bacia Hidrográfica dos Rios Turvo - Santa Rosa - Santo Cristo**. 2012d. Disponível em <https://www.sema.rs.gov.br/u030-bh-turvo>. Acesso em: 08 abr. 2024.

CRH. Conselho de Recursos Hídricos. Resolução Nº 107/2012. **Aprova o Enquadramento das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí**. 2012e. Disponível em <https://www.sema.rs.gov.br/u050-bh-ibicui>. Acesso em: 08 abr. 2024.

CRH. Conselho de Recursos Hídricos. Resolução Nº 149/2014. **Aprova o Enquadramento das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos**. 2014. Disponível em <https://www.sema.rs.gov.br/g020-bh-sinos>. Acesso em: 08 abr. 2024.

CRH. Conselho de Recursos Hídricos. Resolução Nº 172/2015. **Aprova o Enquadramento das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí**. 2015. Disponível em <https://www.sema.rs.gov.br/g070-bh-baixo-jacui>. Acesso em: 08 abr. 2024.

CRH. Conselho de Recursos Hídricos. Resolução Nº 207/2016. **Retifica e Complementa o Enquadramento e aprova as Metas Intermediárias para o Enquadramento das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba**. 2016a. Disponível em <https://www.sema.rs.gov.br/g080-bh-guaiba>. Acesso em: 08 abr. 2024.

CRH. Conselho de Recursos Hídricos. Resolução Nº 206/2016. **Aprova o Enquadramento das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã**. 2016b. Disponível em <https://www.sema.rs.gov.br/l030-bh-rio-camaqua>. Acesso em: 08 abr. 2024.

CRH. Conselho de Recursos Hídricos. Resolução Nº 190/2016. **Aprova o Enquadramento das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria**. 2016c. Disponível em <https://www.sema.rs.gov.br/u070-bh-santa-maria>. Acesso em: 08 abr. 2024.

CRH. Conselho de Recursos Hídricos. Resolução Nº 342, de 11 de setembro de 2019. **Aprova o Enquadramento das águas superficiais da Bacia Hidrográfica dos Rios Apuaê-Inhandava**. Disponível em: <https://www.diariooficial.rs.gov.br/diario?td=DOE&dt=2019-09-30&pg=150>. Acesso em: 30 dez. 2024.

CRH. Conselho de Recursos Hídricos. Resolução Nº 405/2022, de 09 de março de 2022. **Atualiza o Enquadramento das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas**. Disponível em: <https://www.diariooficial.rs.gov.br/materia?id=689604>. Acesso em: 30 dez. 2024.

CRH. Conselho de Recursos Hídricos. Resolução N° 447, 11 de outubro de 2023. **Aprova o Enquadramento das águas superficiais de domínio do Estado do Rio Grande do Sul da Bacia Hidrográfica do Rio Mampituba**. Disponível em: <https://www.diariooficial.rs.gov.br/materia?id=915724>. Acesso em: 30 dez. 2024.

FERREIRA, N. C.; BONETTI, C.; SEIFFERT, W.Q. Hydrological and Water Quality Indices as management tools in marine shrimp culture. **Aquaculture**. Volume 318, Issues 3–4, 425-433, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.05.045>

HINATA, S. S., KALISKI, A. D., WOLFF, C. B., SCOTTÁ, F. C., SCHUSTER, R. C., SOUZA, W. L. Z. M., CARDONE, L. B. Situação de corpos hídricos em bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul sob a perspectiva do Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE). **Revista de Gestão de Água da América Latina**, 20, e23. 2023. <https://doi.org/10.21168/rega.v20e23>

IGAM. INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Relatório anual de gestão e situação dos recursos hídricos de Minas Gerais -2014**. 168p. Belo Horizonte, 2015.

MACHADO, E. S.; KNAPIK, H. G.; BITENCOURT, C. C. A. Considerações sobre o processo de enquadramento de corpos de água. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 24, n. **Eng. Sanit. Ambient.**, 2019 24(2), p. 261–269, mar. 2019. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522019181252>

OLIVEIRA, I. S.; PANTA, L. M.; BARBOSA, I. M. B. R.; SILVA, S. R. Índice de Conformidade ao Enquadramento nos Reservatórios Jucazinho, Bituri, Botafogo e Pirapama, em Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.11, n.04, 1575-1584. 2018. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v11.4.p1575-1584>

155

PHAM, H.; STHIANNOPKAO, S.; DANG, B.; KIM, K. Development of Water Quality Indices to Identify Pollutants in Vietnam's Surface Water. **Journal of Environmental Engineering-asce - J ENVIRON ENG-ASCE**. 137. 2010. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EE.1943-7870.0000314](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0000314)

PINTO, C. C.; SOARES, A. L. C.; MELO, L. D. V.; OLIVEIRA, S. M. A. **Análise dos valores do Índice de Conformidade ao Enquadramento no baixo rio das Velhas**, situado na bacia hidrográfica do rio São Francisco. I Simpósio da bacia hidrográfica do rio São Francisco: Integrando conhecimentos científicos em defesa do Velho Chico. 2016.

RIO GRANDE DO SUL. FEPAM RS ÁGUA 1.0 **Rede de Monitoramento da Qualidade da Água Estado do Rio Grande do Sul**. 2024. Disponível em: <https://gis.fepam.rs.gov.br/RSAgua/#>. Acesso em 16 fev 2024.

ROSARIO, G. F. M.; SALVADOR, N.; BARROS, D. Variação da qualidade das águas em um rio na região Sudeste do Brasil no longo prazo (1978-2018) segundo os índices IQA e IVA. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**. 12. 475-486. 2021. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.007.0041>

SEMA-RS. Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura do Rio Grande do Sul. Fase A - Diagnóstico do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica dos Rios Vacacaí - Vacacaí-Mirim. 2021. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/g060-bh-Vacacaí>. Acesso em 13 jun 2023.

TEIXEIRA DA SILVA, H.; WILHELM HERMS, F. Histórico da qualidade da água na calha principal da bacia do rio pomba, MG através do índice IQA-CCME. *Revista Mineira de Recursos Hídricos*, Belo Horizonte, v. 5, p. e024006, 2024. DOI: 10.59824/rmrh.v5.294. Disponível em: <https://periodicos.meioambiente.mg.gov.br/NM/article/view/294>. Acesso em 26 maio. 2024.

THE BAY INSTITUTE. **Ecological Scorecard**. San Francisco Bay Water Quality Index Indicator analysis and evaluation. October 17, 2003. Disponível em: [https://bayecotarium.org/wp-content/uploads/scorecard\\_report.pdf](https://bayecotarium.org/wp-content/uploads/scorecard_report.pdf). Acesso em 23 mar 2023.

VAUGHAN, M. R. **Marine Water Quality Annual Report 2016**. Technical Report 2017/033. Auckland Council Research and Evaluation Unit. RIMU, 2018. Disponível em: <https://knowledgeauckland.org.nz/publications/marine-water-quality-annual-report-2016/> Acesso em 20 mar 2023.

WOODWARD, K. P.; RAJAN, A.; BARBER, M. C.; SULLIVAN, E.; RICHKUS, J. A. S.; EVERETT, K. H.; WHALEY, M. G. Application of the Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index to assess and communicate monitoring data from coastal waters in Abu Dhabi, United Arab Emirates. **Aquatic Ecosystem Health & Management**, 23(2):145–153, 2020. <https://doi.org/10.1080/14634988.2020.1798144>.



# EFEITOS ECONÔMICOS DA UTILIZAÇÃO DA ENERGIA SOLAR NO RIO GRANDE DO SUL NA DÉCADA DE 2010: UMA ANÁLISE VIA MATRIZ INSUMO-PRODUTO INTER-REGIONAL

**Rodrigo da Rocha Gonçalves**

Graduação em Ciências Econômicas – FURG; Mestrado em Economia Aplicada – UFPEL  
Professor Assistente da Universidade Federal do Rio Grande (FURG)  
E-mail: rrochagoncalves@gmail.com

**Felipe Gerhard Ledur**

Graduação em Ciências Econômicas – FURG  
E-mail: felipeledur03@hotmail.com

**William Barros Miranda**

Graduação em Economia – UFPEL  
Mestrando em Economia – FURG  
E-mail: williambarrosmiranda@gmail.com

**Victória Beatriz Lessa Rosolem**

Graduação em Ciências Econômicas – FURG; Mestrado em Economia Aplicada – FURG  
Doutoranda em Economia – UFRGS  
E-mail: lessavictoria90@gmail.com

## RESUMO

A transição para fontes renováveis de energia, em especial a solar, consolidou-se como estratégia central para a segurança energética e diversificação da matriz elétrica global ao longo da década de 2010. Nesse contexto, este estudo visa quantificar os efeitos econômicos da ampliação da energia solar no Rio Grande do Sul, utilizando como base a Matriz Inter-regional de Insumo-Produto do Arranjo Populacional de Porto Alegre. Desse modo, foram realizadas simulações de dois cenários (realista e otimista) com choques de demanda no setor energético, oriundos dos investimentos em energia solar. Os resultados indicam impactos de aproximadamente R\$ 1,55 bilhões (cenário realista) e R\$ 3,49 (cenário otimista) bilhões na economia gaúcha em termos de produção e valor adicionado. Em linhas gerais, os setores mais impactados com os investimentos são os que possuem maior encadeamento para trás com o setor de energia elétrica, pois são os principais fornecedores de bens e serviços intermediários para o referido setor.

**PALAVRAS-CHAVE:** Energia solar. Meio Ambiente. Desenvolvimento Econômico. Rio Grande do Sul. Matriz Insumo-Produto.

## ECONOMIC EFFECTS OF SOLAR ENERGY USE IN RIO GRANDE DO SUL IN THE 2010S: AN ANALYSIS THROUGH THE INTER-REGIONAL INPUT-OUTPUT MATRIX

## ABSTRACT

The transition to renewable energy sources, particularly solar, emerged as a central strategy for energy security and the diversification of the global energy matrix throughout the 2010s. In this context, this study aims to quantify the economic effects of expanding solar energy in Rio Grande do Sul, using the Inter-regional Input-Output Matrix of the Porto Alegre Population Arrangement as a basis. To this end, simulations of two scenarios (realistic and optimistic) were conducted, incorporating demand shocks in the energy sector stemming from solar energy investments. The results indicated impacts of approximately R\$ 1.55 billions (realistic scenario) and R\$ 3.49 (optimistic scenario) billions in the state's economy in terms of production and added value. Generally speaking, the

sectors most impacted by investments are those with the greatest backward linkages with the electricity sector, as they are the main suppliers of intermediate goods and services to the sector.

**KEYWORDS:** Solar energy. Environment. Economic development. Rio Grande do Sul. Input-Output Matrix.

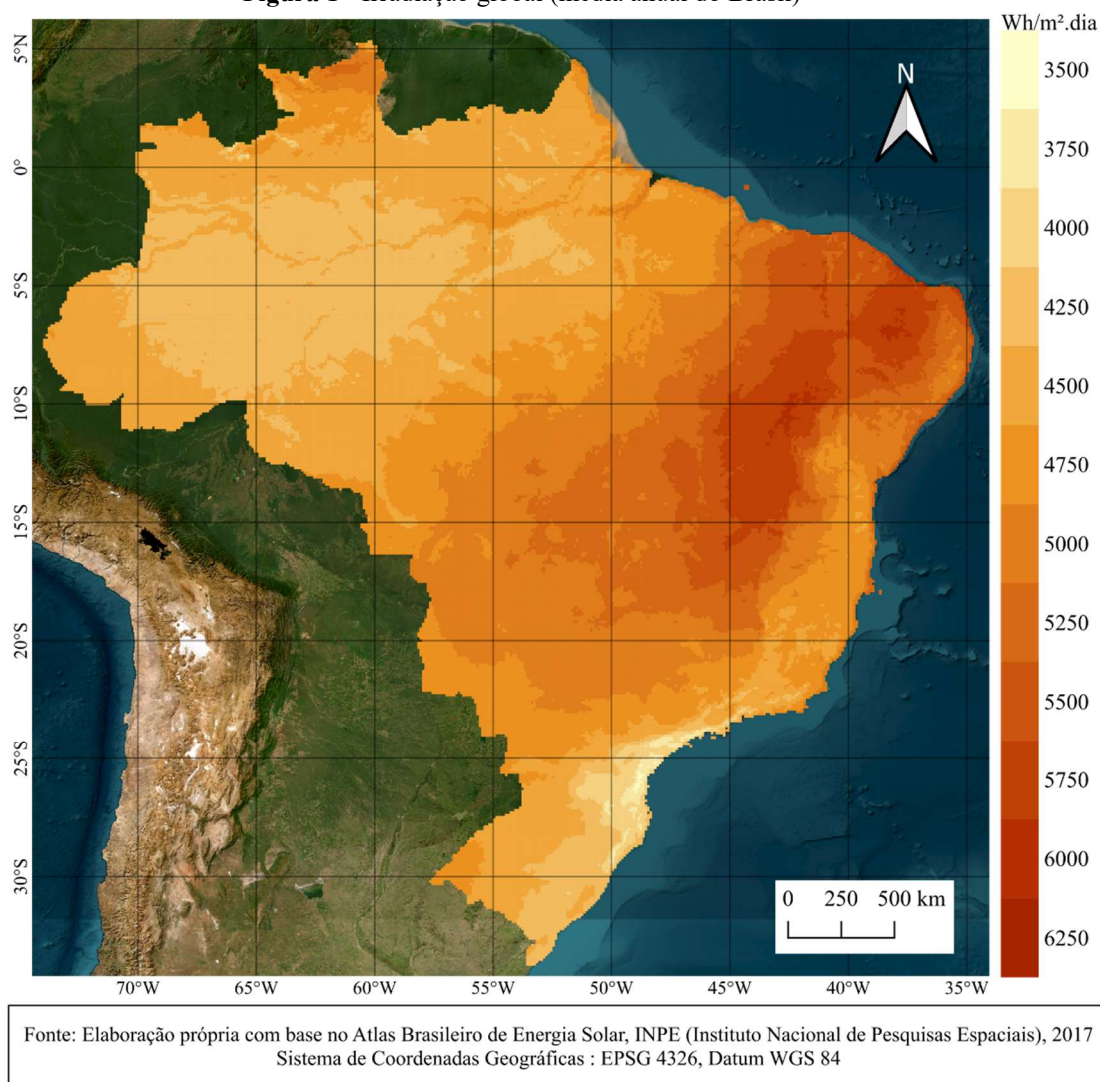
## INTRODUÇÃO

A questão energética assumiu papel central nas agendas globais ao longo da década de 2010, impulsionada pela busca de autossuficiência e diversificação da matriz energética. Este cenário demanda a investigação de fontes alternativas e renováveis de energia para suprir as necessidades do país, com o intuito de reduzir a dependência de combustíveis fósseis e mitigar as emissões de gases poluentes. No Brasil, cerca de 46,1% da matriz energética é renovável, em meio onde a média mundial é de 14%. Esse fato ocorre pela grande participação do fornecimento de energia por usinas hidrelétricas (Balanço Energético Nacional, 2020).

A partir disso, a energia solar tem ganhado destaque por dispensar processos de extração e refino. Suas três principais modalidades são: fotovoltaica, concentrada (CSP) e para aquecimento de água. Em síntese, o sistema utiliza células solares para gerar eletricidade, combinadas a um inversor que transforma a tensão e a frequência aos valores nominais dos aparelhos. Assim, o processo é simples, não emite poluentes e demanda pouca manutenção, fatores que garantem sua competitividade na matriz energética.

O Brasil apresenta elevada irradiação solar, com variação diária entre 4000 e 6300 Wh/m<sup>2</sup>, o que evidencia seu alto potencial para geração de energia fotovoltaica (Balanço energético Nacional, 2020). Tal fonte já superou a marca histórica de 1% da matriz elétrica em 2024 e alcançou 16,8% da matriz nacional, com 38 GW de capacidade instalada em janeiro do mesmo ano (Absolar, 2024). Conforme a figura 1 no Rio Grande do Sul (RS) a irradiação solar média é de 4540 Wh/m<sup>2</sup> dia. A região Sul tem níveis maiores aos da região Norte, ou seja, o Rio Grande do Sul possui boa capacidade para energia solar mesmo com as baixas temperaturas que o estado apresenta, portanto, essa condição não interfere na geração, visto que a energia solar não se dá pelo calor (Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2017).

**Figura 1 - Irradiação global (média anual do Brasil)**



Fonte: Elaboração própria com base no Atlas Brasileiro de Energia Solar, INPE, 2017.

O Rio Grande do Sul ocupa a terceira posição no ranking por estado da geração distribuída solar fotovoltaica, ultrapassando a potência instalada de 2,6 gigawatts (GW), correspondendo a mais de 10,1 % do total da potencia nacional (Absolar, 2024). Essa expansão é impulsionada por quatro fatores principais: (i) a disponibilidade de linhas de crédito do banco estadual e de cooperativas; (ii) a isenção de ICMS para unidades consumidoras que adotaram a geração distribuída; (iii) a facilitação de operações com equipamentos e componentes específicos para energia solar; e (iv) a redução dos valores de leilões no Mercado Livre de Energia

Na literatura econômica, diversos trabalhos avaliam questões energéticas com modelos de matriz insumo-produto (MIP), no contexto internacional e nacional, tais como, Schwer e Riddel (2004); Bae e Dall'erba (2016); Fu *et al.* (2017); Nakano *et al.* (2018); Guilhoto (2009); Montoya *et*

*al.* (2015) e Oliveira, Gonçalves e Romero (2021). Diante disso, existe uma lacuna referente à avaliação da expansão da energia solar com modelos de insumo-produto inter-regional, principalmente desagregando os investimentos por região de um estado e com dados consolidados do setor.

Nesse cenário, este estudo tem como objetivo quantificar os impactos econômicos diretos e indiretos da expansão da energia solar no Rio Grande do Sul ao longo da década de 2010, com base na Matriz Insumo-Produto (MIP). Para isso, são criadas simulações de choques de investimento de curto prazo que serão dados no setor energético. A base de dados utilizada foi a Matriz Inter-regional de Insumo-Produto para o Arranjo Populacional de Porto Alegre estimada pelo Núcleo de Economia Regional e Urbana da USP – NEREUS em 2015. A escolha se justifica, pois, será possível avaliar o impacto dos painéis fotovoltaicos e seus efeitos diretos e indiretos no Rio Grande do Sul, como produção, valor adicionado, impostos e número de ocupações (empregos formais e informais, a partir desse instrumental). Dessa maneira, há a possibilidade de os formuladores de políticas públicas justificarem investimentos ou economia de recursos (Miller; Blair, 2009).

Este estudo está organizado em cinco seções. A primeira é esta introdução. A segunda apresenta a evolução da literatura nacional e internacional sobre a metodologia aplicada a fontes de energia renováveis. Na terceira, são descritos a metodologia adotada, os dados utilizados, bem como os cenários e as simulações. A quarta seção expõe os resultados obtidos e suas respectivas discussões. Por fim, a última seção traz as principais conclusões sobre o impacto socioeconômico da energia solar no Rio Grande do Sul.

## REVISÃO DE LITERATURA

A literatura oferece vários modelos nacionais e regionais de insumo-produto aplicados às fontes de energias renováveis. Entre os que focam na energia solar, encontra-se Huntington (2009), que expõe que cada megawatt de energia solar é mais eficaz do que as outras energias renováveis, como a eólica, a biomassa e o gás natural, na criação de empregos nos EUA, cerca de 4 a 11 vezes. Porém, a energia eólica e a biomassa são mais eficazes do que a energia solar quando medidas em dólares de investimento inicial devido ao seu menor custo de capital.

Anteriormente, Schwer e Riddel (2004), com o uso da matriz insumo-produto regional, calcularam o impacto de uma usina de energia solar térmica concentrada (CSP) de 100 megawatts (MW) em Nevada, EUA. Os resultados indicaram um multiplicador de empregos de 2,9 durante a fase de construção (2004-2006), o que equivale a aproximadamente 817 empregos diretos e um total

de 2.387 empregos gerados anualmente. Para a fase seguinte, de operação e manutenção, projetou-se um impacto ainda maior, com um multiplicador exposto em 3,1.

Em paralelo, Bae e Dall’erba (2016), investigaram os impactos de uma usina solar no Arizona, EUA, ampliando a análise para incluir renda e produção. Ao comparar os multiplicadores econômicos gerados por uma planta na Califórnia com os potenciais efeitos de um projeto equivalente no Arizona, identificaram um multiplicador de produção de 1,08 no Arizona, inferior ao da Califórnia, com 80% dos empregos concentrados na fase de construção. O estudo concluiu que a instalação de fazendas solares no Arizona geraria menos renda e produção de trabalho do que na Califórnia, principalmente devido a diferenças estruturais na etapa de construção. Os trabalhos com matriz insumo-produto nos últimos anos têm utilizado a MIP inter-regional, dentre eles destacam-se Fu *et al.* (2017) e Nakano *et al.* (2018). No caso de Fu *et al.* (2017), os autores analisaram as mudanças industriais inter-regionais que reduziram a intensidade de carbono na China por meio de uma MIP inter-regional. O estudo argumenta que políticas industriais regionalizadas são mais eficazes do que políticas estritamente nacionais. Além disso, os pesquisadores defendem a diferenciação regional das metas de emissões de carbono para promover o crescimento econômico sustentável, com base em uma combinação de maior eficiência energética, expansão de fontes renováveis e avanços tecnológicos. Essa estratégia é particularmente relevante para as regiões Central e Ocidental da China, onde predominam indústrias pesadas e intensivas em carbono.

161

Já em relação ao trabalho de Nekano et al. (2018), a mesma metodologia foi aplicada ao contexto japonês com o objetivo de integrar setores de energia renovável à análise econômica. Além disso, os autores investigaram os efeitos da tarifa feed-in-tariff (FIT), mecanismo que estabelece preços fixos para energia renovável por meio de contratos de longo prazo, independentemente do consumo regional. Ao expandir a matriz nacional para um modelo inter-regional, foi possível identificar não apenas a interdependência entre os setores, mas também as dinâmicas regionais da economia japonesa durante a transição para fontes renováveis.

Neste sentido, os principais resultados indicam que mais da metade do potencial de energia renovável do Japão está concentrada na região Leste, onde essas fontes energéticas impulsionam a produção e a geração de empregos em maior escala do que a eletricidade convencional. Contudo, seu custo mais elevado ainda representa um obstáculo significativo à sua ampla adoção. O potencial da energia solar residencial é especialmente alto em áreas metropolitanas, revelando-se extremamente eficaz na redução das emissões de CO<sub>2</sub>. Além disso, a eliminação da tarifa FIT acarreta um aumento expressivo nos custos da energia solar devido aos efeitos inflacionários.



Em termos de literatura nacional que utilizam a mesma metodologia temos: Avelino e Guilhoto (2009), Montoya *et al.* (2015) e Oliveira, Gonçalves e Romero (2021). De acordo com Avelino e Guilhoto (2009), ambos calcularam o tempo necessário para compensar a poluição da construção da usina eólica através da matriz insumo-produto. A MIP, com foco ambiental, permite analisar as relações interindustriais e seus impactos no meio ambiente. Como a matriz energética do Brasil tem como principal componente as hidrelétricas, ocorre um baixo nível de poluição durante a construção.

Dessa maneira, foram desenvolvidas duas simulações para contabilizar o tempo, a primeira foi uma nova planta que substitui uma usina termoeétrica contra quatro cenários (carvão a vapor, gás natural, gasolina e diesel), os retornos foram baixos variando de 8 (carvão) dias até 13 dias (gás natural). Já na segunda simulação, realizou-se sem mudanças nas usinas atuais, adicionando a usina eólica à produção de eletricidade, isto é, apenas a geração de energia, com isso o efeito marginal para a redução foi baixo, implicando um *payback* de 124 dias.

Ainda a nível nacional, Montoya *et al.* (2015) avaliaram intersetorialmente a importância relativa do setor energético para o crescimento da economia brasileira por meio da matriz insumo-produto. Verificou-se que esse setor desempenha um papel estratégico, impulsionando o desenvolvimento de diversas áreas da economia e atuando como um fornecedor essencial e amplamente distribuído de insumos básicos.

O estudo de Oliveira, Gonçalves e Romero (2021) analisou os impactos econômicos da implementação de parques eólicos na costa sul do Rio Grande do Sul, utilizando a MIP regional. Os autores examinaram tanto os efeitos de curto prazo, associados a choques de demanda no setor energético, quanto os de longo prazo, relacionados aos impactos da geração de energia na tributação. No curto prazo, os choques de demanda resultaram em um incremento superior a R\$ 7 bilhões na produção da região e mais de dois mil empregos diretos e indiretos. Já no longo prazo, o funcionamento dos parques eólicos adicionou em torno de R\$ 27 milhões anuais em arrecadação de ICMS para os municípios da região.

Os estudos mencionados evidenciam a relevância dessa abordagem para mensurar os efeitos dos investimentos em energias renováveis, reforçando a importância do presente trabalho. Além de empregar uma metodologia aplicada especificamente a esse setor, este estudo se destaca por seu caráter inovador, ao utilizar, pela primeira vez, a matriz insumo-produto inter-regional para o Rio Grande do Sul, com o objetivo de quantificar os impactos econômicos da expansão da energia solar no estado.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### MATRIZ INSUMO E PRODUTO

A abordagem matriz insumo-produto consiste em um arcabouço analítico que mapeia as relações intersetoriais dos agentes que compõem o sistema econômico, sendo considerada uma ferramenta de planejamento econômico, disponível ao formulador de política pública. A partir desse instrumental, pode-se avaliar o impacto de políticas setoriais e seus efeitos sobre uma economia nacional e/ou regional (Miller; Blair, 2009).

As raízes primitivas da matriz de insumo-produto estão no trabalho feito por François Quesnay sobre o fluxo circular de renda e ao modelo de equilíbrio geral simplificado proposto por Walras. Posteriormente, o economista Leontief formulou o primeiro modelo de insumo-produto em seu artigo seminal em 1936, no qual desenvolveu uma nova possibilidade de análise sobre as relações intersetoriais na produção (Leontief, 1936). Com a iniciação da mensuração das contas nacionais em escala mundial, o modelo de produção de Leontief foi utilizado para a avaliação e planejamento de políticas públicas.

O modelo básico (produção) de Leontief é geralmente construído a partir de dados para uma região geográfica específica (nação, regional, mesorregião etc.). As informações presentes na matriz são os fluxos de cada setor econômico. Conforme Miller e Blair (2009), as linhas descrevem a distribuição da produção de um produtor em toda a economia (vendas) e as colunas a composição dos insumos exigidos por um determinado setor produzir um produto (compras).

Seguindo a formalização de Miller e Blair (2009), a matriz A representa a matriz dos coeficientes técnicos diretos, ou seja, fornece o impacto direto causado pelo aumento na demanda final. Por outro lado, a matriz B é a matriz dos coeficientes técnicos diretos e indiretos, mais conhecida como matriz inversa de Leontief do modelo aberto, examina os efeitos diretos e indiretos, portanto, o modelo avalia o impacto total que uma variação na demanda final causará na produção da economia, dado o aumento de uma unidade.

$$B = (I - A)^{-1} \quad (1)$$

Dessa maneira, através dos multiplicadores calculados na matriz inversa de Leontief (B), há a viabilidade de realizar análises no emprego, renda, produto, impostos, entre outros. Inclusive, encontram-se os índices de ligação para frente e para trás, que são capazes de identificar os setores chaves da economia. Seguindo a evolução dos estudos de matriz insumo-produto, existe a

possibilidade de analisar modelos regionais e inter-regionais.

A estrutura de produção regional pode diferir da matriz nacional, dessa forma, as aplicações regionais precisam levar em consideração a relação entre os coeficientes técnicos da tabela nacional e da matriz regional. Além disso, as matrizes regionais e/ou inter-regionais possuem às mesmas identidades contábeis de uma matriz nacional, existindo sempre um equilíbrio entre oferta e demanda agregada, porém as questões relacionadas ao comércio exterior e ao nível de governo são diferentes, com isso, surgem vetores de importações e exportações regionais e/ou inter-regionais.

Nesse sentido, Guilhoto (2011), representa a matriz regional com a estrutura padrão, com a diferença básica da discriminação da exportação para as outras regiões do país e a exportação para outros países. Portanto, complementando a matriz regional, na inter-regional, há uma troca de relações entre as regiões, exportações e importações, que são expressas através do fluxo de bens que se destinam tanto ao consumo intermediário como à demanda final.

## MODELO INTER-REGIONAL

O modelo inter-regional de insumo-produto, denominado de modelo Isard, por causa da aplicação de Isard (1951), requer uma grande massa de dados, reais ou estimados, principalmente quanto às informações sobre fluxos intersetoriais e inter-regionais. A figura abaixo apresenta as relações dentro de um sistema de insumo produto inter-regional:

**Figura 2-**Relações de Insumo-Produto em um sistema inter-regional

|             | Setores - Região L        | Setores - Região M        | L     | M     |               |
|-------------|---------------------------|---------------------------|-------|-------|---------------|
| Set. Reg. L | Insumos Intermediários LL | Insumos Intermediários LM | DF LL | DF LM | Prod. Total L |
| Set. Reg.M  | Insumos Intermediários ML | Insumos Intermediários MM | DF ML | DF MM | Prod. Total M |
|             | Imp.Resto Mundo (M)       | Imp. Resto Mundo (M)      | M     | M     | M             |
|             | Impostos. Ind. Liq. (IIL) | Impostos Ind. Liq. (IIL)  | IIL   | IIL   | IIL           |
|             | Valor Adicionado          | Valor Adicionado          |       |       |               |
|             | Prod. Total Região L      | Prod. Total Região M      |       |       |               |

Fonte: Adaptado de Guilhoto (2011).

De forma sintética, pode-se apresentar o modelo, a partir do exemplo hipotético dos fluxos intersetoriais e inter-regionais de bens para as regiões L e M, com 2 setores, assim, pode- se montar a matriz:

$$Z = \begin{bmatrix} Z^{LL} & Z^{LM} \\ Z^{ML} & Z^{MM} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Onde:  $Z^{LL}$  e  $Z^{MM}$  - matrizes dos fluxos monetários intrarregionais;  $Z^{LM}$  e  $Z^{ML}$  - matrizes dos fluxos monetários inter-regionais.

Com o uso da equação de Leontief (1986):

$$X_i = z_{i1} + z_{i2} + \dots + z_{in} + Y_i \quad (3)$$

Onde:  $X_i$  é o total da produção do setor i;  $z_{in}$  é o fluxo monetário do setor i para o setor n; e  $Y_i$  é a demanda final por produtos do setor i.

Aplica-se as matrizes dos fluxos monetários na equação acima:

$$X^L = \begin{matrix} & & & & & \\ & & & & & \\ & & & & & \\ & & & & & \\ & & & & & \\ & & & & & \end{matrix} \begin{matrix} z^{LL} & z^{LL} & z^{LM} & z^{LM} & Y^L \\ 1 & 11 & 12 & 11 & 12 & 1 \end{matrix} \quad (4)$$

Onde:  $X^L$  representa o total do bem 1 produzido na região L.

Considerando os coeficientes de insumo regional para L e M, tem-se os coeficientes intrarregionais:

$$a_{ij}^{LL} = \frac{z_{ij}^{LL}}{X_j^L} \Rightarrow z_{ij}^{LL} = a_{ij}^{LL} \times X_j^L \quad (5)$$

165

Onde, pode-se definir os  $a_{ij}^{LL}$  como coeficientes técnicos de produção, e que representam quanto, o setor j da região L, compra do setor i da região L. Logo, estes coeficientes podem ser substituídos na equação 4, obtendo:

$$X_1^L = a_{11}^{LL} \times X_1^L + a_{12}^{LL} \times X_2^L + a_{11}^{LM} \times X_1^M + a_{12}^{LM} \times X_2^M + Y_1^L \quad (6)$$

As produções para os demais setores são obtidas de forma similar. Isolando,  $Y_1^L$  e colocando em evidência,  $X_1^L$  tem-se:

$$(1 - a_{11}^{LL})X_1^L - a_{12}^{LL} \times X_2^L - a_{11}^{LM} \times X_1^M - a_{12}^{LM} \times X_2^M = Y_1^L \quad (7)$$

Saliente-se que esta mesma formulação valeria para as demais demandas finais. Portanto, de acordo com  $A^{LL} = Z^{LL}(\hat{X})^{-1}$ , constrói-se a matriz  $A^{LL}$  para os 2 setores.

$A^{LL}$ ,  $A^{LM}$ ,  $A^{ML}$ ,  $A^{MM}$  representam as matrizes dos coeficientes técnicos intrarregionais de

produção.

Conforme Guilhoto (2011), o sistema inter-regional completo de insumo-produto é representado por:

$$(I - A)X = Y \quad (9)$$

Efetua-se as operações de substituições, assim obtém-se os modelos básicos à análise inter-regional de Isard (1951), corresponde a:

$$\begin{aligned} (I - A^{LL})X^L - A^{LM}X^M &= Y^L \\ -A^{ML}X^L + (I - A^{MM})X^M &= Y^M \end{aligned} \quad (10)$$

Onde  $Y^L$  e  $Y^M$  correspondem à demanda final por produto de cada setor e  $X^M$  e  $X^L$  indica o total da produção dos setores  $L$  e  $M$ , já a  $I$  descreve a matriz identidade. Resultando no sistema de Leontief inter-regional da forma, o modelo abaixo é a descrição teórica do modelo inter-regional.

$$X = (I - A)^{-1}Y \quad (11)$$

## MÉTODOS DE ANÁLISE

A partir do modelo básico de Leontief (equação 3), pode-se mensurar o impacto que alterações na demanda final ( $Y$ ), ou nos componentes (consumo das famílias, gastos do governo, investimentos e exportações), teriam sobre a produção total, emprego, importações, impostos, salários, valor adicionado, entre outros, conforme Guilhoto (2011).

$$\begin{aligned} \Delta X &= (I - A)^{-1}\Delta Y \\ \Delta V &= \hat{v}\Delta X \end{aligned} \quad (12)$$

Sendo  $\Delta X$  e  $\Delta V$  vetores que representam, respectivamente, a estratégia setorial e os impactos sobre o volume da produção, enquanto que  $\Delta V$  é um vetor que retrata o impacto sobre qualquer uma das outras variáveis citadas acima. Tem-se  $\hat{v}$  como uma matriz diagonal em que os elementos são, os coeficientes de emprego, importações, impostos, salários, valor adicionado, entre outros, que são obtidos dividindo-se, para cada setor, o valor utilizado dessas variáveis na produção total pela produção total do setor correspondente, isto é:

$$v_i = \frac{V_i}{X_i} \quad (13)$$

A soma de todos os elementos dos vetores  $\Delta X$  e  $\Delta V$  é utilizada para saber o impacto sobre o volume total da produção, e de cada uma das variáveis que estão sendo analisadas. Cabe lembrar que, segundo Miller e Blair (2009), o modelo básico (produção) de Leontief é geralmente construído a partir de dados para uma região geográfica específica (nação, regional, mesorregião, etc.), buscando verificar impactos econômicos de modificações exógenas na economia (Miller; Blair,



2009). Com base nos coeficientes diretos e da matriz inversa de Leontief, é possível estimar, para cada setor da economia, o quanto é gerado direta e indiretamente de emprego, importações, impostos, salários, valor adicionado, etc. para cada unidade monetária produzida para a demanda final, isto é:

$$GV_j = \sum_{i=1}^n b_{ij}v_i \quad (14)$$

Onde:

$GV_j$  é o impacto total, direto e indireto, sobre a variável em questão;

$b_{ij}$  é o ij-ésimo elemento da matriz inversa de Leontief;

$v_i$  é o coeficiente direto da variável em questão.

A divisão dos geradores pelo respectivo coeficiente direto gera os multiplicadores, que indicam quanto é criado, direta e indiretamente da variável para cada unidade diretamente originada.

O multiplicador do i-ésimo setor seria dado por:

$$MV_i = \frac{GV_i}{v_i} \quad (15)$$

$MV_i$  representaria o multiplicador da variável em questão e as outras variáveis são definidas conforme feito anteriormente. Por sua vez, o multiplicador de produção que indica o quanto se produz para cada unidade monetária gasta no consumo final é definido como:

$$MP_j = \sum_{i=1}^n b_{ij} \quad (16)$$

Onde  $MP_j$  é o multiplicador de produção do j-ésimo setor. Ele corresponde à produção adicional gerada em toda a economia, decorrente de uma alteração na demanda final de um determinado setor. Em outras palavras, para cada 1 real em produção gerado diretamente na própria atividade, para atender uma alteração na demanda final, o multiplicador de produção mostra quantos reais em produção são gerados na economia como um todo. O multiplicador tipo I capta os efeitos diretos e indiretos, e o multiplicador tipo II capta os efeitos diretos, indiretos e induzidos, de modo que a diferença entre os dois multiplicadores corresponde ao efeito induzido pelo consumo das famílias endogenizado ao sistema. Analogamente, encontram-se os multiplicadores de empregos, salários, impostos e importações, os quais são considerados indicadores de desenvolvimento econômico.

Por outro lado, os coeficientes de geração são formados pela razão entre valores que possam ser comparados. Por exemplo, o coeficiente de geração de emprego é calculado:

$$C_i^e = \frac{e_i}{VBP_i} \quad (17)$$

Sendo:  $C_i^e$  é o coeficiente de emprego do setor  $i$ ;  $e_i$  é a quantidade de pessoal ocupado no setor  $i$ ; e  $VBP_i$  é o valor bruto da produção do setor  $i$ . A unidade do coeficiente de emprego é dada por empregos/reais.

No quesito da geração indireta de empregos, é obtido a partir da combinação dos elementos da matriz inversa de Leontief com o coeficiente de emprego de cada setor. O gerador de empregos diretos e indiretos é calculado da seguinte forma:

$$G^e = C^e(I - A)^{-1} \quad (18)$$

Onde:

$G^e$  é o vetor dos coeficientes de emprego direto e indireto;

$C^e$  é o dos coeficientes de emprego;  $(I - A)^{-1}$  é a matriz inversa de Leontief.

A análise da capacidade de geração de empregos pelo setor deve ser feita conjuntamente com a análise do efeito multiplicador de empregos, pois estas se complementam. A partir da equação 14, é possível construir um simulador que mensura como os choques de demanda afetam a demanda intermediária por setor. Tal simulador pode ser descrito matematicamente da seguinte forma:

$$SP_j = \sum_{i=1}^n b_{ij} \times choque_i \quad (19)$$

Onde,  $SP_j$  representa qual o impacto em cada setor de um determinado choque de demanda; principalmente, como o setor que recebe o choque reage direta e indiretamente à ampliação da energia solar no estado, no caso deste trabalho. Além disso, pode-se mensurar, em valores monetários, o impacto de choques em determinadas variáveis, partindo dos multiplicadores de produção, valor adicionado e emprego. No caso deste artigo, mensura-se, em valores monetários, como a produção de energia solar afeta a economia, por meio dos multiplicadores.

## DADOS

A base de dados utilizada para realizar o estudo foi a Matriz Inter-regional de Insumo-Produto para o Arranjo Populacional de Porto Alegre construída pelo Núcleo de Economia Regional e Urbana da USP – NEREUS em 2015. A matriz foi gerada a partir do método denominado *Interregional Input-Output Adjustment System* – IIOAS, baseado em Haddad *et al.* (2017). O IIOAS é um método híbrido que combina dados disponibilizados por agências oficiais como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, com técnicas não-censitárias para estimação de informações indisponíveis. As principais vantagens do IIOAS são sua consistência com as informações da matriz de insumo-produto nacional, e a flexibilidade de seu processo de regionalização que pode ser aplicado para qualquer país.

O conceito de arranjo populacional descrito pelo IBGE (2016), refere-se à ligação funcional entre dois ou mais municípios. Essa ligação ocorre pelo fluxo diário entre moradores que transitam entre esses municípios por questões de trabalho ou estudos (Haddad; Araújo; Perobelli, 2020).

Conforme Haddad, Araújo e Perobelli (2020), a estrutura territorial comum para todas as matrizes, iniciando pelo país, estado, arranjo populacional e, por último, o município a ser utilizado como base. Desta forma, é possível agregar do nível macro para micro o que atenua possíveis distorções nos dados utilizados, conforme o desenho ilustrado na Figura 3.

**Figura 3** - Hierarquia dos Arranjos Populacionais



Fonte: Adaptado de Haddad, Araújo e Perobelli (2020).

A construção da MIP é dividida em 4 regiões, são elas, a capital do estado (R1), resto do arranjo populacional da capital (R2), restante do estado (R3) e o restante do país (R4). Nesse presente trabalho, R1 corresponde ao município de Porto Alegre, R2 condiz ao resto do arranjo populacional de Porto Alegre, que engloba 11 municípios, Esteio, Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Sapucaia do Sul, Eldorado do Sul, Glorinha, Gravataí, Guaíba, Nova Santa Rita e Viamão, o R3 refere-se aos outros 485 municípios gaúchos e o R4 representa o restante do Brasil.

**Tabela 1**-Estrutura Setorial da Matriz de Insumo-Produto do Arranjo Populacional de Porto Alegre

| <i><b>Id</b></i> | <i><b>Descrição</b></i>  |
|------------------|--|
| 1                | Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura   |
| 2                | Indústrias extrativas  |
| 3                | Produtos alimentares   |
| 4                | Máquinas e equipamentos  |
| 5                | Outras indústrias de manufatura                                  |
| 6                | Eletricidade e gás   |
| 7                | Água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação |
| 8                | Construção   |
| 9                | Comércio; reparação de veículos automotores e motocicletas       |
| 10               | Transporte, armazenagem e correio                                |
| 11               | Alojamento e alimentação   |
| 12               | Informação e comunicação   |
| 13               | Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados       |
| 14               | Atividades imobiliárias  |
| 15               | Atividades científicas, profissionais e técnicas                 |
| 16               | Atividades administrativas e serviços complementares             |
| 17               | Administração pública, defesa e seguridade social                |
| 18               | Educação   |
| 19               | Saúde humana e serviços sociais                                  |
| 20               | Artes, cultura, esporte e recreação                              |
| 21               | Outras atividades de serviços                                    |
| 22               | Serviços domésticos  |

Fonte: Adaptado de Haddad Araújo e Perobelli (2020).

No tocante da estrutura setorial da matriz insumo-produto do Arranjo Populacional de Porto Alegre, apresentada na tabela 1, demonstra os 22 setores presentes na desagregação setorial comum com foco em atividades predominantes urbanas para estimar a matriz insumo-produto da capital gaúcha.

170

## CENÁRIOS E SIMULAÇÕES

Em 2012, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) instituiu a Resolução Normativa (RN) nº 482, que estabeleceu as condições para microgeração e minigeração distribuída, incluindo o sistema de compensação de energia. Essa resolução foi fundamental para impulsionar a energia solar no Brasil. Entretanto, em 2023, a ANEEL publicou a Resolução Normativa nº 1.059, que atualiza as regras para geração distribuída, mantendo os princípios de compensação energética, mas introduzindo ajustes tarifários e critérios técnicos mais alinhados à expansão sustentável do setor. Embora a RN 482/2012 tenha sido revogada, seu legado permanece relevante para análises históricas, enquanto a 1.059/2023 reflete o marco regulatório atual, incentivando investimentos com maior previsibilidade e segurança jurídica (ANEEL, 2023).

No ano de 2023, o Brasil atingiu a marca de 37,4 GW de potência instalada e ostenta a 6ª posição mundial em potência instalada de energia solar fotovoltaica (Absolar, 2024). Frente a isso, o

setor atraiu mais de R\$ 59,6 bilhões de novos investimentos, um crescimento de 49% em relação aos investimentos acumulados até o final de 2022 no País (Absolar, 2024). Os custos de instalação da energia solar são divididos em três partes: painéis fotovoltaicos, sistema de equilíbrio e a mão de obra. Os painéis fotovoltaicos correspondem aos módulos e os inversores. Já o sistema de equilíbrio (BoS) compreende os demais componentes, como: estrutura de fixação, cabeamento, fiação, monitoramento e controle e a ligação à rede. Segundo os dados da Greener e da Receita Federal, os módulos e os inversores são em sua maioria importados da China, Canadá, Alemanha, Áustria e EUA, eles representam 96,2% e 84,0% do mercado nacional, respectivamente. Esses componentes somados a estrutura de fixação corresponde a 27,8% do total de custos de instalação (Irena, 2020). Dessa maneira, o valor total investido no estado é reduzido nesta porcentagem, uma vez que esse montante não é alocado no estado.

Como já mencionado, o Rio Grande do Sul ocupa a terceira posição no ranking por estado da geração distribuída solar fotovoltaica (Absolar, 2024). Segundo dados da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (2024), esse tipo de energia está presente em todos os 497 municípios da região, com 293 mil sistemas instalados e em operação. Ainda, mais de 396 mil consumidores já usufruem de redução significativa nas contas de energia, com maior independência e estabilidade no abastecimento elétrico. Em Porto Alegre (R1), há 1624 unidades consumidoras, sendo o 3º município do estado em capacidade instalada com 16 MW, representando 2,9% do estado. Já o restante do arranjo populacional de Porto Alegre (R2) tem 3.838 unidades consumidoras, o que equivale a 6,7%. O resto do estado (R3) detém 51.551 unidades consumidoras, compondo os 90,4% restantes. Por fim, o restante do Brasil (R4) reúne 378.365 unidades consumidoras.

Apesar da queda histórica na produção energética nacional durante a pandemia de Covid-19, o estado gaúcho registrou crescimento de 46% na geração fotovoltaica em 2020. Esse avanço foi impulsionado pelo aumento nas tarifas das distribuidoras, que incentivou a adoção de energia solar como alternativa para reduzir custos no agronegócio e no comércio, mitigando impactos econômicos (Absolar, 2021).

Conforme ABSOLAR para o ano de 2021, o setor de energia solar no Rio Grande do Sul apresentaria dois cenários de expansão de curto prazo, desconsiderando as importações de equipamentos. No cenário otimista, seriam investidos R\$ 1.781,87 milhões, alcançando uma potência instalada de 1,24 GW, o que seria proporcional a um aumento de 0,59 GW em um ano. Por outro lado, em um cenário realista, ocorreria um crescimento de 40% para o ano, isto é, haveria um investimento de R\$ 791,94 milhões, avançando a uma potência instalada de 0,91 GW de energia



solar no solo gaúcho, acrescentando em 0,26 GW no período.

**Tabela 2**-Cenários para o crescimento da energia solar no Rio Grande do Sul<sup>1</sup>

| Cenário  | Expansão | Investimento | R1        | R2         | R3           | Potência Instalada |
|----------|----------|--------------|-----------|------------|--------------|--------------------|
| Realista | 40%      | R\$ 791,94   | R\$ 22,56 | R\$ 53,31  | R\$ 716,07   | 0,91 GW            |
| Otimista | 90%      | R\$ 1.781,87 | R\$ 50,76 | R\$ 119,95 | R\$ 1.611,16 | 1,24 GW            |

<sup>1</sup> em milhões de reais.

Fonte: Absolar. Elaborado pelos autores.

Conforme a tabela 2, os choques de investimento serão dados no setor energético e o investimento por região foi proporcional a porcentagem existente em cada região. No longo prazo, esses choques de investimentos reduzem os custos em energia elétrica devido à compensação de energia através da Resolução n.º 1.059, de modo que o *payback* varia em média de até 5 anos, assim, ao invés de pagar a conta de luz, o recurso é investido na economia. A redução pode chegar a 95% dos valores pagos anteriormente, apenas precisando pagar a taxa mínima da distribuidora. Além disso, há inúmeros benefícios ambientais, como baixa emissão de gases poluentes, redução da dependência de chuvas para a geração de energia e entre outros.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da MIP do Rio Grande do Sul, foram simulados efeitos de curto prazo (choques de investimentos). Os resultados de curto prazo dos choques de demanda no setor eletricidade e gás, oriundos dos cenários 1 e 2, geram em torno de R\$ 1.763,45 e R\$ 3.967,78 milhões na produção do país, respectivamente, conforme tabela 3. Além disso, o cenário realista resultou na criação de 4.644 empregos diretos e indiretos, enquanto o cenário otimista gerou 10.449 empregos. No multiplicadores de valor adicionado bruto (VAB), em ambos cenários, os choques proporcionaram um aumento de R\$ 628,85 milhões (realista) e R\$ 1.414,91 milhões (otimista), respectivamente.

**Tabela 3** - Resumo dos impactos econômicos nos cenários realista e otimista

| Cenário Realista |          |         |         |         |
|------------------|----------|---------|---------|---------|
| Região           | PRODUÇÃO | VAB     | IMPOSTO | EMPREGO |
| R1               | 40,56    | 17,20   | 0,15    | 136     |
| R2               | 115,89   | 37,05   | 0,42    | 265     |
| R3               | 1007,22  | 334,73  | 3,18    | 1683    |
| R4               | 599,79   | 239,87  | 4,22    | 2560    |
| Total            | 1763,45  | 628,85  | 7,97    | 4644    |
| Cenário Otimista |          |         |         |         |
| Região           | PRODUÇÃO | VAB     | IMPOSTO | EMPREGO |
| R1               | 91,25    | 38,69   | 0,35    | 307     |
| R2               | 260,75   | 83,37   | 0,94    | 596     |
| R3               | 2266,25  | 753,14  | 7,16    | 3786    |
| R4               | 1349,52  | 539,71  | 9,49    | 5760    |
| Total            | 3967,78  | 1414,91 | 17,93   | 10449   |

Fonte: Resultados da pesquisa. Elaboração dos autores.

Nota: os valores da produção, VAB e impostos estão em milhões de reais e o emprego em unidades.

Adicionalmente, o capital investido gera uma arrecadação de impostos de aproximadamente R\$ 7,97 e R\$ 17,93 milhões, com a maior parte desses recursos proveniente de outras regiões do país, ressaltando a integração do estado gaúcho com o restante do Brasil. Embora 90% do choque no setor energético ocorra na região 3 (R3) que, consequentemente, evidencia os maiores impactos, os investimentos não se restringem apenas a essa área. Um exemplo disso, pode ser destacado no valor adicionado bruto (VAB), no qual representa cerca de 53% do total gerado, e, mesmo sem investimentos diretos em outras regiões, estes também são impactados, evidenciando as relações intersetoriais e inter-regionais do Rio Grande do Sul. Nessa perspectiva, aproximadamente 55% dos empregos gerados ocorrem fora do estado, sobretudo nos setores de comércio e em outras indústrias de manufatura.

**Tabela 4-**Impacto setorial dos investimentos na energia solar em milhões de reais

| Setor  | Prod. Cenário Realista | Prod. Cenário Otimista | Participação |
|--|------------------------|------------------------|--------------|
| Eletricidade e gás   | 1225,76                | 2757,98                | 69,51%       |
| Outras indústrias de manufatura                                  | 131,78                 | 296,51                 | 7,47%        |
| Indústrias extrativas  | 68,01                  | 153,01                 | 3,86%        |
| Atividades científicas, profissionais e técnicas                 | 67,05                  | 150,87                 | 3,80%        |
| Transporte, armazenagem e correio                                | 52,67                  | 118,51                 | 2,99%        |
| Comércio; reparação de veículos automotores e motocicletas       | 45,99                  | 103,48                 | 2,61%        |
| Atividades financeiras, de seguros e serviços Relacionados       | 45,71                  | 102,86                 | 2,59%        |
| Máquinas e equipamentos  | 40,36                  | 90,80                  | 2,29%        |
| Atividades administrativas e serviços complementares             | 25,18                  | 56,65                  | 1,43%        |
| Informação e comunicação   | 22,91                  | 51,54                  | 1,30%        |
| Atividades imobiliárias  | 8,51                   | 19,15                  | 0,48%        |
| Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura   | 5,04                   | 11,34                  | 0,29%        |
| Administração pública, defesa e seguridade social                | 4,92                   | 11,06                  | 0,28%        |
| Outras atividades de serviços                                    | 3,93                   | 8,84                   | 0,22%        |
| Produtos alimentares   | 3,86                   | 8,68                   | 0,22%        |
| Alojamento e alimentação   | 3,80                   | 8,56                   | 0,22%        |
| Construção   | 2,91                   | 6,55                   | 0,17%        |
| Educação   | 2,20                   | 4,95                   | 0,12%        |
| Água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação | 2,06                   | 4,64                   | 0,12%        |
| Artes, cultura, esporte e recreação                              | 0,73                   | 1,65                   | 0,04%        |
| Saúde humana e serviços sociais                                  | 0,07                   | 0,16                   | 0,00%        |
| Serviços domésticos  | 0,00                   | 0,00                   | 0,00%        |
| Total  | 1225,76                | 2757,98                | 100,00%      |

Fonte: Resultados da pesquisa. Elaboração dos autores.

De acordo com Montoya *et al.* (2015), o setor energético destaca-se como o principal impulsionador do crescimento de diversos segmentos, atuando como um fornecedor abrangente e uniforme de insumos essenciais para grande parte da economia brasileira. Frente a isso, os resultados apresentados na Tabela 4 evidenciam que os setores de eletricidade e gás; outras indústrias de manufatura; indústrias extrativas; atividades científicas, profissionais e técnicas; transporte, armazenagem e correio; comércio e reparação de veículos automotores e motocicletas; atividades financeiras, de seguros e serviços correlatos, bem como o segmento de máquinas e equipamentos, são os que apresentam impactos relativamente mais expressivos em comparação aos demais setores.

Conforme a estrutura produtiva da MIP do RS (Haddad, Araújo e Perobelli, 2020), os multiplicadores de produção intra-regional e inter-regional por região mostram os setores mais relevantes para o nível de produção e sua correlação com outros setores da economia. Dessa maneira, as relações intersetoriais são diferentes para cada região, visto que o choque de investimento ocorre no setor energético, havendo os maiores multiplicadores de produção (cenário realista: R\$ 1,2 bilhões; cenário otimista: R\$ 2,7 bilhões), seguido pelos setores de outras indústrias de manufatura (cenário realista: R\$ 131,7 milhões; cenário otimista: R\$ 296,5 milhões) e indústrias extrativas (cenário realista: R\$ 68 milhões; cenário otimista: R\$ 153 milhões). O setor de outras indústrias de manufatura fornece insumos para a instalação dos painéis solares, e por esta razão, possui sua produção mais afetada pela ampliação das placas fotovoltaicas. Já o setor de indústrias extrativas inclui a extração do silício (Si), que é a principal matéria prima dos painéis fotovoltaicos no mundo, mais de 80%. O Brasil é um dos maiores produtores mundiais e cerca de 82% da produção nacional é voltada para a exportação (BNDES, 2014).

Segundo a tabela 5, na região 1 (R1), atividades científicas, profissionais e técnicas e atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados são os setores que completam o pódio de maiores impactados, ratificando os setores chaves da região ligados aos serviços, em virtude de a capital do estado ter sua vocação em atividades ligadas ao terceiro setor e a concentração da administração pública em todos os níveis. O setor de atividades científicas, profissionais e técnicas é afetado positivamente em Porto Alegre, por consequência do Núcleo de Tecnologia em Energia Solar, que é o único centro de P&D na América Latina projetado para desenvolver e caracterizar células solares e módulos fotovoltaicos em escala piloto. Entretanto nas outras regiões, o setor de outras indústrias de manufatura tem o segundo maior impacto, consolidando a importância de setores ligados à indústria de transformação. Completa-se o pódio, no R2 e R3, os setores de transporte, armazenagem e correio; e comércio, reparação de veículos automotores e motocicletas,

respectivamente. Abaixo observa-se os 9 setores com maiores impactos por região:

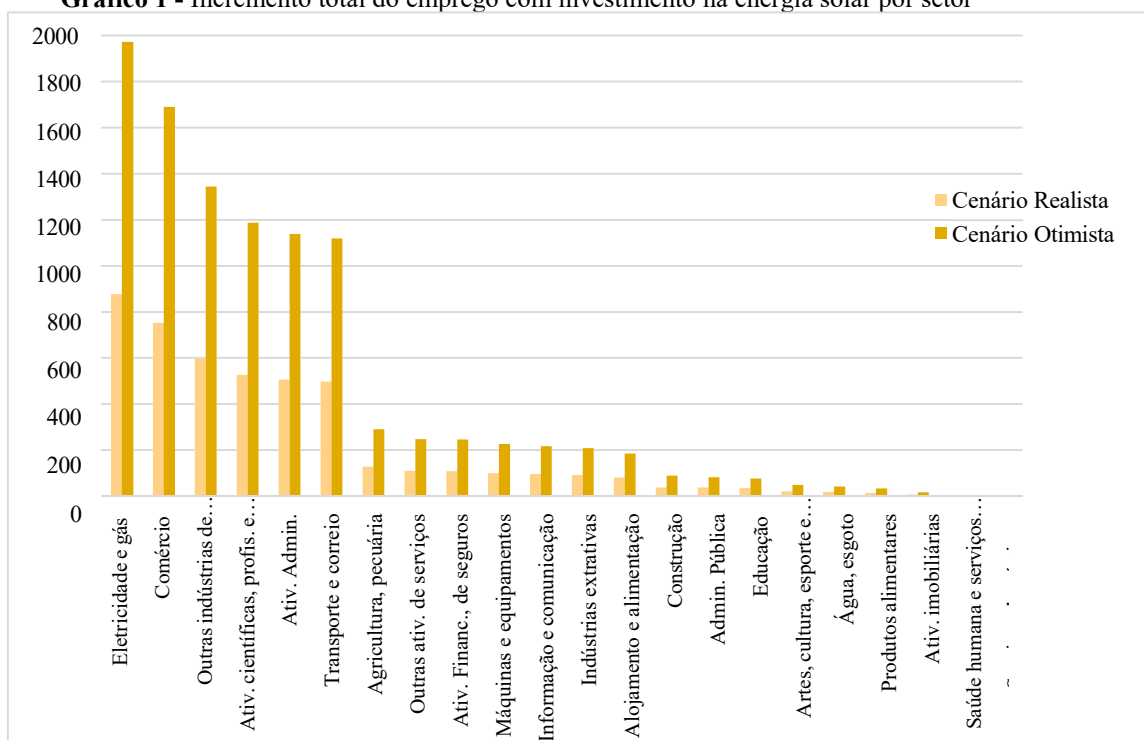
**Tabela 5** - Setores com maior produção através do investimento

| Setor  | Cenário Realista |       |       |        | Cenário Otimista |        |         |        |
|--|------------------|-------|-------|--------|------------------|--------|---------|--------|
|  | R1               | R2    | R3    | R4     | R1               | R2     | R3      | R4     |
| Atividades administrativas e serviços complementares       | 2,05             | 1,43  | 4,79  | 16,91  | 4,62             | 3,21   | 10,78   | 38,04  |
| Atividades científicas, profissionais e técnicas           | 4,11             | 3,14  | 15,41 | 44,40  | 9,24             | 7,07   | 34,67   | 99,89  |
| Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados | 2,45             | 1,02  | 14,87 | 27,37  | 5,52             | 2,30   | 33,47   | 61,57  |
| Comércio; reparação de veículos automotores e motocicletas | 1,30             | 2,97  | 16,82 | 24,90  | 2,93             | 6,68   | 37,85   | 56,03  |
| Eletricidade e gás   | 23,3             | 80,6  | 891,9 | 229,79 | 52,56            | 181,45 | 2006,94 | 517,03 |
| Indústrias extrativas                                      | 0,22             | 0,18  | 2,66  | 64,94  | 0,50             | 0,41   | 5,99    | 146,11 |
| Máquinas e equipamentos                                    | 0,81             | 3,82  | 9,11  | 26,60  | 1,83             | 8,60   | 20,51   | 59,86  |
| Outras indústrias de manufatura                            | 0,84             | 16,79 | 21,38 | 92,78  | 1,88             | 37,78  | 48,10   | 208,75 |
| Transporte, armazenagem e correio                          | 2,01             | 3,83  | 16,43 | 30,41  | 4,53             | 8,61   | 36,96   | 68,41  |

Fonte: Resultados da pesquisa. Elaboração dos autores.

A receita oriunda da implantação das placas fotovoltaicas impacta na geração de empregos, principalmente dos empregos verdes, que segundo a Organização Internacional do Trabalho (OIT), se caracteriza por ocupações que contribuem para a preservação ou restauração da qualidade do meio ambiente (OIT 2009). Os empregos gerados se dividem em 3 categorias. A primeira delas refere-se ao desenvolvimento tecnológico, e inclui P&D e fabricação de equipamentos. A segunda categoria refere-se a empregos na instalação, e inclui planejamento, gestão de projetos, transporte e construção em residências ou usinas. A terceira categoria é a de operação e manutenção (O&M), e inclui, além dos próprios serviços de O&M, a geração e distribuição de energia. Conforme demonstra o Gráfico 1, o setor com maior criação de emprego foi o setor de eletricidade e gás correspondendo em 18,88% das ocupações, com 877 (cenário realista) e 1973 (cenário otimista) empregos diretos e indiretos, seguido do comércio e outras indústrias de manufatura com 751 (cenário realista), 1690 (cenário otimista); 597 (cenário realista) e 1343 (cenário otimista) empregos no Brasil, respectivamente.

**Gráfico 1** - Incremento total do emprego com investimento na energia solar por setor



Fonte: Resultados da pesquisa. Elaboração dos autores.

Com base nos estudos de Huntington (2009) e Bae e Dall'erba (2016), a ampliação da energia solar contribui fortemente para a geração de empregos em comparação com as outras energias renováveis. Nesse sentido, no estado do Rio Grande do Sul, gera-se um total de 2084 (cenário realista) e 4689 (cenário otimista) de empregos diretos e indiretos. Em POA, os empregos criados giram em torno das atividades científicas e administrativas. Na região metropolitana, os setores do comércio e transporte geram as maiores ocupações, em virtude do transporte e comercialização das placas fotovoltaicas. Já no restante do solo gaúcho, em vista de ser o maior volume investido, o setor de eletricidade corresponde a mais de 41% das contratações da região.



**Tabela 6** - Incremento total do valor adicionado bruto por setor

| <b>Setor</b>   | <b>VAB Cenário Realista</b> | <b>VAB Cenário Otimista</b> | <b>Participação</b> |
|--|-----------------------------|-----------------------------|---------------------|
| Eletricidade e gás   | 385,15                      | 866,59                      | 61,25%              |
| Atividades científicas, profissionais e técnicas                 | 40,25                       | 90,56                       | 6,40%               |
| Outras indústrias de manufatura                                  | 31,96                       | 71,90                       | 5,08%               |
| Indústrias extrativas  | 29,00                       | 65,26                       | 4,61%               |
| Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados       | 28,86                       | 64,94                       | 4,59%               |
| Comércio; reparação de veículos automotores e motocicletas       | 28,65                       | 64,45                       | 4,56%               |
| Transporte, armazenagem e correio                                | 22,48                       | 50,58                       | 3,57%               |
| Atividades administrativas e serviços complementares             | 18,64                       | 41,95                       | 2,96%               |
| Informação e comunicação   | 11,62                       | 26,14                       | 1,85%               |
| Máquinas e equipamentos  | 8,93                        | 20,09                       | 1,42%               |
| Atividades imobiliárias  | 7,78                        | 17,51                       | 1,24%               |
| Administração pública, defesa e seguridade social                | 3,52                        | 7,91                        | 0,56%               |
| Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura   | 2,76                        | 6,22                        | 0,44%               |
| Outras atividades de serviços                                    | 1,94                        | 4,37                        | 0,31%               |
| Alojamento e alimentação   | 1,86                        | 4,18                        | 0,30%               |
| Educação   | 1,74                        | 3,92                        | 0,28%               |
| Construção   | 1,35                        | 3,03                        | 0,21%               |
| Água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação | 1,23                        | 2,76                        | 0,20%               |
| Produtos alimentares   | 0,67                        | 1,50                        | 0,11%               |
| Artes, cultura, esporte e recreação                              | 0,41                        | 0,93                        | 0,07%               |
| Saúde humana e serviços sociais                                  | 0,04                        | 0,10                        | 0,01%               |
| Serviços domésticos  | 0,00                        | 0,00                        | 0,00%               |
| <b>Total</b>   | <b>628,85</b>               | <b>1414,91</b>              | <b>100,00%</b>      |

Fonte: Resultados da pesquisa. Elaboração dos autores.

Outro impacto do choque pode ser observado no valor adicionado bruto (VAB). De acordo com a Tabela 6, os investimentos de R\$ 791,94 milhões e R\$ 1.781,87 milhões geram, respectivamente, valores adicionados de R\$ 628,85 milhões e R\$ 1.414,91 milhões. Com exceção do setor energético, que recebeu os investimentos, destacam-se os setores de atividades científicas, profissionais e técnicas; outras indústrias de manufatura; atividades financeiras, de seguros e serviços correlatos; comércio; reparação de veículos automotores e motocicletas; e transporte, armazenagem e correio, os quais apresentam maior relevância em termos de salários e lucros. Tais resultados evidenciam a propagação dos efeitos do setor para as demais cadeias produtivas.

No que se refere às regiões, na cidade de Porto Alegre (R1) o setor de eletricidade e gás responde por mais de 42,2% do VAB, enquanto a soma dos setores de atividades científicas, profissionais e técnicas; atividades financeiras, de seguros e serviços correlatos; e atividades administrativas e serviços complementares correspondem a 33,0% do VAB. Na Região Metropolitana

(R2) o setor de outras indústrias de manufatura se destaca, impulsionado em grande parte pela presença de multinacionais como a General Motors (GM) em Gravataí, que contribui com mais de 7,7% do VAB, embora o setor energético mantenha a maior participação, totalizando 67,6%. Por fim, na Região 3 (R3) o setor de eletricidade e gás é responsável por mais de 82,8% do VAB, enquanto o comércio e a reparação de veículos automotores e motocicletas constituem o segundo grupo mais expressivo, representando apenas 3,1% do total.

## CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi quantificar os efeitos econômicos da maior utilização da energia solar no estado Rio Grande do Sul. A contribuição fundamental foi fazer simulações de choques de investimento no setor energético, com base na Matriz Inter-regional de Insumo-Produto para o Arranjo Populacional de Porto Alegre. Os resultados dos choques de demanda no setor energético, oriundos dos investimentos em energia solar, geram em torno de R\$ 1,55 (cenário realista) e R\$ 3,49 (cenário otimista) bilhões na economia gaúcha, sendo no cenário 1, mais de R\$ 1,16 bilhões na produção e R\$ 0,39 bilhão de valor adicionado bruto, ainda somados a criação de 2084 empregos diretos e indiretos. Na perspectiva do cenário 2, mais de R\$ 2,62 bilhões na produção e R\$ 0,87 bilhão de VAB, além da geração de 4689 ocupações diretas e indiretas.

178

Cabe ressaltar que, as análises realizadas no trabalho possuem foco de curto prazo, período compreendido entre 1 a 5 anos (efetivação dos investimentos). Porém, a longo prazo, com a produção da energia solar surgem diversos outros benefícios, tais como, recuperação do investimento da instalação do sistema solar em cinco ou seis anos; o aumento da arrecadação municipal de impostos; incentivo a geração de uma cadeia produtiva de suprimentos de energias renováveis; oportunidade de renda com terras degradadas e difíceis aproveitamento para outros fins e a diversificação da matriz energética. Em relação aos efeitos de longo prazo no contexto ambiental, o investimento nas placas fotovoltaicas fornece energia sustentável e limpa com a baixa emissão de gases poluentes e ainda uma redução da dependência de chuvas para geração de energia, com a ampliação haverá a mitigação de cerca de 12% da emissão total proveniente da produção de energia elétrica no Brasil (Soliano Pereira *et al.*, 2015).

Nesse sentido, o Governo Federal, junto do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, fundamentado nos benefícios apresentados acima, definiu, através da Portaria MCTI Nº 6.998, de 10 de maio de 2023, que as energias renováveis, dentre elas a energia fotovoltaica, são prioridades nos projetos de pesquisa, desenvolvimento de tecnologias e inovações para o período de 2023 a 2030,

contribuindo para o equilíbrio entre o desenvolvimento econômico, social e a preservação ambiental, em consonância com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).

A partir dos resultados apresentados, é possível esboçar políticas públicas de planejamento voltadas ao estímulo de energias renováveis no RS, focando em medidas regionais que busquem estimular novos investimentos e novas tecnologias sustentáveis, principalmente fomentando a criação de uma cadeia produtiva solar nacional e/ou regional. Um aperfeiçoamento deste trabalho poderia incorporar a desagregação da energia solar do restante do setor energético com a atualização da matriz insumo-produto<sup>1</sup> para um período mais recente. Além disso, a construção de um modelo de equilíbrio geral econômico-ambiental poderia contribuir com análises de impactos ambientais relacionados a poluição do ar.

## REFERÊNCIAS

ABSOLAR. **Informações sobre Energia Solar**. Disponível em: <http://www.absolar.org.br/>. Acesso em: 23 abr. 2021.

ABSOLAR. **Energia solar avança e chega a quase 17% da matriz elétrica brasileira**. ABSOLAR - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica, [2024]. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticia/energia-solar-avanca-e-chega-a-quase-17-da-matriz-eletrica-brasileira/>. Acesso em: 21 fev. 2025.

ABSOLAR. **Rio Grande do Sul ultrapassa 2,6 gigawatts de potência de energia solar, diz ABSOLAR**. ABSOLAR - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica, [2024]. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticia/rio-grande-do-sul-ultrapassa-26-gigawatts-de-potencia-de-energia-solar-diz-absolar/>. Acesso em: 21 fev. 2025..

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Resolução Normativa n.º 482, de 17 de abril de 2012**. Acesso em: 23 abr. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Resolução Normativa n.º 482, de 17 de abril de 2012**. Disponível em: [http://mtc-m21b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21b/2017/08.15.18.20/doc/Atlas\\_Brasileiro\\_Energia\\_Solar\\_2a\\_Edicao\\_rev-01-compactado.pdf](http://mtc-m21b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21b/2017/08.15.18.20/doc/Atlas_Brasileiro_Energia_Solar_2a_Edicao_rev-01-compactado.pdf). Acesso em: 12 mar. 2021

AVELINO, A. F. T.; GUILHOTO, J. **Ecological Payback in National Energy Matrix: Analysis of Wind Energy Expansion**. Rochester, NY: Social Science Research Network, 13 jul. 2009. Disponível em: <https://papers.ssrn.com/abstract=1830407>. Acesso em: 18 nov. 2020.

BAE, J.; DALL'ERBA, S. The economic impact of a new solar power plant in Arizona: Comparing the input-output results generated by JEDI vs. IMPLAN. **Regional Science Policy & Practice**, v. 8,

---

<sup>1</sup> Cabe ressaltar que a última matriz insumo-produto nacional divulgada pelo IBGE é de 2015. Para maiores informações acessar o link: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9085-matriz-de-insumo-produto.html?=&t=resultados>

n. 1–2, p. 61–73, 2016.

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2020>. Acesso em: 18 nov. 2020.

BRASIL. **Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). Portaria MCTI nº 6.998, de 10 de maio de 2023.** [s.l.], 2023. Disponível em: [https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/legislacao/portarias/Portaria\\_MCTI\\_n\\_6998\\_de\\_10052023.html](https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/legislacao/portarias/Portaria_MCTI_n_6998_de_10052023.html). Acesso em: 21 fev. 2025.

CARVALHO, P.; MESQUITA, P.; ROCIO, M. **A rota metalúrgica de produção de silício grau solar: uma oportunidade para a indústria brasileira?**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 40, p. [205]-233, set. 2014. Disponível em: <http://pergamum/docs/000026/000026C0.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2021.

FU, X. *et al.* Actions on climate change, Intended Reducing carbon emissions in China via optimal industry shifts: Toward hi-tech industries, cleaner resources and higher carbon shares in less-develop regions. **Energy Policy**, v. 102, p. 616–638, 1 mar. 2017.

GREENER. **Estudo Estratégico Mercado Fotovoltaico de Geração Distribuída - 2o Semestre 2020. São Paulo.** Disponível em: <https://www.greener.com.br/estudo/estudo-estrategico-mercado-fotovoltaico-de-geracao-distribuida-2-semester-de-2020/>. Acesso em: 10 jul. 2021

GUILHOTO, J. **Análise de Insumo-Produto: Teoria e Fundamentos.** 2011.

180

HADDAD, E.; ARAÚJO, I.; PEROBELLI, F. **Estrutura das Matrizes de Insumo-Produto dos Arranjos Populacionais do Brasil, 2015** (Nota Técnica). São Paulo: Núcleo de Economia Regional e Urbana da Universidade de São Paulo (NEREUS/USP), 2015. Disponível em: <http://www.usp.br/nereus/?txtdiscussao=estrutura-das-matrizes-de-insumo-produto-dos-arranjos-populacionais-do-brasil-2015-nota-tecnica>. Acesso em: 21 fev. 2025.

HADDAD, E. A.; JÚNIOR, C. A. G.; NASCIMENTO, T. O. MATRIZ INTERESTADUAL DE INSUMO-PRODUTO PARA O BRASIL: UMA APLICAÇÃO DO MÉTODO IIOAS. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, v. 11, n. 4, p. 424–446, 2017.

HADDAD, E. A.; ARAÚJO, I. F.; PEROBELLI, F. S. **Matriz Inter-regional de Insumo-Produto para o Arranjo Populacional de Porto Alegre**, 2015. Núcleo de Economia Regional e Urbana da USP - NEREUS e Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas – FIPE, 2020.

HUNTINGTON, H. G. **Creating Jobs With ‘Green’ Power Sources By.** 2009

IRENA – International Renewable Energy Agency. Disponível em: <https://www.irena.org/>. Acesso em: 18 nov. 2020.

ISARD, W. Interregional and Regional Input-Output Analysis: A Model of a Space-Economy. **The Review of Economics and Statistics**, v. 33, n. 4, p. 318–328, 1951.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPECIAIS. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. Disponível em: [http://mtc-m21b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21b/2017/08.15.18.20/doc/Atlas\\_Brasileiro\\_Energia\\_Solar\\_2a\\_Edicao\\_rev-01-compactado.pdf](http://mtc-m21b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21b/2017/08.15.18.20/doc/Atlas_Brasileiro_Energia_Solar_2a_Edicao_rev-01-compactado.pdf). Acesso em: 12 mar. 2021

LEONTIEF, W. W. Quantitative Input and Output Relations in the Economic Systems of the United States. **The Review of Economics and Statistics**, v. 18, n. 3, p. 105–125, 1936.

LEONTIEF, W.; LEONTIEF, W. W. **Input-output Economics**. [s.l.] Oxford University Press, 1986.

MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. **Input-Output Analysis: Foundations and Extensions**. [s.l.] Cambridge University Press, 2009.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES. **Portaria MCTI nº 5.109, de 16 de agosto de 2021** - DOU - Imprensa Nacional. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou>. Acesso em: 17 ago. 2021.

MONTOYA, M. A. *et al.* As relações intersetoriais do setor energético na economia brasileira: uma abordagem insumo-produto. **Revista Teoria e Evidência Econômica**, v. 21, n. 44, 10 set. 2015.

NAKANO, S.; ARAI, S.; WASHIZU, A. Development and application of an inter-regional input-output table for analysis of a next generation energy system. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, p. 2834–2842, 1 fev. 2018.

OLIVEIRA, C.; GONÇALVES, R.; ROMERO, M. Impactos econômicos da energia eólica na costa sul do rs: uma abordagem tipo insumo produto. **Revista Econômica do Nordeste**, vol. 52, no 2, julho de 2021, p. 9–23, 2021.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO. **Empregos Verdes**. 20 de novembro de 2018, Disponível em: [http://www.ilo.org/lisbon/temas/WCMS\\_650825/lang--pt/index.htm](http://www.ilo.org/lisbon/temas/WCMS_650825/lang--pt/index.htm). Acesso em: 17 ago. 2021.

PEREIRA, E. B. *et al.* **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. p. 80, [s.d.]. 2017 PUCRS. Núcleo de Tecnologia em Energia Solar (NT-Solar) - Escola Politécnica. <https://www.pucrs.br/politecnica/nt-solar/>. Acesso em: 19 ago. 2021.

REIS, R. [R]Evolução energética a caminho do desenvolvimento limpo. p. 41, [s.d.]. 2013

SCHWER, R. K.; RIDDEL, M. **The potential economic impact of constructing and operating solar power generation facilities in Nevada**. [s.l.] EERE Publication and Product Library, 1 fev. 2004. Disponível em: <https://www.osti.gov/biblio/1216077>. Acesso em: 18 nov. 2020.

SOLIANO PEREIRA, O. *et al.* **Cenários para a matriz elétrica 2050: aportes ao debate energético nacional e ao planejamento participativo de longo prazo**. [s.l.: s.n.]. 2015

DOI Zenodo: 10.5281/zenodo.15126170

Recebido em: 24/04/2024

Aceito em: 25/03/2025



APÊNDICE

APÊNDICE A-Tabela dos resultados do Cenário Realista

| Região   | R1    |       |      |       | R2    |       |      |       | R3     |        |       |       | R4     |       |       |       |
|--|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| Setor  | PROD. | VAB   | IMP. | EMPR. | PROD. | VAB   | IMP. | EMPR. | PROD.  | VAB    | IMP.  | EMPR. | PROD.  | VAB   | IMP.  | EMPR. |
| Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura   | 0,00  | 0,00  | 0,00 | 0     | 0,03  | 0,02  | 0,00 | 1     | 1,17   | 0,69   | -0,01 | 16    | 3,84   | 2,05  | -0,09 | 112   |
| Indústrias extrativas  | 0,22  | 0,25  | 0,11 | 1     | 0,18  | 0,08  | 0,00 | 2     | 2,66   | 1,22   | 0,02  | 20    | 64,94  | 27,59 | 0,48  | 70    |
| Produtos alimentares   | 0,02  | 0,01  | 0,00 | 0     | 0,13  | 0,02  | 0,00 | 1     | 0,57   | 0,09   | 0,00  | 2     | 3,14   | 0,54  | 0,03  | 12    |
| Máquinas e equipamentos  | 0,81  | 0,41  | 0,18 | 2     | 3,82  | 0,78  | 0,03 | 8     | 9,11   | 2,04   | 0,05  | 25    | 26,60  | 5,93  | 0,21  | 66    |
| Outras indústrias de manufatura                                  | 0,84  | 0,55  | 0,25 | 3     | 16,79 | 2,85  | 0,06 | 44    | 21,38  | 5,99   | 0,14  | 125   | 92,78  | 22,86 | 0,62  | 425   |
| Eletricidade e gás   | 23,36 | 16,34 | 7,26 | 10    | 80,64 | 25,07 | 0,23 | 27    | 891,97 | 277,26 | 2,44  | 706   | 229,79 | 75,56 | 1,24  | 133   |
| Água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação | 0,05  | 0,06  | 0,03 | 0     | 0,13  | 0,07  | 0,00 | 2     | 0,31   | 0,18   | 0,00  | 3     | 1,58   | 0,95  | 0,02  | 13    |
| Construção   | 0,08  | 0,08  | 0,04 | 1     | 0,11  | 0,05  | 0,00 | 1     | 0,45   | 0,20   | 0,00  | 5     | 2,27   | 1,07  | 0,01  | 31    |
| Comércio; reparação de veículos automotores e motocicletas       | 1,30  | 1,82  | 0,81 | 16    | 2,97  | 1,85  | 0,02 | 53    | 16,82  | 10,47  | 0,14  | 251   | 24,90  | 15,51 | 0,22  | 431   |
| Transporte, armazenagem e correio                                | 2,01  | 1,63  | 0,73 | 13    | 3,83  | 1,50  | 0,01 | 45    | 16,43  | 6,50   | 0,05  | 156   | 30,41  | 13,75 | 0,18  | 283   |
| Alojamento e alimentação   | 0,21  | 0,23  | 0,10 | 4     | 0,15  | 0,07  | 0,00 | 4     | 1,07   | 0,51   | 0,00  | 22    | 2,37   | 1,18  | 0,02  | 52    |
| Informação e comunicação   | 1,73  | 2,19  | 0,97 | 9     | 0,49  | 0,28  | 0,00 | 3     | 4,43   | 2,23   | 0,04  | 22    | 16,26  | 8,14  | 0,36  | 62    |
| Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados       | 2,45  | 3,45  | 1,53 | 6     | 1,02  | 0,64  | 0,01 | 3     | 14,87  | 9,28   | 0,14  | 43    | 27,37  | 17,41 | 0,35  | 56    |
| Atividades imobiliárias  | 0,80  | 1,64  | 0,73 | 1     | 0,41  | 0,38  | 0,00 | 0     | 1,94   | 1,77   | 0,00  | 2     | 5,36   | 4,90  | 0,00  | 4     |
| Atividades científicas, profissionais e técnicas                 | 4,11  | 5,73  | 2,55 | 27    | 3,14  | 1,88  | 0,01 | 27    | 15,41  | 9,97   | 0,08  | 125   | 44,40  | 25,86 | 0,30  | 348   |
| Atividades administrativas e serviços complementares             | 2,05  | 3,61  | 1,60 | 35    | 1,43  | 1,12  | 0,02 | 30    | 4,79   | 3,73   | 0,07  | 100   | 16,91  | 12,19 | 0,24  | 341   |
| Administração pública, defesa e seguridade social                | 0,10  | 0,15  | 0,07 | 0     | 0,22  | 0,16  | 0,00 | 2     | 1,98   | 1,43   | 0,00  | 16    | 2,62   | 1,85  | 0,00  | 19    |
| Educação   | 0,13  | 0,22  | 0,10 | 1     | 0,14  | 0,11  | 0,00 | 2     | 0,66   | 0,52   | 0,00  | 10    | 1,28   | 1,02  | 0,01  | 20    |
| Saúde humana e serviços sociais                                  | 0,00  | 0,01  | 0,00 | 0     | 0,00  | 0,00  | 0,00 | 0     | 0,03   | 0,02   | 0,00  | 0     | 0,03   | 0,02  | 0,00  | 0     |
| Artes, cultura, esporte e recreação                              | 0,05  | 0,06  | 0,03 | 1     | 0,04  | 0,02  | 0,00 | 1     | 0,20   | 0,12   | 0,00  | 6     | 0,45   | 0,25  | 0,00  | 13    |
| Outras atividades de serviços                                    | 0,22  | 0,25  | 0,11 | 6     | 0,22  | 0,11  | 0,00 | 7     | 0,98   | 0,50   | 0,01  | 28    | 2,51   | 1,22  | 0,02  | 69    |
| Serviços domésticos  | 0,00  | 0,00  | 0,00 | 0     | 0,00  | 0,00  | 0,00 | 0     | 0,00   | 0,00   | 0,00  | 0     | 0,00   | 0,00  | 0,00  | 0     |

Fonte: Resultados da Pesquisa. Elaboração dos autores.

## APÊNDICE B -Tabela dos resultados do Cenário Otimista

| Região   | R1    |       |      |       | R2     |       |      |       | R3      |        |       |       | R4     |        |       |       |
|--|-------|-------|------|-------|--------|-------|------|-------|---------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|
| Setor  | PROD. | VAB   | IMP. | EMPR. | PROD   | VAB   | IMP. | EMPR. | PROD    | VAB    | IMP.  | EMPR. | PROD   | VAB    | IMP.  | EMPR. |
| Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura   | 0,00  | 0,00  | 0,00 | 0     | 0,06   | 0,04  | 0,00 | 1     | 2,64    | 1,56   | -0,03 | 36    | 8,64   | 4,62   | -0,19 | 252   |
| Indústrias extrativas  | 0,50  | 0,25  | 0,01 | 1     | 0,41   | 0,18  | 0,00 | 4     | 5,99    | 2,74   | 0,04  | 45    | 146,11 | 62,09  | 1,07  | 157   |
| Produtos alimentares   | 0,06  | 0,01  | 0,00 | 0     | 0,28   | 0,05  | 0,00 | 1     | 1,29    | 0,21   | 0,01  | 4     | 7,06   | 1,23   | 0,06  | 28    |
| Máquinas e equipamentos  | 1,83  | 0,41  | 0,01 | 4     | 8,60   | 1,76  | 0,07 | 19    | 20,51   | 4,59   | 0,10  | 55    | 59,86  | 13,33  | 0,47  | 147   |
| Outras indústrias de manufatura                                  | 1,88  | 0,55  | 0,01 | 7     | 37,78  | 6,42  | 0,13 | 99    | 48,10   | 13,48  | 0,32  | 280   | 208,75 | 51,44  | 1,39  | 957   |
| Eletricidade e gás   | 52,56 | 16,34 | 0,13 | 22    | 181,45 | 56,40 | 0,53 | 61    | 2006,94 | 623,83 | 5,50  | 1590  | 517,03 | 170,02 | 2,78  | 299   |
| Água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação | 0,11  | 0,06  | 0,00 | 1     | 0,29   | 0,17  | 0,00 | 4     | 0,70    | 0,40   | 0,01  | 7     | 3,55   | 2,13   | 0,04  | 29    |
| Construção   | 0,19  | 0,08  | 0,00 | 2     | 0,24   | 0,10  | 0,00 | 3     | 1,01    | 0,44   | 0,00  | 12    | 5,12   | 2,41   | 0,03  | 71    |
| Comércio; reparação de veículos automotores e motocicletas       | 2,93  | 1,82  | 0,02 | 36    | 6,68   | 4,16  | 0,05 | 120   | 37,85   | 23,57  | 0,30  | 564   | 56,03  | 34,90  | 0,50  | 970   |
| Transporte, armazenagem e correio                                | 4,53  | 1,63  | 0,01 | 30    | 8,61   | 3,36  | 0,03 | 101   | 36,96   | 14,63  | 0,12  | 351   | 68,41  | 30,95  | 0,40  | 637   |
| Alojamento e alimentação   | 0,48  | 0,23  | 0,00 | 8     | 0,34   | 0,16  | 0,00 | 8     | 2,40    | 1,14   | 0,01  | 50    | 5,33   | 2,65   | 0,04  | 117   |
| Informação e comunicação   | 3,90  | 2,19  | 0,02 | 20    | 1,11   | 0,62  | 0,01 | 7     | 9,96    | 5,01   | 0,09  | 50    | 36,58  | 18,32  | 0,82  | 139   |
| Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados       | 5,52  | 3,45  | 0,04 | 14    | 2,30   | 1,43  | 0,02 | 8     | 33,47   | 20,89  | 0,31  | 97    | 61,57  | 39,18  | 0,80  | 126   |
| Atividades imobiliárias  | 1,79  | 1,64  | 0,00 | 1     | 0,93   | 0,85  | 0,00 | 1     | 4,36    | 3,99   | 0,00  | 4     | 12,07  | 11,03  | 0,01  | 9     |
| Atividades científicas, profissionais e técnicas                 | 9,24  | 5,73  | 0,03 | 61    | 7,07   | 4,23  | 0,03 | 61    | 34,67   | 22,43  | 0,18  | 281   | 99,89  | 58,18  | 0,68  | 784   |
| Atividades administrativas e serviços complementares             | 4,62  | 3,61  | 0,05 | 79    | 3,21   | 2,52  | 0,05 | 68    | 10,78   | 8,40   | 0,17  | 224   | 38,04  | 27,43  | 0,53  | 767   |
| Administração pública, defesa e seguridade social                | 0,21  | 0,15  | 0,00 | 1     | 0,50   | 0,36  | 0,00 | 4     | 4,46    | 3,23   | 0,00  | 35    | 5,90   | 4,17   | 0,00  | 42    |
| Educação   | 0,28  | 0,22  | 0,00 | 3     | 0,31   | 0,25  | 0,00 | 5     | 1,48    | 1,17   | 0,01  | 22    | 2,87   | 2,29   | 0,02  | 46    |
| Saúde humana e serviços sociais                                  | 0,01  | 0,01  | 0,00 | 0     | 0,01   | 0,01  | 0,00 | 0     | 0,07    | 0,04   | 0,00  | 1     | 0,07   | 0,04   | 0,00  | 1     |
| Artes, cultura, esporte e recreação                              | 0,11  | 0,06  | 0,00 | 3     | 0,08   | 0,05  | 0,00 | 3     | 0,45    | 0,26   | 0,00  | 14    | 1,00   | 0,55   | 0,01  | 28    |
| Outras atividades de serviços                                    | 0,50  | 0,25  | 0,00 | 13    | 0,49   | 0,25  | 0,00 | 17    | 2,20    | 1,12   | 0,02  | 63    | 5,65   | 2,75   | 0,04  | 155   |
| Serviços domésticos  | 0,00  | 0,00  | 0,00 | 0     | 0,00   | 0,00  | 0,00 | 0     | 0,00    | 0,00   | 0,00  | 0     | 0,00   | 0,00   | 0,00  | 0     |

Fonte: Resultados da Pesquisa.