



DESASTRES NATURAIS

EM ARROIO DO
PADRE-RS:

COLEÇÃO DIAGNÓSTICOS DOS DESASTRES NATURAIS
NA METADE SUL DO RIO GRANDE DO SUL

Diuliana Leandro
Maurizio Silveira Quadro
Diovana da Silva Guterres
Larissa Aldrighi da Silva
Ottoni Marques Moura de Leon
Maiara Moraes Costa
Priscila Pedra Garcia
Samanta Tolentino Ceconello
Luana Nunes Centeno
Júlia Celestino Luçardo

Tainá Rhoden Schneider
Rafael Moreira
Everton Rodrigues Zirbes
Andréa Souza Castro
Larissa Medianeira Bolzan
Ana Beatriz Gonçalves Vaz
Paola Mulinari
Vinicius D'Avila Duarte
Mélory Maria Fernandes de Araujo


Atena
Editora
Ano 2023



DESASTRES NATURAIS

EM ARROIO DO
PADRE-RS:

COLEÇÃO DIAGNÓSTICOS DOS DESASTRES NATURAIS
NA METADE SUL DO RIO GRANDE DO SUL

Diuliana Leandro
Maurizio Silveira Quadro
Diovana da Silva Guterres
Larissa Aldrighi da Silva
Ottoni Marques Moura de Leon
Maiara Moraes Costa
Priscila Pedra Garcia
Samanta Tolentino Ceconello
Luana Nunes Centeno
Júlia Celestino Luçardo

Tainá Rhoden Schneider
Rafael Moreira
Everton Rodrigues Zirbes
Andréa Souza Castro
Larissa Medianeira Bolzan
Ana Beatriz Gonçalves Vaz
Paola Mulinari
Vinicius D'Avila Duarte
Mélory Maria Fernandes de Araujo


Atena
Editora
Ano 2023

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Nataly Evilin Gayde

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2023 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2023 Os autores

Copyright da edição © 2023 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena

Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo do texto e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí

Prof. Dr. Alexandre de Freitas Carneiro – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Profª Drª Ana Maria Aguiar Frias – Universidade de Évora

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

Prof. Dr. Antonio Carlos da Silva – Universidade de Coimbra

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
 Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
 Prof. Dr. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí
 Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
 Prof^ª Dr^ª Caroline Mari de Oliveira Galina – Universidade do Estado de Mato Grosso
 Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
 Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
 Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
 Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
 Prof^ª Dr^ª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
 Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
 Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
 Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
 Prof^ª Dr^ª Geuciane Felipe Guerim Fernandes – Universidade Estadual de Londrina
 Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
 Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná
 Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
 Prof. Dr. Jadilson Marinho da Silva – Secretaria de Educação de Pernambuco
 Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
 Prof. Dr. Jodeyson Islony de Lima Sobrinho – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
 Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México
 Prof^ª Dr^ª Juliana Abonizio – Universidade Federal de Mato Grosso
 Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
 Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
 Prof^ª Dr^ª Kátia Farias Antero – Faculdade Maurício de Nassau
 Prof^ª Dr^ª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal do Paraná
 Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
 Prof^ª Dr^ª Lucicleia Barreto Queiroz – Universidade Federal do Acre
 Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
 Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Universidade do Estado de Minas Gerais
 Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
 Prof^ª Dr^ª Marianne Sousa Barbosa – Universidade Federal de Campina Grande
 Prof^ª Dr^ª Marcela Mary José da Silva – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
 Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
 Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campina
 sProf^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
 Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso
 Prof. Dr. Pedro Henrique Máximo Pereira – Universidade Estadual de Goiás
 Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
 Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 aProf^ª Dr^ª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
 Prof^ª Dr^ª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
 Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
 Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
 Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
 Prof^ª Dr^ª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Federal da Bahia / Universidade de Coimbra
 Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
 Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Desastres naturais em Arroio do Padre-RS

Diagramação: Fernanda Jasinski
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

D441 Desastres naturais em Arroio do Padre-RS / Diuliana Leandro, Maurizio Silveira Quadro, Diovana da Silva Guterres, et al. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.

Outros autores

Larissa Aldrighi da Silva
 Ottoni Marques Moura de Leon
 Maiara Moraes Costa
 Priscila Pedra Garcia
 Samanta Tolentino Ceconello
 Luana Nunes Centeno
 Júlia Celestino Luçardo
 Tainá Rhoden Schneider
 Rafael Moreira
 Everton Rodrigues Zirbes
 Andréa Souza Castro
 Larissa Medianeira Bolzan
 Ana Beatriz Gonçalves Vaz
 Paola Mulinari
 Vinicius D'Avila Duarte
 Mélory Maria Fernandes de Araujo

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0927-4

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.274231204>

1. Catástrofes naturais - Arroio do Padre-RS. 2. Prevenção. I. Leandro, Diuliana. II. Quadro, Maurizio Silveira. III. Guterres, Diovana da Silva. IV. Título.

CDD 363.34098165

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná – Brasil
 Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao conteúdo publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que o texto publicado está completamente isento de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

O desenvolvimento desta obra assentou-se na cessão de informações técnicas da CREPDEC 4 – Pelotas. Neste ensejo, cabe agradecer ao Tenente Coronel Márcio André Facin e sua equipe, Major Vanessa Rodrigues Avila Wenitt, assim como ao 2.º Sargento, João Carlos Goulart Domingues, os quais reconhecem a necessidade de melhoria contínua no processo de preparação antecipada a eventos extremos, visando a respostas eficientes quando sucedidos.

A execução da obra também contou com auxílio da Fundação de Amparo à pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior — Brasil (CAPES) — Código de Financiamento 001, do CNPq, pelo subsídio e concessão de bolsas e, finalmente, da Universidade Federal de Pelotas.

O Laboratório de Geoprocessamento Aplicado a Estudos Ambientais (LGEA) constituiu-se ante o desígnio de suscitar benefícios sociais através dos conhecimentos produzidos na Universidade. Fundamenta-se, para tanto, na associação entre as demandas oriundas da comunidade e o conhecimento científico.

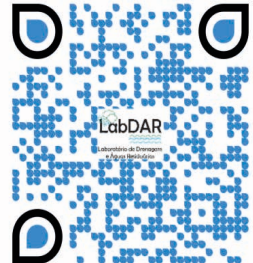
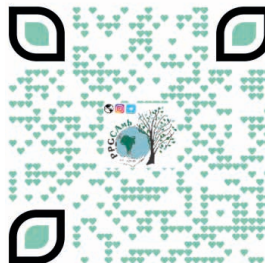
O LGEA busca promover apoio técnico — sobretudo às prefeituras de pequeno porte — em virtude de fatores ordinários, como restrição de recursos, dificuldades estruturais e insuficiência no quadro que, comumente, obstam a realização de análises complexas em municípios assim considerados. A atuação no laboratório, portanto, permite constatar e enfatizar a importância da Universidade Pública para promoção de cidadania ativa, exercício profissional e desenvolvimento humano.

O segundo livro da coleção intitulada DIAGNÓSTICO DOS DESASTRES NATURAIS NA METADE SUL DO RIO GRANDE DO SUL é uma obra baseada nos resultados e anseios do projeto Fortalecimento da Defesa Civil, nos municípios da Região Sul da Universidade Federal de Pelotas, coordenado pelo professor Dr. Maurizio Silveira Quadro e pela professora Dr^a Diuliana Leandro. Neste projeto de extensão, o grupo busca nortear a defesa civil municipal de Arroio do Padre no desenvolvimento de soluções eficazes para a melhora e respostas a eventos extremos e à cultura da resiliência a esses eventos.

Assim, as informações disponíveis nesta obra são uma forma de incentivar todos os envolvidos no processo: sociedade, voluntários e órgãos gestores de defesa civil, bem como aprimorar o conhecimento da região e desenvolver competências para soluções efetivas para tornar o município resiliente. Almeja-se, como resultado, melhores respostas a eventos extremos, amparadas por análises prévias de situações e apontamentos de toda a estrutura envolvida.

Esta é uma escrita coletiva, baseada na interdisciplinaridade e visões de mundo distintas, com o foco único de trazer sugestões e melhoras a eventos extremos. Estão diretamente envolvidos nessa iniciativa os laboratórios do Centro de Engenharias da Universidade Federal de Pelotas:

- Laboratório de Geoprocessamento aplicado a Estudos Ambientais – LGEA
- Laboratório de Análise de Águas e Efluentes
- Laboratório de Drenagem e Águas Residuárias - LabDAR



INTRODUÇÃO	1
DESASTRES NATURAIS	5
EVENTOS ADVERSOS NO MUNICÍPIO COM DECRETOS DE EMERGÊNCIA.....	16
EVENTOS ADVERSOS SIGNIFICATIVOS SEM DECRETOS DE EMERGÊNCIA.....	23
EVENTOS EXTREMOS E VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL.....	30
PLANEJAMENTO DE RISCOS	38
MAPEAMENTO DE ÁREAS SUSCETÍVEIS A EVENTOS ADVERSOS.....	63
PLANO DE CONTINGÊNCIA	105
REFERÊNCIAS	114
SOBRE OS AUTORES	133
ÍNDICE REMISSIVO	142

INTRODUÇÃO

Os desastres ocorridos em cidades brasileiras são decorrentes do processo de urbanização, exclusão social e desigualdade de serviços para a população mais vulnerável sociologicamente. Geralmente essa população busca por áreas mais propensas a riscos de deslizamentos e inundações, fazendo com que esses fatores sociais agravem os desastres ocorridos por causas naturais. Com isso, os governos locais têm a responsabilidade de implementação de políticas para tratar desses impactos.

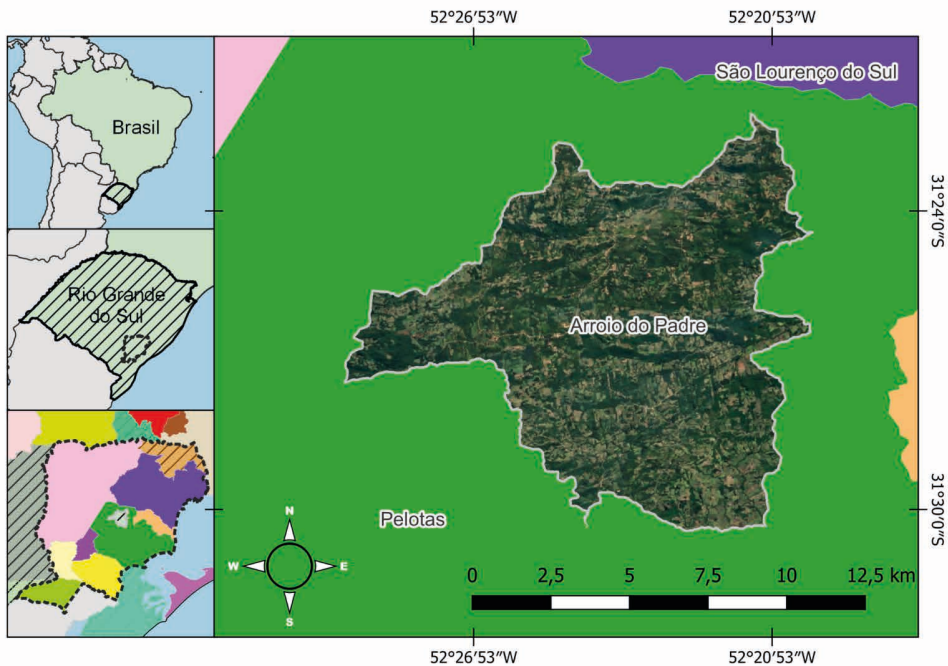
A capacidade de prevenção de desastres naturais está ligada a fatores políticos e institucionais, sendo deles a disponibilidade de recursos técnicos e financeiros dos municípios, como a elaboração do mapeamento de áreas de riscos para uma melhor qualidade de vida ou investimentos em obras voltadas para a prevenção ou redução de desastres nos municípios de maior risco.

Os custos para prevenção dos desastres são elevados e podem ultrapassar a verba dos municípios, fazendo com que precisem de apoio financeiro vindo do estado e do governo federal. Com isso, a Política Nacional de Prevenção e a Defesa Civil definiram diferentes papéis para cada federação, tanto para prevenção dos desastres quanto para o período pós-desastre, apresentando um sistema que visa a repassar recursos financeiros aos municípios.

A defesa civil brasileira está em fase de melhoramento, e ainda pode ser caracterizada como frágil, visto que possui poucos recursos financeiros, os quais são utilizados, principalmente, no período pós-desastre, em vez de serem aplicados em medidas de prevenção. Diante deste cenário, existe a necessidade de a Ciência indicar caminhos para potencializar o processo de consolidação e investigação das alterações exequíveis na estrutura da defesa civil, contribuindo para ampliar a capacidade de preposição e ampliação de políticas de prevenção de desastres naturais e para uma melhor qualidade de vida dos municípios, tendo essa obra enfoque no município de Arroio do Padre.

Arroio do Padre é um município pertencente à mesorregião sudeste-rio-grandense e à microrregião de Pelotas, possui sua história ligada à migração pomerana, sendo emancipado no ano de 1996 (BEIERSDORF, 2013); estende-se por 124,3 km² (IBGE, 2021). Segundo o censo realizado pelo IBGE (2010), o município possui 2731 habitantes, em relação à densidade demográfica de 21,96 hab/km². O IBGE (2020) estima que na atualidade o Município possua 2951 habitantes, sendo que a população urbana corresponde a aproximadamente 491 habitantes (SNIS, 2022).

Arroio do Padre está entremeadado nos limites do município de Pelotas (Figura 1), do qual foi emancipado em 16 de abril de 1996, através da Lei n.º 10.738. Os outros municípios próximos ao seu território são São Lourenço do Sul, Turuçu e Canguçu.



Mapa de Localização de Arroio do Padre

Municípios

- Amaral Ferrador
- Arambaré
- Arroio do Padre
- Arroio Grande
- Camaquã
- Canguçu
- Capão do Leão
- Cerrito
- Chувиска
- Cristal
- Dom Feliciano
- Encruzilhada do Sul

- Herval
- Morro Redondo
- Pedro Osório
- Pelotas
- Piratini
- Rio Grande
- Santana da Boa Vista
- São José do Norte
- São Lourenço do Sul
- Turuçu
- Microrregião de Pelotas
- Rio Grande do Sul
- Brasil

Sistema de Referência: SIRGAS 2000

Fonte de Dados:

. IBGE (2021);

. Google Satellite.



Figura 1: Mapa de localização do município de Arroio do Padre.

A história do município está diretamente ligada à colonização pomerana, como exposto por SALAMONI: “A chegada dos imigrantes de origem pomerana ao sul da Província do Rio Grande do Sul esteve atrelada à colonização na chamada Serra dos Tapes, localizada no interior dos atuais municípios de São Lourenço do Sul e Pelotas” (SALOMANI, 2021, p. 4).

As referidas terras, destinadas à colonização alemã, eram terras de difícil cultivo, em localidades de difícil acesso, trazendo, assim, alguma austeridade para a sobrevivência e adaptação à nova localidade desses imigrantes. Salomoni (2021) discorre sobre o fato de os pomeranos terem enfrentado dificuldades em seu país de origem, migrar em busca de uma vida mais fácil e encontrarem adversidades na nova localidade por conta da topografia local, em função de que a área destinada à colonização era coberta de mata

virgem e dispunha de poucos recursos, acarretando problemas de adaptação às famílias que ocuparam a área.

Segundo informações do site da prefeitura de Arroio do Padre (2021), o município possui, como principal fonte de renda, a plantação de fumo. Também são significativos, na região, o espaço destinado à plantação de hortaliças, soja, milho, produção de leite e criação de frango. O município incentiva a produção de frutas, principalmente o caqui e a maçã, sendo que no mês de abril acontece a maior festividade do município, denominada Festa do Caqui e da Maçã. Destacam-se, para mais, as belezas naturais constantes no município, as quais fomentam o ecoturismo.

Em termos de renda, segundo os dados apresentados pelo IBGE (2022), o salário mensal dos trabalhadores formais encontra-se em 2,0 salários mínimos. No ano de 2018, detectou-se que 11,5% da população exercia atividade formal. A última pesquisa que levantou dados sobre a totalidade do rendimento financeiro mensal populacional foi realizada em 2010, onde se detectou que 42,9% da população possuía um rendimento per capita mensal de até ½ salário mínimo. O último cálculo de IDH publicado pelo IBGE data de 2010, onde o índice de desenvolvimento humano foi de 0,669, sendo que o PIB per capita para o ano de 2019 foi de R\$ 19.334,11 (IBGE, 2022).

O município divide-se em seis bairros, a saber: Progresso, Centro, Benjamin Constant, Leitzke, Brasil para Cristo e Cerrito (Figura 2). Porém, consoante a Lei Complementar n.º 6/2006, a zona urbana subdivide-se em cinco núcleos urbanos com características distintas: a zona rural, a seu turno, subdivide-se em quinze localidades, quais sejam: Arroio do Padre II, Santa Coleta, Morro do Inferno, Colônia Sítio, Corredor Ramires, Arroio do Padre I, Corredor da Mutuca, Picada Chaves, Colônia Sítio, Santa Silvana II, Colônia Progresso, Colônia Aliança, Colônia Oliveira, Colônia Bismark e Colônia Municipal.

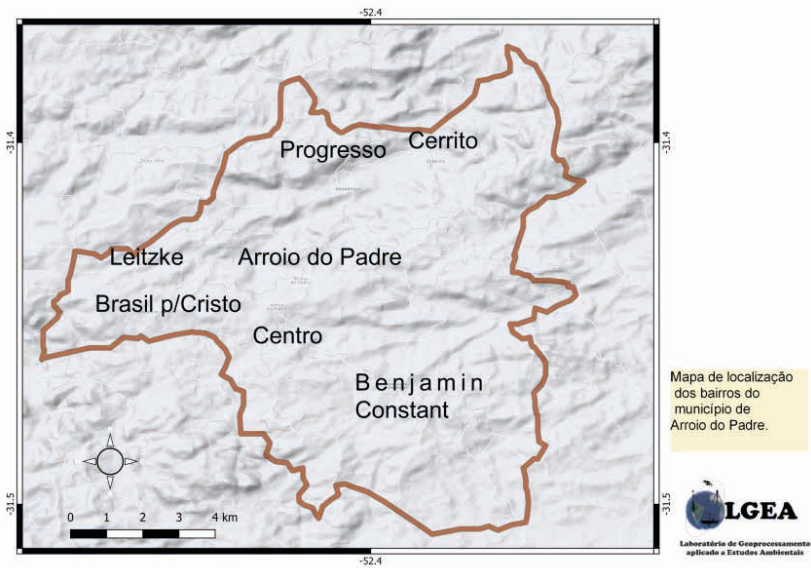


Figura 2: Mapa de localização dos bairros do município de Arroio do Padre, Leon (2021).

DESASTRES NATURAIS

Neste capítulo são apresentados os conceitos principais voltados a desastres, bem como um panorama da temática, para compreensão da importância da discussão no âmbito municipal.

Os desastres naturais podem ser conceituados como um conjunto de fenômenos que pertencem à dinâmica terrestre, ou seja, fazem parte da natureza do planeta Terra. Quando eles ocorrem, acarretam consequências devastadoras para o ser humano, independentemente de quão é avançada a tecnologia da área, visto que grande quantidade deles acontece de forma imprevisível.

É sabido que esses fenômenos ocorrem pelo fato de haver alterações nos ciclos do planeta, mas, atualmente, a frequência das ocorrências está mudando de maneira significativa, o que permite ponderar sobre a correlação entre os dados estatísticos referentes aos estudos sobre o meio ambiente e a temática desastres. Segundo relatório da ONU (2020), entre os anos de 2000 a 2019 houve um aumento de aproximadamente 74,6% no número de desastres reportados em comparação com os anos de 1980 a 1999, desastres esses que afetaram, de alguma maneira, a vida de mais de 4 bilhões de pessoas, causando prejuízos de quase 3 trilhões de dólares. A imagem a seguir faz uma comparação entre o número de desastres naturais reportados nos períodos de 1980 – 1999 e 2000–2019, mostrando que no primeiro momento foram registrados 4.212 desastres, acarretando 1,19 milhões de mortes, 3,25 bilhões de pessoas afetadas e prejuízos de 1,63 trilhões de dólares. No período de 2000–2019 foram reportados 7.348 desastres, com 1,23 milhões de vidas perdidas, com um total de 4,03 bilhões de pessoas afetadas e prejuízos de 2,97 trilhões de dólares. Nota-se o aumento da frequência dos desastres ao longo do tempo.



Figura 3: o custo humano dos desastres: uma visão geral dos últimos 20 anos (2000-2019).

Fonte: Adaptado de UNDRR. The human cost of disasters: an overview of the last 20 years (2000-2019), (2020, p. 6).

Mami Mizutori, representante da Secretaria Geral de Redução de Desastres da ONU (UNDDR), salienta que as nações ricas pouco fizeram para reduzir as emissões associadas a ameaças climáticas responsáveis pela maior parte desses eventos. Cumpre mencionar que as agências de gestão de desastres conseguiram salvar muitas vidas, com uma melhor preparação associada à dedicação de funcionários voluntários, em que pesem as probabilidades permaneçam adversas, devido a nações industrializadas que, particularmente, estão falhando miseravelmente na redução das emissões de gases de efeito estufa (MIZUTORI, 2020).

No período de 2000 a 2019 ocorreram 7.348 grandes desastres registrados, ceifando 1,23 milhão de vidas (UNDRR, 2020). Muitos desses desastres ocorreram devido à Terra estar cada vez mais exposta aos efeitos do aquecimento global pelos gases estufa, resultado — principalmente — da queima dos combustíveis fósseis, os quais acarretam o desequilíbrio da natureza. Em relatório, a Organização Meteorológica Mundial, OMM (2019), entidade ligada à ONU, mostrou que a concentração dos gases de efeito estufa bateu recorde no ano de 2018, deixando a concentração de (CO₂) 147% maior do que o pré-industrial. Vale ressaltar que a última vez que se teve valores comparáveis foi entre 3 e 5 milhões de anos atrás, época em que a temperatura da Terra era de 2 a 3°C mais quente e o nível do mar entre 10 e 20 metros superior ao atual (TAALAS, 2019).

Aos seres humanos, os impactos causados por um desastre natural vão muito além do próprio desastre em si, visto que o fenômeno gera prejuízos em diversas faces da sociedade, em âmbitos sociais e econômicos, por exemplo. No que se refere ao ponto de vista da natureza, as tragédias naturais são de suma importância para a renovação dos ecossistemas, contribuindo para a formação de relevos, abastecimento de bacias hidrográficas, entre outros benefícios. Frisa-se, também, que alguns desastres interferem na saúde dos ecossistemas negativamente, pois muitos deles destroem habitats naturais de inúmeras espécies, tanto da fauna quanto da flora, e acabam por prejudicar a sua permanência e reprodução nas áreas atingidas.

De acordo com o IPCC (2001 e 2007), os desastres naturais são resultados da combinação de fatores importantes para a saúde coletiva: 1) a ocorrência de uma ameaça natural; 2) uma população exposta; 3) as condições de vulnerabilidade social e ambiental da população; 4) insuficientes capacidades ou medidas para reduzir os potenciais riscos e os danos à saúde da população. Esses eventos envolvem, simultaneamente, processos naturais e sociais, que impactam a sociedade a partir do padrão de interação entre os eventos de origem natural e a organização social (FREITAS *et al.*, 2014).

“Desde o fim da Segunda Guerra Mundial milhares de desastres afetaram a vida de milhões de pessoas pelo mundo causando muitos danos humanos e severas perdas econômicas, e isso contribuiu para o aumento na conscientização da comunidade internacional de que os desastres se tornaram um dos maiores desafios para a saúde pública. Mais recentemente o furacão Katrina, que atingiu a cidade norte-americana de Nova Orleans, no

estado da Louisiana, em 2005, provocou o deslocamento de aproximadamente 18.000 e a morte de cerca de 1.500 pessoas, tornando-se o mais grave furacão da história dos Estados Unidos. A cidade se situa abaixo do nível do mar e a força da tempestade provocou o rompimento dos antigos diques que a protegiam, causando uma inundação de grandes proporções. Este evento levou o sistema de resposta a emergências ao colapso, nos diferentes níveis de jurisdição – do local ao nacional – daquele país, revelando severas falhas na capacidade governamental de atuar em resposta a desastres dessa magnitude. No Brasil, o evento conhecido como furacão Catarina atingiu a costa sul do país nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul nos dias 27 e 28 de março de 2004 com ventos entre 120 e 150 km/h. De acordo com dados disponibilizados pelo Centro de Operações da Defesa Civil do Estado de Santa Catarina, mais de 30.000 pessoas foram atingidas, entre desabrigados, desalojados, deslocados, feridos, mortos e desaparecidos. Além dos danos ambientais, prejuízos materiais e econômicos que ultrapassaram o montante de R\$ 100 milhões foram contabilizados, este desastre se caracterizou por ter sido excepcional e inédito, em termos de intensidade e de danos nunca antes registrados na região do Atlântico Sul e especialmente no Brasil (SOBRAL *et al.*, 2010). No dia 12 de Janeiro de 2010, um terremoto de 7.0 na escala Richter atingiu o Haiti, o país mais pobre das Américas. O terremoto teve seu epicentro em Léogâne e se expandiu por quase toda a extensão norte-sul do país, atingindo inclusive a capital, Porto Príncipe. O desastre causou grande destruição, com mais de 250 mil residências e 30 mil prédios comerciais arruinados, deixando mais de 1 milhão de desabrigados (STEINMAN *et al.*, 2011)” (SOBRAL *et al.*, 2010, p. 390).

Em nosso país, entre todos os tipos de desastres naturais, as inundações têm um percentual significativo de ocorrências, sendo as principais responsáveis por perdas de vida, danos socioambientais e econômicos. Gontijo (2007) define as enchentes como fenômenos temporários que correspondem à ocorrência de vazões elevadas num curso de água, com eventual inundação dos seus terrenos marginais. Segundo o Atlas Brasileiro de Desastres (2013), no Rio Grande do Sul, quase a metade do total de municípios, 42%, foi afetada, pelo menos uma vez, por inundações durante o período analisado, de 1991 a 2012.

As inundações são fenômenos naturais resultados do ciclo hidrológico e fornecem excesso de fertilizantes e sedimentos às planícies, atuando como agentes modificadores da paisagem, trazendo, assim, benefícios à sociedade. No entanto, muitas vezes, as águas da inundação e áreas próximas aos rios causam prejuízos e, conseqüentemente, caracterizam-se como desastre natural. A defesa civil classifica as inundações em função da magnitude (excepcionais, de grande magnitude, normais ou regulares e de pequena magnitude) e em função do padrão evolutivo (inundações graduais, inundações bruscas, alagamentos e inundações litorâneas), segundo o pesquisador Luiz Coimbra de Castro (2011). Apesar da diferenciação, a maioria das situações de emergência ou estado de calamidade pública é causada pelas inundações graduais e bruscas. De acordo com Castro, as inundações graduais ocorrem quando a água eleva-se de forma lenta e previsível, mantém-se em situação de cheia durante algum tempo e, a seguir, escoar gradualmente.

Conforme acontece em todo o mundo, no Brasil a incidência de desastres naturais vem aumentando significativamente em todas as regiões do país. A seca que castiga o Nordeste e partes da região Norte, juntamente aos fenômenos naturais, como o El Niño ou La Niña, intensifica eventos de tempestade em diversas regiões, causando tragédias, mortes e catástrofes. Para a ONU (2020), a mudança climática é a principal responsável pela duplicação dos desastres naturais do mundo nos últimos 20 anos. Enquanto as regiões Nordeste e Norte sofrem com a escassez de água, as regiões Sudeste e Sul sofrem com o aumento das chuvas, que proporcionam, por exemplo, enchentes e movimentos de massa, que colocam em risco a vida das pessoas e ameaçam a economia, pois chuvas torrenciais, aliadas com fortes ventos e granizo, comprometem plantações e safras, gerando, como efeito, enormes prejuízos financeiros.

O desastre caracteriza-se pelo resultado de eventos adversos — naturais ou provocados por ações antrópicas — sobre um ecossistema vulnerável, culminando danos humanos, materiais e ambientais, assim como prejuízos econômicos e sociais (SOBRAL *et al.*, 2010). Pode ser entendido, então, como a combinação entre um evento e um sistema receptor vulnerável, ou seja, pouco capaz de lidar com a situação adversa; a vulnerabilidade, portanto, refere-se às condições dos ecossistemas e amplia-se conforme as conjunturas socioeconômicas da população do território atingido pelo fenômeno.

IMPORTÂNCIA DA CIDADE SE TORNAR RESILIENTE

O interesse antrópico na utilização de recursos para o desenvolvimento econômico e ocupações territoriais reflete em impactos sobre o meio ambiente (ACSELRAD, 2009). Essa busca consome recursos e poder de reestruturação do meio ambiente (LIMA; LOPES; FAÇANHA, 2019). Tamanho interesse encontra-se mais evidente em centros urbanos que, por sua vez, possuem maiores exigências sobre o meio físico devido à ocupação territorial (RODRIGUEZ; SILVA, 2013).

As cidades ao redor do mundo estão se tornando foco para implementação de planejamentos com diversas estratégias, objetivando erradicar a pobreza e a fome. Segundo dados de projeção do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística — IBGE, 84,7% da população residente brasileira possui domicílio em áreas urbanas, ao passo que no estado do Rio Grande do Sul esse valor alcança a marca de 85% (IBGE, 2015). Os municípios apresentam cenários complexos no que tange ao crescimento populacional, enfrentando, dessa forma, problemas como desemprego, vulnerabilidade na prestação de serviços básicos, falta de planejamento e gestão de resíduos, entre outros problemas (LIMA; LOPES; FAÇANHA, 2019).

Consoante observado, a maior parcela populacional do Brasil e do estado do Rio Grande do Sul possui moradia em área urbana, o que não desconfigura a responsabilidade da gestão pública quanto à área rural, bem como não desqualifica a importância dessa parcela excedente ao recorte urbanizado. O planejamento voltado ao setor rural, desafio para gestores públicos e moradores, decorre através da dependência de recursos naturais, variação do mercado e clima, desenvolvimento e escoamento de produção (VILCKAS, 2004). Obras de infraestruturas, também, estão presentes neste meio, como as estradas que, por vezes, apresentam problemas quanto a drenagem, erosão e perda de material, persistindo por longos períodos devido à falta de manutenção (MATOS *et al.*, 2019).

A compreensão das características da comunidade rural possibilita conhecimento acerca da relação dessa comunidade com a sociedade em geral (GOMES *et al.*, 2018), auxiliando a gestão de riscos quanto à ocorrência de eventos climáticos que causam desastres naturais. Essa gestão pode ser otimizada por uma maior atenção às demandas presentes na zona rural, como a qualidade de vias de acesso nas estradas rurais. A melhoria dessas obras de infraestrutura pública possuem a capacidade de atenuar impactos negativos oriundos de desastres (TRAN; VU, 2019), uma vez que melhora o processo de mobilidade social e escoamento de produção (QIU *et al.*, 2018). A exemplo, em julho de 2022, no município de Santana da Boa Vista, estado do Rio Grande do Sul, ocorreu um evento de precipitação de 140 mm em 24 horas (Figura XXa), bloqueando a locomoção dos moradores da região (Figura XXb) e causando dano às vias de acesso à região (Figura XXc).



Figura 04: Registro de impacto da precipitação na área rural.

A situação em comento retrata a necessidade de planejamento voltado à ocorrência de eventos climáticos na zona rural, relacionados aos grandes volumes de precipitação. Há, por outro lado, eventos climáticos que causam impactos pela falta de precipitação, seja estiagem ou seca. Independente de qual seja o evento, todos estão relacionados à necessidade de planejamento, haja vista os impactos que atingem esse grupo social. Nesse sentido, surge a resiliência, compreendida como a capacidade de um sistema de sobreviver a situações de estresse.

O Brasil, atualmente, busca ordenamento quanto ao planejamento urbano, por meio de ações de compreensão e zoneamento, surgindo o Plano Diretor Municipal e o Planejamento Estratégico Municipal como importantes instrumentos de gestão (REZENDE; ULTRAMARI, 2007). No entanto, por vezes, alguns municípios desconsideram esses planos e projetos existentes, dificultando a implementação de ações articuladas entre setores municipais (YOUNG *et al.*, 2019). Nota-se a problemática que cerca esse assunto, uma vez que planejar o desenvolvimento de uma cidade ampara a gestão municipal integrada diante do contexto social, o qual condiciona a eficiência desta gestão (ANDRADE *et al.*, 2005).

Tornam-se essenciais, nesse contexto, cidades resilientes, que conseguem operar e oferecer seus serviços mesmo em condições de estresse. Essas cidades são caracterizadas por absorver as tensões e problemas identificados acima. A resiliência, assim, significa tudo aquilo que pode ser feito pela cidade, construído em cima do seu próprio capital natural, político, social, físico, humano e financeiro; fortalecendo, com isso, a capacidade de a cidade retornar a sua forma inicial (DUBBELING; HOEKSTRA; VAM VEENHUIZEN, 2009). Ao que tange à ocorrência de desastres, este termo pode ser compreendido como a capacidade de resistência, adaptação ou recuperação eficiente do sistema, sob impactos e riscos à exposição de um desastre (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2017).

A *International Strategy for Disaster Reduction — UNISDR* — desenvolveu o programa Cidades Resilientes 2030, o qual objetiva viabilizar a resiliência das cidades (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2022). No Brasil, foi criado, por meio da Lei nº 12.608 de 2012, o Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD), o

qual apresenta os registros de desastres e ampara o processo de situações de emergência municipais, além de indicar os municípios que fazem parte do programa Cidades Resilientes (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2021). No estado do Rio Grande do Sul, foram levantados 425 reconhecimentos de desastres, sejam por estiagem, vendaval ou granizo, no ano civil de 2022 (S2iD, 2022). Ademais, foram identificadas somente 16 cidades participantes do programa Cidades Resilientes, das quais 9 possuíam registro de situação de emergência por conta da ocorrência de desastres em ativo.

Pode-se visualizar a baixa adesão ao programa Cidades Resilientes por municípios do estado do Rio Grande do Sul. Além disso, das cidades participantes, percebe-se que grande parte possui reconhecimento por desastres, o que indica que participar desse programa não garante que impactos não irão ocorrer, mas que os municípios poderão estar mais bem preparados para esses eventos.

Cidades resilientes podem ser caracterizadas como inclusivas, visto que a resiliência não reflete apenas infraestrutura, como pontes, residências e jardins, mas reflete fortemente nos moradores das cidades que, mesmo não tendo tanta visibilidade, desempenham importantes atividades econômicas necessárias para um bom funcionamento da cidade. Os comerciantes, pedreiros, pequenos agricultores e afins acabam sendo marginalizados na sociedade, pois prestam serviços com baixa remuneração, o que se torna insuficiente no combate à pobreza e à desnutrição. Alguns efeitos combinados da rápida urbanização, da mudança climática, da recente crise alimentar juntamente com o crescimento demográfico contínuo poderão deixar o sistema alimentar insustentável. Isso torna a resiliência e a sua conexão com a sustentabilidade cada vez mais importantes, tornando-se, assim, a resiliência o oposto da vulnerabilidade (MAITRA, 2012).

A vulnerabilidade pode ser comparada com a suscetibilidade, já que os sistemas naturais e sociais podem sofrer danos em função de perturbações e da capacidade de responder a determinadas mudanças. Pode ser considerada, também, como um processo que permite um retorno à normalidade, gerando um aprimoramento de condições que se adaptam trazendo novamente o bem-estar de algum determinado local. O elemento em comum entre a resiliência e a vulnerabilidade é a adaptação (Figura 5). A adaptação permite a redução de consequências negativas, geradas através da combinação de vulnerabilidade e resiliência (SILVA, 2018).



Figura 5: Representação gráfica.

Fonte: (Adaptado de Silva, 2018).

A resiliência pode ser considerada uma parte integral do processo de adaptação, trazendo melhores condições para as comunidades mais pobres e maior capacidade de governança; surge, com isso, a necessidade de crescimento da dinâmica das cidades, onde o processo de urbanização deverá ter potencial para solucionar as questões sociais e ambientais, não as agravando. No espaço urbano, percebe-se uma série de desigualdades sociais, oriundas de uma população exposta a diversos riscos advindos das mudanças ambientais, como a poluição da água e do ar e até alguns desastres com consequências globais. A convergência dos mencionados fatores corrobora a importância de pensar a temática da resiliência nas cidades (SILVA, 2018).

Diversas cidades estão incluindo a agricultura urbana em suas estratégias, visando a reduzir a pegada ecológica e suas emissões de CO₂, visto que essa atividade utiliza menos energia que o sistema alimentar convencional, no qual os produtos frescos são vendidos diretamente aos consumidores, reduzindo seu transporte e refrigeração, além de permitir o reuso de seus resíduos, diminuindo o lixo orgânico. A produção e o preparo dos alimentos podem ser bem mais amigáveis ao meio ambiente, fazendo com que os agricultores urbanos promovam à população alimentos frescos e com a pegada de carbono reduzida, contribuindo com a pegada ecológica e com uma cidade mais resiliente (VATISTAS *et al.*, 2022; SKAR *et al.*, 2020).

A agricultura urbana possui como característica a inovação, visto que possui capacidade de se adaptar às necessidades presentes na vida urbana. Essas inovações proporcionam fontes de alimentos em épocas emergentes; micro-hortas, por exemplo, podem ser criadas em lajes, adaptando-se aos impactos das mudanças climáticas frente

a desastres. O plantio de árvores contribui para uma melhor qualidade do ar, atuando como “pulmões” verdes, podendo ser construídos em lugares adaptados à realidade de cada comunidade. Os sistemas de coleta de água da chuva também podem ser utilizados na redução dos efeitos de inundações. As práticas de agricultura urbana, em resposta às mudanças climáticas, segundo a Organização Meteorológica Mundial, é uma excelente maneira de construir cidades com maior resiliência.

A busca por resiliência torna o ambiente propício às mudanças, de modo que encontra formas de aproveitar as peculiaridades de cada território. Os ecossistemas ajudam a mitigar os efeitos das mudanças climáticas, sequestrando carbono em parques e bosques, podendo também reduzir o risco de desastres, utilizando a vegetação como forma de conter os deslizamentos de terra e inundações. Em ambientes urbanos, os prédios podem favorecer a circulação do vento, diminuindo, assim, as ilhas de calor. As ilhas de calor, em regiões metropolitanas, podem afetar sistemas de mobilidade de um país tropical como o Brasil; os sistemas de controle de mobilidade podem facilmente perder a eficiência com determinadas temperaturas, causando interrupções ou falhas, gerando impactos na cadeia de escala regional. Novas tecnologias e planos de urbanização podem diminuir alguns problemas, como utilizar em edifícios materiais que fazem a dispersão de calor e favorecem o isolamento térmico. Algumas técnicas construtivas podem ser adotadas, como fazer o aproveitamento da luz natural e fazer disposição da vegetação ao redor dos edifícios ou casas, aumentando a umidade do local e diminuindo a temperatura, entre outras tecnologias de fácil acesso (COELHO FILHO; SACCARO JUNIOR, 2016).

O uso das tecnologias, embora pareça o ideal, ainda está muito longe da realidade brasileira, pois, em um país como o Brasil, fazer o mínimo previsto em leis, como o saneamento básico, já teria um grande impacto positivo. Fazer com que as leis sejam cumpridas deve ser prioridade, pois grande parte dos desastres como desabamentos, epidemias, inundações, violência, entre outros são concentrados em assentamentos informais que não cumprem o mínimo das leis urbanas referentes à construção, além de serem localizados em áreas consideradas perigosas. Tudo isso faz com que essas pessoas, obrigadas a morar nesses locais, por diversos motivos, como vulnerabilidade social, ambiental ou econômica, contribuam para a redução da resiliência no local onde vivem (COELHO FILHO; SACCARO JUNIOR, 2016).

Frente à possibilidade de determinada sociedade sofrer com impactos oriundos de desastres naturais, algumas obras de infraestrutura possuem maior interesse de gestão diante da necessidade de atendimento a vítimas desses eventos (BIANCHI; ZACARIAS, 2016). A criação e manutenção de escolas e hospitais deveria ocorrer de maneira prioritária, de forma que todos os agentes sociais, públicos ou privados, possuíssem interesse e responsabilidade por esses espaços (UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION, 2012). Devido ao papel que esses espaços regem sobre as comunidades afetadas, torna-se fundamental que esses empreendimentos sejam construídos em áreas

que não sejam de risco diante desses eventos(BIANCHI; ZACARIAS, 2016).

Segundo a Organização das Nações Unidas - ONU (2012), o ato de tornar uma cidade mais resiliente induz a otimização dos processos de administração pública por meio de melhoria em condições para a sociedade, através da economia, meio ambiente e fortalecimento das comunidades diante da necessidade de enfrentamento aos desastres naturais. A ONU (2012), através do seu Guia para gestores públicos locais, levanta itens que destacam as vantagens de comunidades se tornarem resilientes, os quais são expostos na Figura 6.



Figura 6: Nuvem de benefícios para uma cidade que se torna resiliente.

Fonte: ONU, 2012.

Para o alcance da resiliência, diferentes estruturas sociais necessitam alcançar itens de infraestrutura e integração, como diversidade, inovação e governança adaptável (LEICHENKO, 2011). Centros urbanos com grande adensamento populacional, que possuam vulnerabilidade quanto a ocorrência de desastres, têm como necessidade o alcance da resiliência ou, ao menos, uma otimização de práticas resilientes (BARROS; CAVALCANTI, 2013).

A compreensão sobre o termo resiliência possui ligação junto ao planejamento das cidades, uma vez que esses centros devem alinhar o seu desenvolvimento com suas capacidades de adaptação (PANTALEÃO; CORETESE, 2016). As capacidades que um município deve apresentar surgem através da redução da vulnerabilidade e promoção de desenvolvimento ambientalmente correto, as quais objetivam a adaptação à ocorrência de desastres e mudanças climáticas associadas a seus impactos (BARROS; CAVALCANTI,

2013).

A melhoria na resiliência de um espaço é condicionada pela eficiência da gestão de risco disponibilizada sobre aquele recorte geográfico, a qual objetiva reduzir os danos oriundos de eventos (PORTO; PORTO, 2014). A avaliação desses riscos comporta-se como uma etapa do planejamento municipal importante para compreender a ocorrência e impactos desses eventos.

Durante a avaliação de risco, são normalmente considerados fatores de risco a probabilidade de ocorrência e, também, o dano causado. No entanto, somado a esses parâmetros, Crichton (1999) considera a exposição ao evento como um fator que influencia na análise de risco, integrando o “Triângulo do Risco” (Figura 7).



Figura 7: triângulo de risco.

Fonte: Crichton, 1999.

EVENTOS ADVERSOS NO MUNICÍPIO COM DECRETOS DE EMERGÊNCIA

Diante dos eventos significativos, caberá aos governos, dentro de suas respectivas esferas administrativas, acionar os órgãos competentes, como a Defesa Civil, a prestar auxílio às populações flageladas pelo desastre em potencial, assim como garantir subsídio — proveniente do governo federal — com o propósito de restaurar as condições mínimas de retorno às atividades econômicas ou recreativas. Destaca-se, nesse sentido, a existência de ferramentas governamentais que permitem acesso a recursos financeiros federais de forma facilitada, cujo intento refere-se ao retorno de atividades obstadas pelo evento severo, como a compra de telhas para cobertura de casas danificadas durante uma tempestade de vento e/ou granizo, reposição de postes para o restabelecimento de energia elétrica e abastecimento de água potável.

Frisam-se, na conjuntura dos instrumentos governamentais, três categorias de decretos existentes, quais sejam: decretos de situação de emergência, decretos de estado de emergência e decretos de calamidade pública. A primeira categoria se refere aos danos superáveis; a segunda, em contrapartida, ocupa-se das situações nas quais se observa iminência de danos à saúde e aos serviços públicos; a terceira, por fim, trata-se de quando os danos estão próximos de acontecer. Os referidos decretos não são exclusivos aos desastres naturais, porquanto são extensivos a situações pandêmicas, como a atual pandemia do Coronavírus.

Tendo em vista o agravamento da pandemia de Covid 19, em meados de 2020 o governo federal reconheceu o estado de calamidade pública, facilitando acesso a recursos financeiros federais para custear ações de combate ao novo coronavírus. O Decreto n.º 10.593, publicado em 24 de dezembro de 2020, dispõe, dentre outros aspectos, sobre a organização e funcionamento do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINDEC) e dos critérios e condições para o reconhecimento da situação de emergência ou estado de calamidade pública. Consoante artigo 2.º, inciso XIV, do referido diploma legal, situação de emergência trata-se da situação oriunda de desastres que causam comprometimento parcial da capacidade de resposta do ente federativo afetado; estado de calamidade pública, entretanto, consiste na situação advinda de desastre que implica comprometimento substancial da resposta da unidade federada atingida, fulcro inciso VIII do mesmo dispositivo (BRASIL, 2020).

Outrossim, a Portaria n.º 260, publicada em fevereiro de 2022 pelo Ministério do Desenvolvimento Regional, prevê os procedimentos para o reconhecimento federal e para a declaração de situação de emergência ou estado de calamidade pública pelos entes federativos. A intensidade dos desastres classifica-se, de acordo com o artigo 5.º, em níveis I, II ou III, isto é, de pequena, média ou grande intensidade (BRASIL, 2022).

Vale ponderar, com efeito, que a identificação de níveis não se difere quanto à natureza dos danos decorrentes, cujos impactos acarretam danos humanos, materiais, ambientais e outros prejuízos econômicos e sociais, porquanto a diferenciação corresponde à demanda e origem de recursos necessários para a recuperação da normalidade. Assim, considera-se desastre de nível I, ou de pequena intensidade, quando recursos locais forem suficientes; desastre de nível II, ou de média intensidade, quando recursos locais forem insuficientes, demandando aporte de outros entes federativos; de nível III, ou grande intensidade, quando carecer comprometimento das três esferas ou até auxílio internacional. Os desastres de nível I e II ensejam a declaração de situação de emergência, ao passo que os de nível III, declaração de estado de calamidade pública (BRASIL, 2022).

As considerações iniciais, referentes à legislação atrelada a Desastres Naturais, corroboram as informações dispostas na base de dados do Sistema Integrado de Informação sobre Desastre (S2iD), as quais são compostas pelo Atlas Brasileiro e do estado Rio Grande do Sul, pelas séries históricas e/ou relatórios disponíveis. O Atlas possui publicações com informações de 1992 até 2012; os dados de série histórica compreendem o período de 2003 a 2015; os dados dos relatórios, finalmente, são condizentes ao ano de 2013 e 2022, contando-se apenas até o mês de julho do corrente ano, o último encerrado até o término da pesquisa. Ressalta-se que os eventos apresentados nessa obra para o município de Arroio do Padre compreendem os anos de 2005, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2018, 2019, 2020 e 2022.

Dentro deste contexto, ao abordar as características da região de Arroio do Padre/RS, percebe-se que esta é propensa a eventos extremos, dentre os quais ganham protagonismo os do tipo estiagem, inundações e granizo, considerando as estiagens como de maior ocorrência. De acordo com a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade) (DEFESA CIVIL - RS, 2021) é um evento do grupo 4 - Climatológico, do subgrupo 1 - Seca, definida como um período prolongado de baixa ou nenhuma pluviosidade, em que a perda de umidade do solo é superior à sua reposição.

Diante do exposto, torna-se importante diferenciar estiagem de seca, para isso, Castro *et al.* (2003, p. 55 *apud* BINDA; VERDUM; 2020, p. 135) distingue essas nomenclaturas conforme abaixo apresentado:

As estiagens resultam da redução das precipitações pluviométricas, do atraso dos períodos chuvosos ou da ausência de chuvas previstas para uma determinada temporada [...] para níveis sensivelmente inferiores aos da normal climatológica [...] Quando comparadas com as secas, as estiagens caracterizam-se por serem menos intensas e por ocorrerem durante períodos de tempo menores.

Assim, um desses eventos adversos que afetou o município de Arroio do Padre ocorreu em 2005, o qual esteve em situação de emergência (SE) devido a uma estiagem registrada pelo Decreto Estadual nº 43.660, de 04 de março de 2005, e o Decreto Municipal nº 443, de 17 de fevereiro de 2005, atingindo especialmente a população rural do município,

acarretando prejuízos na agricultura e no abastecimento de água potável.

Outros eventos adversos que vêm ocorrendo com maior frequência e intensidade são os pluviométricos, que geram prejuízos, sejam eles sociais, econômicos e/ou ambientais, demandando mais gastos e atenção para a recuperação local (MEURER, WERNER FLACH; 2015). Arroio do Padre é um exemplo dessa situação, visto que em três anos consecutivos (janeiro de 2009, novembro de 2010 e março de 2011) foi atingido por intensas enxurradas, em 2010 o evento durou um dia e os demais duraram 2 dias. Desses, o acontecimento mais marcante foi o ocorrido em 2010, no qual em menos de 3 horas a precipitação ultrapassou 320mm e, juntamente, ocorreu o registro de granizo, o que gerou um transtorno enorme para a população e prejuízos superiores ao valor de R\$ 7 milhões (EMATER, 2010).

Dentre esses eventos, apenas o de 2009 não teve decreto de reconhecimento de Situação de Emergência, porém o município registrou situação de emergência através da Portaria nº 146 e registro D.O.U. nº 049 de 13 de março de 2009. Nos eventos de 2010 e 2011, o município decretou situação de emergência por meio de decretos municipais reconhecidos pelo governo, sendo eles: Decreto nº 1.455 de 2010, registrado em 17 novembro de 2010 e Decreto nº 1.524 de 2011, registrado em 12 de março de 2011.

A enxurrada registrada em 2009 afetou parte do núcleo urbano nos bairros: Centro, Benjamin Constant, Cerrito, Leitzke e parte da área rural compreendida nas localidades: Colônia Sítio, Corredor dos Ramires, Picada Chaves, Arroio do Padre I, Santa Coleta, Morro do Inferno, Cerrito, Progresso, Oliveira. Esse evento acarretou um prejuízo aproximado de R\$ 1.643.100,00 em danos materiais, danificando 127 unidades habitacionais e 8 obras de infraestrutura pública, além de 570 unidades habitacionais destruídas.

Já a forte enxurrada de 2010 atingiu toda a área do município com uma grande quantidade de precipitação pluviométrica, que ocasionou eventos de deslizamento de terra, inundações e granizo, os quais afetaram 109 pessoas, entre elas ficaram 5 feridos, 4 enfermos, 50 desabrigados e 50 desalojados. No entanto, a situação de 2011, apesar de também atingir toda a área do município, contou apenas com a elevada precipitação, ocasionando um dano humano de menor intensidade, deixando, assim, apenas 35 pessoas desabrigadas.

Após três anos consecutivos apresentando SE devido a enxurradas, no ano posterior, 2012, o município de Arroio do Padre, através do Decreto nº 1.715 de 2012, de 11 de junho de 2012, relatou SE devido à grande estiagem que pairava em toda a região.

Em 2013, o município foi atingido por uma forte tempestade local acompanhada de granizo e agravada com vendaval no mês de fevereiro, atingindo especialmente o bairro Brasil para Cristo, afastado 4 km do centro da cidade. A tempestade foi tão grave que, em 20 minutos, teve registro de pedras de até 380 gramas, e através dos relatórios disponíveis no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD) foi registrado que atingiu cerca de 700 pessoas e danificou cerca de 52 unidades habitacionais, 2 instalações públicas de ensino e 1 instalação pública de uso comunitário, contabilizando danos de 141

mil, 20 mil e 10 mil, respectivamente (Figura 8). Já uma entrevista realizada pelo G1-RS (2013) levantou que 200 residências foram atingidas, entre elas uma igreja e uma escola local. Esse evento, que levou cerca de 20 minutos, foi registrado sob o Decreto nº 1.815, de 7 de fevereiro de 2013, e atingiu especialmente a produção de fumo e hortigranjeiros.

A EMATER/RS, em união com a Secretaria Municipal, constatou que o prejuízo econômico da parte agrícola ficou em torno de R\$ 4.155.102,60, sendo as de perda total as de atividade de goiaba, morango e pera, e as demais, atingidas com perda acima de 50%, foram plantações de couve-flor, pastagem, milho de silagem, milho, feijão, caqui, abóbora e couve. E apesar de o fumo ter uma perda de 48%, foi a plantação que teve um maior impacto financeiro, o qual, do total calculado de R\$ 3.662.145,00, foi somente para essa produção.

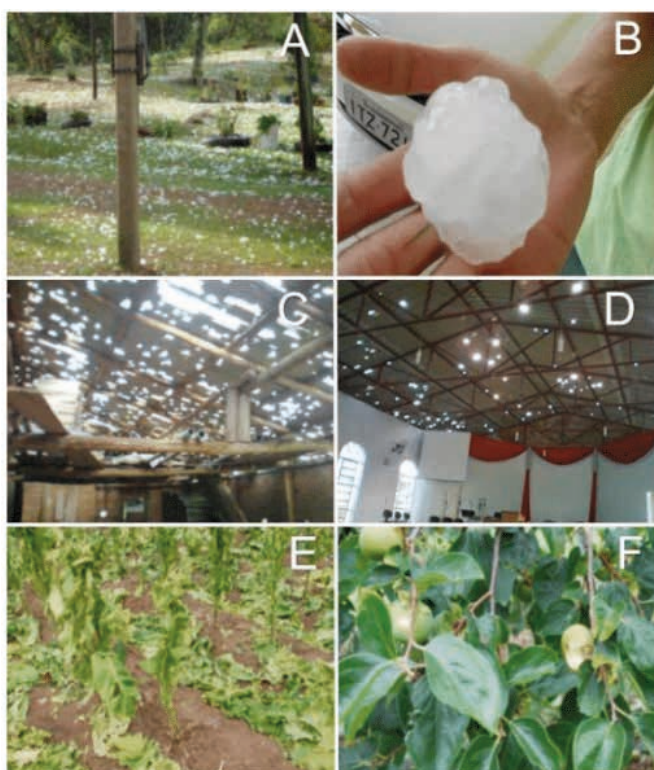


Figura 8: Pedras que atingiram a região durante tempestade de granizo em 2013. A) Panorama do campo coberto de granizo. B) Proporção do granizo que atingiu a região no evento. C) Estragos proporcionados em telhado de galpão. D) Estragos proporcionados em telhado de igreja. E) e F) Estragos proporcionados no campo. Fonte: Diário Gaúcho (2013). Telhado da Igreja Brasil para Cristo, atingido pelo temporal de fev. de 2013 em Arroio do Padre-RS. Destruição em plantações.

Fonte: G1-RS (2013); F2iD (2022).

Em 2018, o status reconhecido de SE do município foi de estiagem. O evento adverso se prolongou do mês de dezembro de 2017 até o ano de 2018, reconhecido em fevereiro como situação de emergência. Esse desastre atingiu especialmente a zona rural do município, afetou principalmente a cultura dos pequenos produtores (tabaco) e a disposição de água, tanto para consumo humano quanto dos animais. Esse evento levantou alerta do município para outro tipo de desastre, pois a vegetação estava tão seca que ocorria o risco de queimadas.

Esse evento de 2018 (Figura 9) afetou cerca de 252 pessoas, gerando como dano ambiental uma diminuição ou exaurimento hídrico de até 5%, e para contornar a situação foram abertos mais de 40 cacimbas e poços artesianos, o que acarretou um prejuízo econômico (PEPL) em abastecimento de água potável de R\$ 11.500,00 e prejuízo econômico privado (PEPR) para a agricultura e pecuária de R\$ 8.530.000,00 e R\$ 80.000,00 respectivamente, ocasionando prejuízos maiores que a receita (CORREIO DO POVO; 2018; S2iD, 2022; GZH, 2018). O evento foi reconhecido com o Decreto Municipal nº 2.710/201, o qual apresenta que para o mês era estimado um índice pluviométrico de 124 mm e o ocorrido foi de 54 mm.

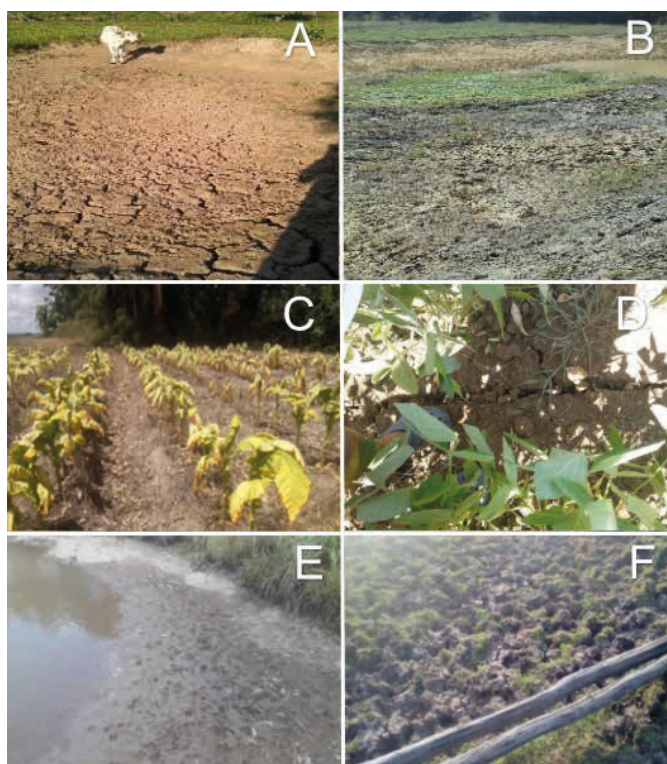


Figura 9: A) Animais em busca de água. B) Açudes secos. C) Plantações destruídas. D) solo compactado. E) e F) Açudes secos.

Fonte: S2iD (2022).

A seca do ano anterior se estendeu, fazendo com que nem mesmo um inverno chuvoso fosse capaz de recuperar os estragos e manter os níveis de água para o próximo verão. Assim, desde dezembro de 2019, o município já se encontrava em alerta para os próximos meses, através do Decreto Municipal nº 3.040, de 4 de março de 2020, o qual, novamente, colocava todo o município em situação de emergência devido a uma severa estiagem (Figura 10). Essa afetou 402 pessoas com escassez hídrica, além de ocasionar perdas para agricultura e pecuária, gerando um prejuízo econômico público (PEPL) em abastecimento de água potável de aproximadamente R\$ 22.700,00 e prejuízo econômico privado (PEPR) para agricultura e pecuária de R\$ 7.111.106,00 e R\$ 1.114.344,00 respectivamente, além de acarretar em dano ambiental de 10% a 20% com a diminuição ou exaurimento hídrico.



Figura 10: Arroio do Padre/RS na estiagem de 2020. A) Córrego completamente seco na Colônia Progresso. B) Lavoura de soja muito danificada na colônia Cerrito.

Fonte: S2iD (2022).

Por fim, no ano de 2022, a cidade de Arroio do Padre, mais uma vez no foco do verão (fevereiro), passou por uma considerada estiagem, a qual foi registrada pelo Decreto de número 3.431/2022. Os dados disponibilizados pela Defesa Civil referentes a esse evento apontam que todo o município foi afetado, sendo atingidas 2.730 pessoas, das quais, 32 famílias ficaram totalmente sem água potável, o que ocasionou um prejuízo de quase R\$ 10.000.000,00, estando ele distribuído entre prejuízo econômico público (R\$ 102.000,00 em abastecimento de água potável) e privado (R\$ 9.551.080,00 na agricultura e R\$ 103.896,00 na pecuária), além de uma diminuição ou exaurimento hídrico de mais de 20%. A situação desse evento está disponível para visualização na **Figura 11**.



Figura 11: A) Plantações de tabaco afetadas pela estiagem. B) Plantações de milho afetadas pela estiagem. C) Poço praticamente seco. D) Bombona como forma de armazenamento de água.

Fonte: S2iD (2022).

O registro dos mencionados eventos corresponde às informações oriundas do site de apoio da Defesa Civil S21D - Sistema integrado de informação aos desastres. Assim, conforme demonstrado na Figura 12, verifica-se que de 2003 a 2022 foram registrados 1 evento de granizo, 3 eventos de enxurrada e 5 eventos de estiagem, totalizando 9 eventos em 19 anos. Destaca-se, oportunamente, que durante 11 anos não se encontrou registro de decreto de emergência, embora compreenda a maior parte do período abrangido.

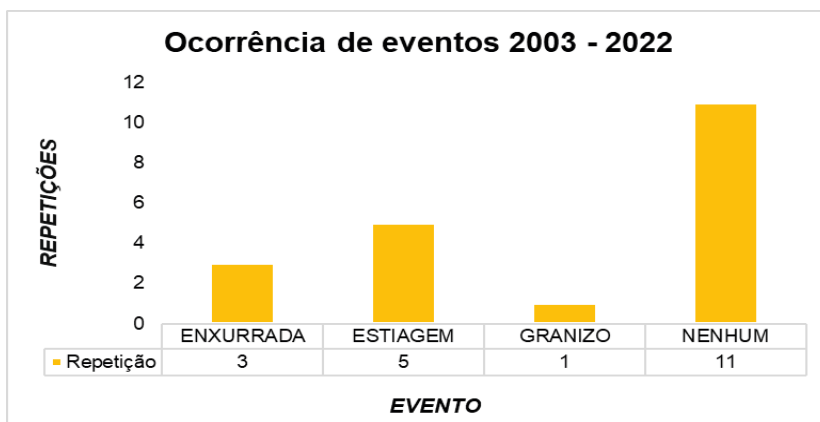


Figura 12: Resumo gráfico da ocorrência de eventos naturais em Arroio do Padre/RS no período de 2003 a 2022.

Fonte: Elaboração própria.

EVENTOS ADVERSOS SIGNIFICATIVOS SEM DECRETOS DE EMERGÊNCIA

O Rio Grande do Sul, em virtude da sua posição geográfica, encontra-se exposto a diversas categorias de eventos temporais significativos, relacionados à rápida dinâmica atmosférica que ocorre sobre a região Sul do Brasil. Tal fato culmina, geralmente, em mudanças nas condições do tempo, com constante formação de fenômenos meteorológicos transientes de toda ordem e escala, enquadrando-se, muitas vezes, em tempo severo e, eventualmente, resultando em perdas socioeconômicas.

Mostra-se necessário salientar que, em algumas circunstâncias, a intensificação desses eventos dá-se tanto em virtude da sua força, quanto de sua frequência, em decorrência da atuação de sistemas meteorológicos de grande escala (sinótica), como bloqueios atmosféricos, massas de ar polares, ondas de leste, frentes, ciclones, dentre outros. Há, em outros ensejos, intensificação devido à atuação de fenômenos de escala global: ENOS (El Niño, Neutralidade e La Niña), oscilações oceânicas e o fenômeno das teleconexões, quando um padrão atmosférico se estabelece sobre uma determinada região, em razão da interação entre fenômenos em regiões distintas do globo terrestre. Alguns desses fenômenos podem, eventualmente, ocorrer de forma simultânea.

De forma análoga, o Rio Grande do Sul tem clima muito similar ao dos estados do extremo sul dos Estados Unidos banhados pelo oceano Atlântico, como o Texas, a Louisiana, o Mississippi, o Alabama, a Geórgia e a Flórida. Sendo assim, os fenômenos meteorológicos que aqui ocorrem também se assemelham aos encontrados nessas regiões, porém geralmente se dão de forma mais branda (LEANDRO, 2021).

Ressalta-se que nem todos os eventos extremos enquadram-se nos quesitos dispostos no capítulo **Eventos adversos no município com decretos de emergência** e, eventualmente, acabam passando despercebidos pelo poder público e população menos atenta, o que não significa que não sejam potencialmente danosos, quando localizados e/ou observados longe de áreas urbanizadas. Todavia, a observação e documentação desses eventos de menor magnitude, essencialmente os que não recebem decretos de emergência, ajudam a parametrizar a climatologia local e evidenciar o grau de risco potencial a que uma determinada área está exposta.

Evidencia-se, dentre os eventos temporais significativos, um caso que, conquanto não abrangido por decretos de emergência, auxilia na caracterização regional: trata-se de uma intensa chuva, em 28 de janeiro de 2009, que caiu sobre a zona sul do Rio Grande do Sul, deixando estradas interrompidas (Figura 13), famílias ilhadas, pessoas desaparecidas e árvores caídas. De acordo com o Jornal NSC Total, acarretou o transbordamento sobre uma estrada vicinal (VRS-737) localizada a 10 quilômetros da BR-116, entre os municípios de Pelotas e Arroio do Padre, onde um micro-ônibus acabou sendo arrastado. O motorista,

sobrevivente, era o único ocupante do veículo.



Figura 13: Equipes trabalharam no resgate de um ônibus que tombou entre Pelotas e Arroio do Padre.
Fonte: Nauro Júnior, via Jornal NSC Total (2009).

Ainda em 2009, em um intervalo de apenas 40 dias, dois eventos de tempo severo significativos, em decorrência de vendavais generalizados, foram registrados no Rio Grande do Sul. No dia 3 de novembro, segundo a CEEE Equatorial, um temporal com ventos de mais de 80 km/h atingiu a região sul do Estado, derrubando postes, rompendo redes de baixa e alta tensão, danificando ramais e isoladores, avarias em transformadores, entre outros impactos. Os municípios de Pelotas, Rio Grande, Lavras do Sul, Hulha Negra, Dom Pedrito, Herval, Canguçu, Piratini, Arroio do Padre, Morro Redondo, Jaguarão, Cerrito, Capão do Leão e Arroio Grande foram os mais atingidos, principalmente nas localidades rurais. No mês seguinte, especificamente, dia 12, outro vendaval com ventos de mais de 120 km/h deixou mais de 61 mil gaúchos sem abastecimento elétrico. As áreas mais prejudicadas foram as cidades de Rio Grande, São José do Norte, Santa Vitória do Palmar, Bojuru, Pelotas, Capão do Leão, Morro Redondo, Arroio do Padre, Canguçu, Piratini, Cerrito, Pedro Osório, Jaguarão, Herval, Arroio Grande, Porto Alegre e a região metropolitana (CEEE EQUATORIAL; AGÊNCIA BRASIL, 2009).

Em 15 de novembro de 2010, uma intensa chuva afetou a estrutura viária municipal em Arroio do Padre. Foi relatado no jornal Diário Gaúcho que cinco pontes do município caíram com a chuva e ainda houve a ocorrência de crateras devido à erosão na estrada (Figura 14). O jornal relata, também, a perda da maior parte da produção de tabaco, causando um dano econômico ao município, além de famílias desabrigadas pelos danos estruturais a suas moradias.



Figura 14: Erosão em via pública devido às fortes chuvas no interior de Arroio do Padre.
Fonte: Jornal Diário Gaúcho (2010).

Em 31 de julho de 2012, conforme relatado no site da defesa civil do estado do Rio Grande do Sul, ocorreu uma chuva de granizo sobre o município de Arroio do Padre, sendo o bairro mais afetado o do Cerrito (Figura 15). Nesse evento, diversas moradias tiveram seus telhados danificados. Além disso, também foi relatado um prejuízo na agricultura local.



Figura 15: Lavoura de fumo perdida no temporal de granizo e grande acúmulo de granizo em Arroio do Padre.

Fontes: Site G1; Tatiara Neitzke/Especial CP (2012).

Em 16 de outubro de 2014, uma série de temporais acompanhados de granizo, vendavais e descargas elétricas atingiu 72 municípios do estado do Rio Grande do Sul, com interrupção no fornecimento de energia elétrica. Segundo informações da CEEE Equatorial, mais de 22 mil pontos do estado foram afetados, deixando mais de 72 mil pessoas sem luz. Entre os municípios mais afetados na área da CEEE na Região Metropolitana estão Porto Alegre, Viamão, Alvorada, Guaíba, Eldorado do Sul, Butiá e São Jerônimo. No

interior do estado, técnicos da companhia trabalham para normalizar o serviço em pontos de Arroio Grande, Canguçu, Piratini, Pedras Altas, Arroio do Padre, Cerrito, Pedro Osório, Arambaré, Candiota e São Lourenço do Sul. Foram registrados dois óbitos em decorrência dos temporais: uma criança atingida por descarga elétrica em Canguçu e outra em Sertão, após uma idosa ser atingida por destroços durante vendaval (G1, 2014).



Figura 16: destruição do estacionamento da câmara de vereadores de POA.
Fonte: G1 (2014).

Em 15 de novembro de 2017, uma forte tempestade atingiu o município de Arroio do Padre, causando muitos estragos. A governadora da época, Yeda Crusius, esteve no município conversando com a população local e entregando mantimentos. Foram registradas muitas quedas de pontes no entorno do município, devido à chuva superior a 300 mm em curto espaço de tempo, acompanhada de forte vento, além de perdas em lavouras de fumo ocasionados pela queda de granizo. Na época, o governo do estado propôs à União um adiamento e/ou anistia do pagamento do Programa de Fortalecimento da Agricultura Familiar, o PRONAF, por parte dos agricultores atingidos na região Sul (GOVERNO DO ESTADO, 2017).

Em 31 de janeiro de 2019, um vendaval atingiu entre o Parque Rua 15, no interior de Arroio do Padre e Santa Silvana, no interior de Pelotas, bem como Corrientes, Picada Carlos, Centenário, São José e Turuçu, causando um rastro de destruição por onde passou. Um paiol de fumo e residência foram destelhados. Uma estrada ficou interrompida devido a árvores quebradas e queda de postes (Figura 17).



Figura 17: Estrada interrompida no interior de Arroio do Padre devido ao vendaval.
Fonte: via blog Evaldo Gomes Notícias (2019).

Mais recentemente, em 17 de maio de 2022, a passagem de um ciclone anômalo com características tropicais, muito próximo ao litoral Sul do Rio Grande do Sul, causou ventos superiores a 100 km/h em toda a região. Segundo a CEEE Equatorial, as cidades mais afetadas foram: Arroio do Padre, Arroio Grande, Jaguarão, Morro Redondo, Pedras Altas, Pedro Osório, Pelotas, Pinheiro Machado, Rio Grande e Santa Vitória do Palmar, deixando mais de 126 mil clientes sem fornecimento de energia elétrica. De acordo com a Defesa Civil, lonas de proteção foram entregues a pelo menos 6 famílias do município de Rio Grande. Houve registro de queda de granizo entre o Taim e a Praia da Capilha, mas sem registro de estragos.



Figura 18: Barcos atracados no Cais do Porto de Rio Grande durante a aproximação do ciclone subtropical Yakecan.

Fonte: Richard Furtado.

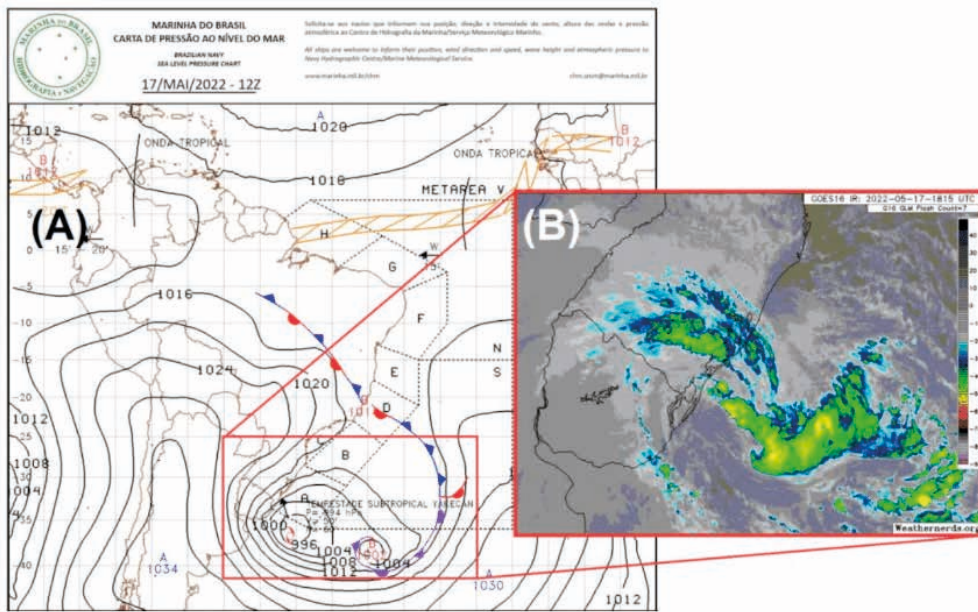


Figura 19: A) Recorte Carta Sinótica destacando a aproximação do Ciclone Yakecan junto ao litoral Sul do RS. B) Imagem realçada do satélite GOES-16 destacando a circulação do Ciclone Subtropical/Tropical Yakecan.

Fontes: Marinha do Brasil / Weathernerds.org (2022).

Conclui-se que, embora os eventos pontuais de tempo severo — geralmente — não ofereçam grande risco à população, não devem ser subestimados pelos cidadãos, tampouco pelo poder público, já que podem ocasionar grandes transtornos para a população, sobretudo em virtude de cortes no fornecimento elétrico e, conseqüentemente, de abastecimento de água potável. Eles servem, portanto, como uma espécie de métrica ao enfrentamento de crises, como a necessidade de elaboração de planos de contingência, manutenção da prestação de serviços básicos, conforme ocorre em hospitais públicos, o efetivo policial, incluindo a Guarda Municipal e de Trânsito, para manutenção do fluxo de trânsito ou sua interrupção por medida preventiva, distribuição de lonas e fornecimento de kits de primeiros socorros e cestas básicas para os desabrigados.

Faz-se necessário ressaltar, também, a importância da preparação da população por parte do poder público, o que deve acontecer com muitas horas de antecedência à passagem de fenômenos previsíveis, como no evento ocorrido no dia 17 de maio de 2022, durante a formação e aproximação do Ciclone Yakecan (ciclones com características subtropicais e/ou tropicais sobre águas nacionais são categorizados e nomeados pela Marinha do Brasil), de características tropicais e de trajetória atípica em direção ao litoral da região Sul do RS, fato intrigante e atípico ocorrido durante o inverno climatológico de 2022. Na ocasião, o governo estadual emitiu avisos ostensivos aos municípios da Zona Sul

e Litoral do Rio Grande do Sul, alertando para a necessidade de interrupção das atividades não essenciais nessas áreas a partir das 18 horas daquele dia e durante as horas que se sucederam, para que a população permanecesse abrigada, na medida do possível, durante o período previsto para a passagem do ciclone anômalo que, em determinado momento, sobre o mar, atingiu intensidade similar a de um furacão categoria 1, muito próximo ao Estado.

Nada obstante tratar-se de uma situação atípica, mostra-se indispensável evidenciar o evento ocorrido durante o inverno de 2021, em que outro ciclone apresentou, momentaneamente, características subtropicais, percorrendo uma trajetória idêntica ao Ciclone Yakecan, despertando um alerta. Talvez esse seja o novo normal a ser observado daqui para frente nessa região, em razão das mudanças climáticas cada vez mais evidentes na contemporaneidade.

EVENTOS EXTREMOS E VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL

O presente capítulo trata da vulnerabilidade social em eventos extremos no município de Arroio do Padre, Rio Grande do Sul, iniciando com uma breve apresentação do município, incluindo suas características básicas, a fim de situar os leitores sobre as vulnerabilidades mais evidentes. Na apresentação, os bairros da cidade são listados e, com isso, é feita uma breve explanação sobre os bairros com a maior presença de cidadãos suscetíveis à vulnerabilidade social atrelada a eventos extremos. O capítulo aborda, também, a situação da COVID-19 em Arroio do Padre. Algumas situações de eventos extremos, nas quais houve perdas econômicas significativas, também são abordadas.

INTRODUÇÃO

Na localidade, as chuvas fortes, as chuvas de granizo e a estiagem são os eventos extremos mais registrados. Tais eventos acarretam consequências sociais e econômicas para a população da região. Algumas características do município acentuam o fator vulnerabilidade social, como uma população pouco numerosa, fator que limita as verbas direcionadas para infraestrutura da cidade, fazendo com que muitos serviços essenciais precisem ser encontrados em outras cidades próximas. Outra característica que se soma ao quesito vulnerabilidade é que a grande maioria da população reside em regiões não urbanizadas.

Neste capítulo, assim, encontram-se explorados dados referentes ao município, aos eventos extremos ocorridos na região e alguns conceitos sobre risco e vulnerabilidade social. As análises se construíram a partir do cruzamento desses dados, gerando, então, informações referentes à situação de vulnerabilidade social proveniente de eventos extremos.

RISCO E VULNERABILIDADE SOCIAL

Tendo em consideração que o risco — como possibilidade coletiva — pode acometer qualquer indivíduo, em qualquer situação, por estar surpreendido pela inseparabilidade, necessita atenção imediata. No caso das inundações, os problemas surgem pelo impacto da água sobre estruturas de forma geral, que pode ocorrer tanto em plantações quanto em construções, culminando na permanência dos danos após o impacto inicial, como o aumento de doenças em humanos, a exemplo da leptospirose, problemas no acesso à água e luz associados a perdas econômicas (TASCON-GONZALEZ, 2020). O autor acentua, ainda, que conquanto a origem dos eventos seja natural, os danos referem-se a uma somatória de eventos naturais e ocupações em áreas tradicionalmente suscetíveis a essas circunstâncias.

É importante destacar que, embora o risco não seja um fator inerente à vulnerabilidade social, pode ser acentuado por ela, por isso ações voltadas a medidas de prevenção e precaução tornam-se indispensáveis. Neste sentido, Janczura disserta sobre as implicações da noção de risco:

A noção de risco implica não somente iminência imediata de um perigo, mas também a possibilidade de, num futuro próximo, ocorrer uma perda de qualidade de vida pela ausência de ação preventiva. A ação preventiva está relacionada com o risco, pois não se trata de só minorar o risco imediatamente, mas de criar prevenções para que se reduza significativamente o risco, ou que ele deixe de existir (JANCZURA, 2012, p. 306).

Já a vulnerabilidade social é um conceito influenciado pelo fator risco. Só existe vulnerabilidade social quando existem riscos presentes. Importante ressaltar que vulnerabilidade social é um conceito ligado às condições financeiras de uma determinada população, também com suas possibilidades de terem seus direitos como cidadãos atendidos.

No caso do presente livro, a vulnerabilidade social é um conceito vinculado aos riscos relacionados aos eventos extremos de origem natural ou antrópica e aos danos causados por estes. Carmo e Guizardi (2018) refletem sobre a vulnerabilidade:

A concepção de vulnerabilidade denota a multideterminação de sua gênese não estritamente condicionada à ausência ou precariedade no acesso à renda, mas atrelada também às fragilidades de vínculos afetivo-relacionais e desigualdade de acesso a bens e serviços públicos (CARMO; GUIZARDI, 2018).

Com base no relatório IPCC (2007), Scott *et al.* (20021) define três índices importantes para a vulnerabilidade social relacionada a eventos extremos, sendo eles: a exposição à variabilidade e extremos climáticos, a sensibilidade às mudanças climáticas e a capacidade adaptativa, este último ligado ao acesso e controle de recursos. A disponibilidade de recurso financeiro é um fator de extrema influência na capacidade do indivíduo de lidar com danos causados por eventos extremos.

PROBLEMAS AMBIENTAIS

Segundo Flach (2017), o município de Arroio do Padre sofreu por diversas vezes, entre o período de 1991 a 2012, com eventos extremos. Houve duas secas de estiagem, três enxurradas e uma chuva de granizo (Figura 20). Em duas ocasiões destas, o município precisou decretar situação de emergência. Tais eventos causaram uma perda significativa em lavouras, danos estruturais e danos ambientais.

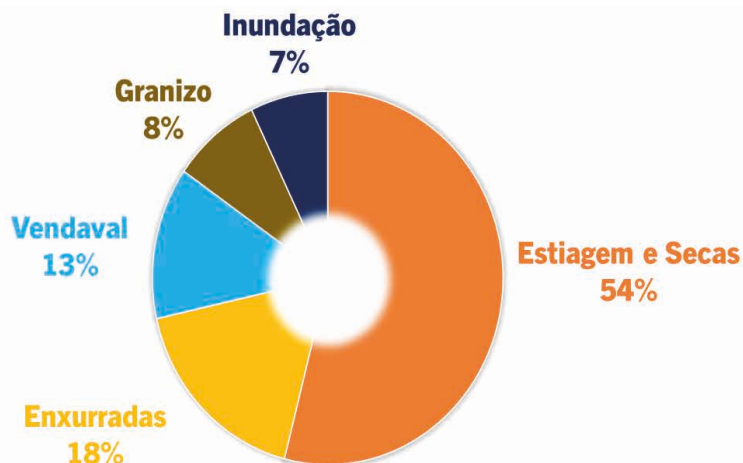


Figura 20: Porcentagem dos desastres naturais mais recorrentes no Estado do Rio Grande do Sul, no período de 1991 a 2012. Adaptado de: CEPED (2013b). Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 a 2012 - Rio Grande do Sul. Reprodução Integral (2013).

Sobre o clima da região, Flach (2017) afirma que se apresenta como subtropical úmido devido à regularidade da distribuição anual pluviométrica, além das temperaturas baixas presentes no inverno:

Levando-se em consideração os grandes domínios climáticos do mundo, a área de estudo está classificada como Clima de Latitude Média Subtropical Úmido. Quando considerados os macro tipos climáticos (classificação climática de Köppen), Arroio do Padre enquadra-se no Clima Subtropical Úmido, com inverno fresco a frio. Uma das características desse tipo climático é a regularidade da distribuição anual pluviométrica (1.250mm a 2.500mm) e as baixas temperaturas no período do inverno. Entretanto, a variabilidade térmica é bastante acentuada, principalmente em função das diferenças altimétricas (FLACH, 2017, p. 27).

COVID-19

A epidemia de COVID19 relaciona-se diretamente com a vulnerabilidade social, porém uma série de fatores possuem influência sobre o contágio e o tratamento do vírus. Em relação à epidemia causada pela COVID-19, o município emitiu um decreto, qual seja, Decreto nº 3.121 de 18 de agosto de 2020, o qual aderiu às políticas estaduais relacionadas ao combate epidêmico e também decretou o estado de calamidade pública em toda a extensão do município de Arroio do Padre.

No dia 27 de março de 2021, o município contava com o seguinte boletim em relação à COVID-19: 1 óbito, 122 positivos, 118 recuperados, 176 descartados e 3 em análise. No dia 27 de junho de 2021, o boletim COVID-19 relatava: 3 óbitos, 244 positivos, 231 recuperados, 240 descartados e 1 em análise.



Figura 21: Mapa relatando casos de COVID-19, referentes até o dia 27 de junho de 2021, no município de Arroio do Padre, Rio Grande do Sul e Brasil. Leon (2021).

INDICADORES DE SITUAÇÃO SOCIAL NO MUNICÍPIO DE ARROIO DO PADRE

No trecho mostrado no mapa, são expostas algumas informações presentes na plataforma Infraestrutura de Dados Espaciais (INFRAESTRUTURA NACIONAL DE DADOS ESPACIAIS, 2021), relacionadas à questão da vulnerabilidade social. Desta forma, na Figura 22 é possível observar que o Município de Arroio do Padre possui baixa urbanização, fator que acentua a vulnerabilidade social na localidade. Os dados são fornecidos pelo Censo do ano de 2010.

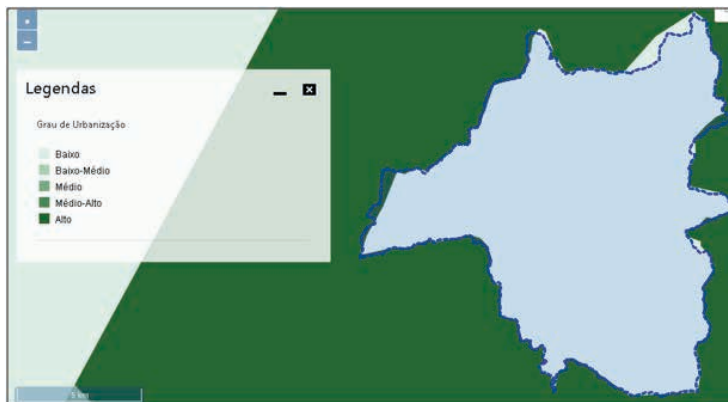


Figura 22: Mapa adaptado, fonte Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (2021).

Na Figura 23 são apresentados os dados referentes aos leitos de internação totais e leitos de internação disponíveis pelo SUS. Os leitos de internação são bastante abaixo da média. Os dados são oriundos da pesquisa de 2009, realizada em uma parceria entre Diretoria de Geociência IBGE e Diretoria de Pesquisa- IBGE.

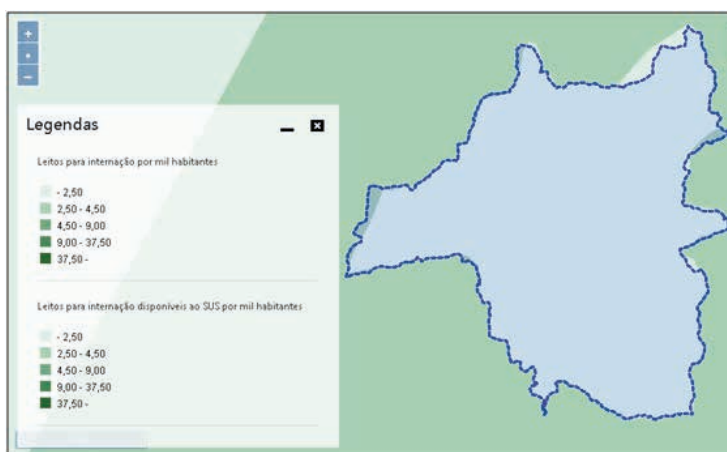


Figura 23: Mapa adaptado, fonte Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (2021).

Na Figura 24, nota-se que a água em domicílios particulares proveniente de armazenamento da água da chuva ou de fornecimento de uma rede geral de abastecimento é baixa. A fonte da pesquisa é o IBGE, Censo Demográfico 2010 e Malha Municipal 2010. A rede de abastecimento hídrico municipal abastece apenas a região central, urbanizada, do município. Grande parte do município utiliza como principal fonte hídrica para consumo humano a água proveniente de poço artesiano.



Figura 24: Mapa adaptado, fonte Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (2021).

Na Figura 25, têm-se os dados referentes ao percentual de domicílios particulares com banheiro de uso exclusivo dos moradores. Esse percentual é alto. A origem dos dados é o Censo 2010. A existência de banheiros particulares está diretamente ligada ao saneamento básico.

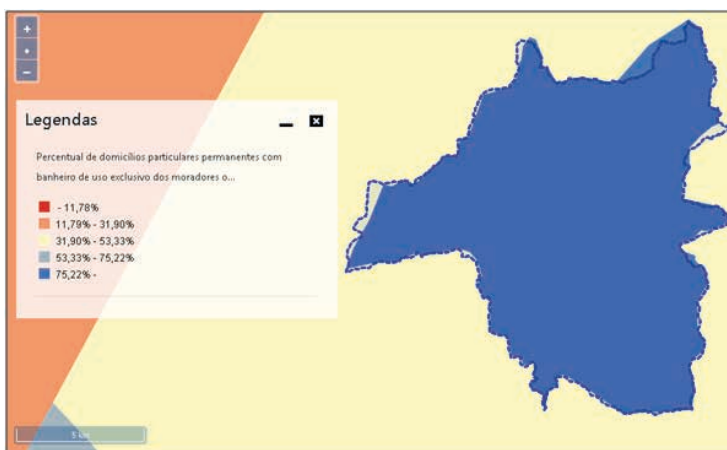


Figura 25: Mapa adaptado, fonte Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (2021).

A Figura 26 refere-se ao percentual de moradores em domicílios particulares com uma renda entre 0,5 e um salário mínimo. A fonte da pesquisa é o IBGE Censo Demográfico 2010 e Malha Municipal 2010. O poder aquisitivo médio de uma população está diretamente ligado ao poder de resiliência desta. Populações com baixa disponibilidade financeira tendem a ser menos resilientes.

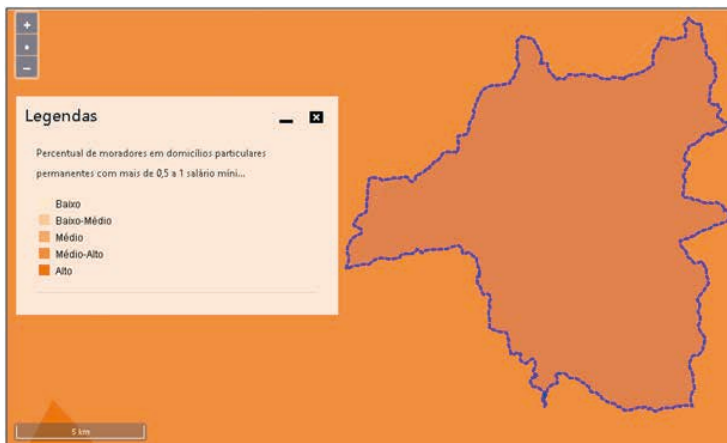


Figura 26: Mapa adaptado, fonte Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Arroio do Padre é um município no qual a ocorrência de desastres naturais é um risco presente e o surgimento da vulnerabilidade social é uma realidade possível. O município tem na agricultura sua principal atividade econômica, atividade vulnerável às intempéries climáticas, fazendo com que a ocorrência de eventos ambientais de caráter extremo tenha graves consequências econômicas e estruturais para a localidade.

Existe uma complexidade inerente aos riscos aos quais o município está sujeito. Tal complexidade se encontra no fato de que os eventos extremos atingem tanto o micro, como indivíduos, quanto o macro, e a comunidade como um todo. Atingem o micro nas perdas individuais, causando danos à moradia e a bens de uso individual, assim como danos à saúde pública. Atinge o macro quando afeta lavouras, afetando, assim, a economia do município. Quando a economia é afetada, no âmbito municipal, o poder de resiliência da localidade diminui de forma significativa.

Por se tratar de uma população majoritariamente estabelecida em regiões rurais, o acesso a bens de consumo e direitos básicos acaba sendo limitado devido à distância e à capacidade de locomoção. O acesso a medicamentos e tratamentos de saúde também encontra suas dificuldades.

Em diversas situações de chuva, chuva de granizo, seca ou estiagem, os danos à agricultura foram bastante significativos. A agricultura é um setor da economia no qual existe uma ligação direta entre o clima e o sucesso da cultura anual e isso faz com que eventos climáticos possam aumentar a vulnerabilidade das famílias que dependem unicamente ou majoritariamente das atividades agrícolas. As consequências econômicas acabam gerando outras consequências locais, como a diminuição do capital existente na praça comercial do município, risco de desemprego, diminuição da venda de insumos agrícolas.

É importante ressaltar que através da pesquisa realizada foi possível identificar que

entre os bairros da cidade, o bairro Cerrito é o mais vulnerável. O bairro Cerrito é uma localidade de difícil acesso.

PLANEJAMENTO DE RISCOS

Diante do exposto nos capítulos anteriores, surge a necessidade de se pensar em planejamento para os eventos adversos. Assim, neste capítulo, são tratados os conceitos gerais e a importância da temática.

Planejamento pode ser definido como um processo que tem por objetivo o cumprimento de uma meta de forma mais eficaz. Para Santos (2004), é um processo que envolve coleta, organização e análise sistematizadas das informações, por meio de procedimentos e métodos, para chegar a decisões ou a escolhas acerca das melhores alternativas para o aproveitamento dos recursos disponíveis. Os desastres naturais ocorridos no Brasil, principalmente na década passada, foram os norteadores para uma maior conscientização sobre a importância de se fazer a gestão dos riscos que esses desastres colocam em cima da sociedade, dessa maneira resultando na edição da Lei Federal nº 12.608, de 2012, que tem por objetivo justamente reduzir o risco dos desastres e prevenir as populações dos seus efeitos mais graves. Segundo Bertone (2013), os eventos com maior recorrência registrados no país são os decorrentes de inundações, enxurradas, deslizamentos de encostas (movimento de massa), estiagens, secas e vendavais.

Conforme dados da defesa civil do estado de Santa Catarina, para diminuir o risco de algo ruim acontecer, precisa-se antecipar o risco, ou seja, prever o que pode dar errado, para que a prevenção seja possível. Partindo desses aspectos, tem-se a importância de se realizar um planejamento para o gerenciamento eficaz dos riscos decorrentes dos desastres naturais, visto que o conhecimento da área de estudo aliado a esse mesmo planejamento é capaz de tornar as cidades e as populações mais resilientes frente a possíveis catástrofes. Segundo Leandro *et al.* (2021), saber que eventos são inevitáveis só aumenta seu caráter primordial no desenvolvimento de mecanismos de enfrentamento que garantam à sociedade suas necessidades básicas como comida e abrigo.

A prevenção no caso de desastres naturais é a melhor forma de se ter o máximo de segurança possível, e o governo federal dispõe de instruções normativas que estabelecem os critérios e procedimentos que podem ser adotados para reconhecimento, as quais, dentre elas, podemos citar a Instrução Normativa de 4 de Dezembro de 2020, que tem por objetivo a declaração de situação de emergência ou estado de calamidade pública pelos municípios, estados e pelo Distrito Federal, a qual obedece critérios preestabelecidos. Segundo o Manual Técnico para Redução de Riscos de Desastres Aplicado ao Planejamento Urbano, 2018, a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, tal como estabelecida na Lei Federal nº 12.608, de 2012, contempla uma série de dispositivos a serem observados por todos os municípios, de forma que o ordenamento territorial e urbano passe a considerar os riscos de desastres, a saber:

- I. É vedada a aprovação de projeto de loteamento e desmembramento em áreas de risco definidas como não edificáveis, no Plano Diretor ou em legislação dele

derivada.

II. É vedada a concessão de licença ou alvará de construção em áreas de risco indicadas como não edificáveis no Plano Diretor ou legislação dele derivada.

III. O gerenciamento das áreas sujeitas à ocorrência de desastres existentes no território municipal deve ser feito por meio de:

- Identificação e mapeamento - cabe ao Município, com o apoio da União e do Estado, identificar e mapear as áreas sujeitas à ocorrência de desastres que deverão constar do Plano Diretor e da legislação urbanística municipal;

- Fiscalização do uso e da ocupação - as áreas sujeitas à ocorrência de desastres devem ser fiscalizadas para evitar ocupações indevidas. A fiscalização somente será efetiva se houver determinação legal que a ampare. Trata-se do exercício do poder de polícia do município, cabendo à fiscalização atestar o cumprimento das normas urbanísticas e edíficias.

IV. Cadastro Nacional de municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos.

O risco pode ser definido como “a percepção do perigo, da catástrofe possível” (VEYRET, 2007, p. 11). Ainda, de acordo com os autores Cardona (2003) e Birkmann (2006), risco é o resultado das interações entre perigos naturais ou provocados pelo homem e as situações de vulnerabilidade, incorporando a probabilidade de ocorrência de eventos de risco. No geral, o risco está relacionado a potenciais fatores ou ocorrências negativas, resultantes da forte “incerteza” na vida no dia a dia.

Perceber o risco implica no entendimento dos fenômenos associados à vida no cotidiano. O reconhecimento dos ritos na comunidade é essencial para defrontar os riscos a que estão expostas (FURTADO, 2012). De regra, a condição de vulnerabilidade do ambiente está vinculada a determinados fatores, que podem ser de fontes naturais, ambientais, tecnológicos, industriais, sociais e econômicos.

O risco e a sua percepção surgem de construções sociais (FURTADO, 2012), nas quais, ao longo do tempo, cada comunidade constrói sua percepção de forma coletiva sobre algum fenômeno, resultado do grau de resiliência às condições de risco a que está submetida. Segundo a autora, a maneira como as pessoas percebem os riscos e o quanto estão expostas a eles influencia no seu modo de vida, no autocuidado e proteção, e na formação de uma “cultura de redução de risco”.

Para Giddens (2000), houve um aumento considerável de novos riscos no meio social cotidiano, podendo até dizer que o risco se formou “hegemônico”, ou seja, a maior parte da população não tem escolha de se expor ou não a eles, sobrando-lhes a alternativa, às vezes, de uma coabitação forçada nos seus “complexos domínios”. Pela percepção das modificações no mundo moderno, com relação ao surgimento de novas formas de risco, Beck (1992) caracterizou a sociedade atual como “sociedade global de risco”. O autor

discorre que “os perigos e consequentes riscos gerados nas sociedades contemporâneas atingiram dimensões nunca vistas em toda a história da humanidade”. E, por ora, as discussões sobre os riscos não devem se atrelar apenas à interpretação técnica, mas sim agregar o contexto aos enfoques sociais e culturais, de forma a entender os fenômenos e situações para saber se são de risco ou não (FURTADO, 2012).

Atualmente, as sociedades vivem uma crise socioambiental, fundamentada pelas incertezas e riscos legados ao longo dos processos industriais. Essa condição adverte sobre a dimensão da vulnerabilidade na qual se encontram os nossos sistemas socioeconômicos e físico-espaciais. Os sistemas se apresentam vulneráveis pela sua exposição a ameaças ambientais, à sua fragilidade e ao seu potencial de adaptação e resiliência (LEMOS, 2010). A mera capacidade de adaptação diminuída já sustenta a situação da crise socioambiental, em função das características geofísicas adversas, das condições difíceis firmadas pela pobreza, assim como a debilidade das instituições de gestão do sistema.

A era de incertezas e riscos recorrentemente percebidos pela sociedade moderna, de aspecto natural, tecnológico, social e ambiental, associado a fenômenos climáticos, desenha um desafio intrínseco de enfrentamento para o planejamento urbano, a fim de minimizar ou eliminar a vulnerabilidade dos sistemas (locais e comunidades) às influências adversas desses riscos. Operar na vulnerabilidade potencializa os sistemas, tornando-os menos vulneráveis aos riscos, em especial os sociais (LEMOS, 2010), estabelecendo um *up* na qualidade de vida da comunidade acometida.

Ao longo do tempo, em resposta ao crescimento e ao adensamento sem planejamento das cidades, configurado pelas habitações precárias e na concepção da falta de infraestruturas, não foi prioridade da gestão pública a implantação de estruturas que desse conta da demanda e enfrentamento a desastres. Portanto, foram desconsideradas pelos gestores as áreas caracterizadas como de risco para ocorrência de eventos extremos, assim como os acontecimentos de fenômenos naturais típicos da região. Além disso, pode-se acrescentar que a desorganização do planejamento urbano, consequentemente, contribui com o aumento da exclusão social, da violência cotidiana e impacta o ambiente. Logo, o ambiente alterado pode ter como consequência a ocorrência de eventos que afetam a vida da população, tais como enchentes, deslizamentos, erosões, entre outras circunstâncias que causam danos às pessoas, perdas materiais e colocam em risco vidas humanas (RIBEIRO *et al.*, 2011). No Brasil, ocorrências significativas estão correlacionadas à ação antrópica, quando se consideram as ligações entre a expansão urbana e as características naturais dos terrenos ocupados (SANTOS, 2012). Assim, nota-se que, entre outras razões, o Brasil não apresenta uma cultura de risco e não fomenta uma gestão de risco, e sim uma gestão de crise (ALMEIDA, L. D.; PASCOALINO, A., 2009).

A ideia de risco está comumente relacionada a perdas e danos, associados às diferentes atividades humanas (NARVÁEZ; LAVELL; ORTEGA, 2009). No entanto, referente aos perigos naturais, as estatísticas mostram o aumento das perdas humanas e

econômicas em todo mundo, simultaneamente ao crescimento da frequência e à magnitude dos eventos naturais. Nesse contexto, surge um impasse sobre a motivação das perdas, ou seja, se as perdas humanas e econômicas se tornaram maiores pelo aumento da frequência e magnitude dos desastres ou pelo aumento do número de pessoas vulneráveis aos perigos naturais. Frente às incertezas, a gestão pública deverá implantar e conduzir um planejamento de risco, com base no tripé da gestão de risco: proteção, previsão e prevenção, de modo a aplicar ações efetivas de solução, valorizando a participação popular na tomada de decisões. A conscientização da população deve ser trabalhada objetivando o desenvolvimento de uma percepção do risco antes da ocorrência do evento (ALMEIDA; PASCOALINO, 2009).

O planejamento e ações de enfrentamento de riscos devem dialogar com a realidade do município. Essa demanda só pode ser obtida através do diagnóstico das vulnerabilidades do local, em que o estudo, de cunho multidisciplinar, apontará as relações de vulnerabilidade tanto nos aspectos físico-espaciais (geomorfologia), quanto das comunidades em relação ao risco. Além disso, é essencial conhecer a natureza (origem) desses riscos percebidos, assim como o grau da vulnerabilidade que condiz com eles, para fins de planejamento devido por parte do poder público.

A efetivação de uma gestão eficiente da terra e dos recursos naturais pode reduzir e evitar riscos socioambientais (UNISDR, 2009). A baixa valorização do planejamento da cidade e da ocupação de qualidade pelos habitantes, além de acentuar os riscos à comunidade, eleva a urgência em se estabelecer soluções com novas infraestruturas, de alto custo, em resposta após ocorrência de eventos extremos. Para isso, é relevante planejar e implementar medidas para prevenir ou reduzir desastres em conjunto com outros assuntos e setores, segmentos governamentais ou não governamentais e sociedade (COUTINHO *et al.*, 2015). A não consideração das áreas de risco e da população vulnerável por parte da gestão municipal traz prejuízos que ultrapassam a esfera local.

Segundo Penna e Ferreira (2014), a ocupação das cidades em áreas de menor valor econômico está ocorrendo por pessoas com menor poder de compra. Esses espaços são caracterizados pela falta de infraestrutura básica, pela moradia precária, pelo aumento das demandas sociais, sendo na sua maioria de competência do Estado e relegados por ele. Os autores consideram esses locais sem infraestrutura como territórios de risco, sendo estes desprovidos de emprego e condições de vida. Guedes (2012) comenta que nenhum local da cidade deve ser privilegiado pelo poder público, já que todos os elementos das cidades se inter-relacionam. Logo, priorizar uma área pode acentuar a desigualdade socioespacial.

De acordo com Ferreira, Vasconcelos e Penna (2008), os locais que configuram maior vulnerabilidade apresentam menor resiliência. Os autores relacionam a noção de vulnerabilidade à resiliência, pelo fato de ela manifestar resposta aos riscos que surgem. O grau de vulnerabilidade de um local é determinado pela conjuntura geográfica e a malha social do território, assim como da aptidão da comunidade em lidar e adaptar-se aos riscos.

Nesse sentido, a Constituição Federal (BRASIL, 1988) delega ao planejamento urbano a responsabilidade de assegurar o bem-estar da população e o desenvolvimento das funções da cidade. O poder público é o principal gestor para agir na redução das desigualdades (PENN; FERREIRA, 2014), visto que, por meio das políticas públicas, pode prever estruturas pertinentes à sociedade de forma inclusiva e igualitária, de modo a diminuir as desigualdades entre seus habitantes. A autora Claudia Siebert (2012) defende que, conhecendo as vulnerabilidades e riscos aos quais as pessoas estão expostas, o planejamento urbano pode interceder ao apresentar medidas de mitigação e adaptações para elevar a resiliência urbana.

Porém, Kovaric (2009) faz críticas quando diz que as responsabilidades advindas do poder público estão reduzindo nos locais precários em assistência e em garantias sociais. Ou seja, está faltando comprometimento por parte do poder público com relação à revisão de conduta, primazia, jeito de lidar com a cidade na área de planejamento e projeto urbano, que venha propiciar o aumento da efetividade no desenvolvimento da resiliência das cidades e, conseqüentemente, das comunidades, perante as ameaças e demais problematizações advindas desse contexto, dos aspectos da crise socioambiental e da mudança climática. Dessa forma, a vulnerabilidade segue aumentando nos espaços urbanos e nas populações submetidas a riscos.

O reconhecimento do perfil da sociedade contemporânea e da situação atual da crise socioambiental proporciona ao planejamento e ao projeto urbano dados para a reestruturação (atualização) das ações de gestão e da redefinição das prioridades para atuar no contexto atribuído às incertezas (LE MOS, 2010). Segundo a autora, a reestruturação para atender a crise, inclusive a questão do fenômeno de mudança climática, torna-se prioridade, igualmente a vulnerabilidade das cidades, visto que os problemas em seus “sistemas físico-espaciais, sociais e econômicos” têm se tornado grandes, perante eventos climáticos extremos, de procedência ou não do aquecimento global, caracterizando-se em desastres de grandes proporções pelo planeta.

No entanto, é de competência do planejamento urbano promover políticas de infraestrutura em habitação, saneamento básico, lazer e educação, de forma a proporcionar uma melhor condição de vida à população. Logo, a vulnerabilidade social e espacial pode ser revertida, com vistas à minimização da desigualdade social e no estabelecimento da construção da resiliência das cidades, corroborando as ideias de Penna e Ferreira (2014).

No Brasil, o impasse do poder público em não apresentar soluções às questões socioambientais está na sua falta de atuação junto às políticas públicas. Silva e Travassos (2008) destacam ser pertinente entender a cena da vulnerabilidade social e a degradação ambiental nas cidades, assim como conhecer as suas causas e influências na constituição dos espaços urbanos. Nessas circunstâncias, Martins (2010) comenta que em muitas cidades brasileiras vivem milhares de famílias em situação de risco, que estão sujeitas a inundações, alagamentos, deslizamentos de terra, além de não disporem de assentamentos

habitáveis, como um sistema de saneamento básico adequado.

Nesse contexto, Silva e Travassos (2008) discorrem que, devido à ausência e ineficiência do saneamento básico, é comum a ocorrência de problemas ambientais e de saúde nos núcleos urbanos. Vale informar que dentro desse sistema de saneamento básico, inclui-se o fornecimento de água potável, esgotamento sanitário, coleta de lixo e manejo de resíduos sólidos e drenagem das águas pluviais urbanas (Plansab) (BRASIL, 2019), que, juntamente, devem contribuir para a salubridade do ambiente habitado. Com relação ao esgotamento sanitário, por exemplo, em muitos municípios brasileiros, mesmo possuindo o serviço, não se realiza o tratamento do esgoto adequadamente. Os efluentes sanitários são descartados nos corpos hídricos, a céu aberto, promovendo a contaminação de águas superficiais e subterrâneas, ocasionando riscos para a saúde humana e para a natureza.

No Brasil, 84,3% da população se concentra em áreas consideradas urbanas (EMBRAPA, 2017). Nos espaços chamados favelas habitam cerca de 17,1 milhões de pessoas, perfazendo 8% da população nacional (CNN BRASIL, 2021). Nesse cenário, 16,3% da população não é atendida com rede de água potável, 45,9% não possui coleta pública de esgoto (SENADO, 2021), material que, de alguma forma, chega nos corpos hídricos, colaborando para sua poluição, disseminando doenças, entre outros riscos. Segundo a CNN Brasil (2021), o crescimento das áreas urbanizadas brasileiras ocorridas entre 1985 e 2020, 4,66%, possui características de ocupação informal – áreas de ocupação irregulares, vulneráveis e perigosas onde habita grande parte da nossa população.

A geração crescente de resíduos sólidos urbanos (RSU), desprovido de um manejo adequado, também tem contribuído para a ocorrência de impactos ambientais significativos em municípios, com riscos adversos à população. Sua disposição no solo, em lixões ou aterros, por exemplo, possibilita a exposição humana a substâncias tóxicas, colabora com a poluição dos recursos naturais, além de atuar negativamente na dinâmica dos recursos de drenagem urbana, quando alcançam esses espaços. A presença dos resíduos sólidos nas redes de drenagem dificulta o escoamento das águas pluviais para os córregos e riachos, causando alagamentos e inundações que, por sua vez, carregam poluentes, trazendo riscos importantes à saúde humana e ao meio ambiente, além de interferir direta e indiretamente no cotidiano da sociedade.

Segundo a ABRELPE – Associação Brasileiras das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, a geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil chegou na marca de 82,5 milhões ton/ano durante a pandemia da COVID-19 (2020/2021), quando ocorreu a “migração das atividades sociais, de trabalho e educação para dentro das residências”, conforme informações do “Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2021”. Nesse período, a geração de resíduos domiciliares aumentou 4%, perfazendo uma média de 1,07 kg/hab/dia, pela permanência das pessoas em suas residências com descartes dos resíduos no local, sendo estes recolhidos pelos serviços de coleta urbana. O Panorama aponta que do

total de resíduos gerados na pandemia, 76,1 milhões de ton/ano foram coletados, atingindo uma cobertura de 92,2%, e 6,4 milhões de ton/ano sequer foram recolhidos da fonte geradora. Ainda são direcionados quase 40% (30,3 milhões ton/ano) dos resíduos urbanos coletados, inadequadamente, para aterros controlados e lixões a céu aberto.

De acordo com o Panorama, os resíduos de saúde aumentaram 14,6%, com uma produção média por pessoa de 1,369 kg/hab/ano, em função dos atendimentos de saúde aos pacientes da COVID-19, totalizando a coleta nos municípios em 290 mil toneladas de resíduos de serviços de saúde, em 2020. Embora tenha ocorrido o aumento de 37 mil toneladas de resíduos de saúde pela pandemia, os resíduos recolhidos ainda seguem para a destinação final sem o devido tratamento prévio, em desconformidade com as normas vigentes, configurando-se como risco aos “agentes de saúde, à saúde pública e ao meio ambiente”. E a empresa, que não dispõe de uma gestão adequada, está à mercê do risco de sofrer penalidades, por exemplo, multas e/ou ter a sua atividade suspensa.

As gestões municipais devem se atentar ao aumento do volume dos resíduos sólidos urbanos na contemporaneidade e os riscos que estes representam à população, de forma a garantir o seu tratamento adequado. Para isso, não basta só a existência dos serviços, é essencial a adequação, que providencie uma conjuntura de atendimentos à população, tais como moradia adequada para seus habitantes, educação ambiental, gestão pública de resíduos, objetivando evitar impactos sociais, ambientais, de saúde e econômicos negativos, que incidam sobre a sociedades e o meio natural.

Nesse sentido, Martins (2010) também aponta a importância do comprometimento dos governantes locais na implementação de políticas públicas, com vista na mitigação e na adaptação. O autor ainda explana que muitos países em desenvolvimento não valorizam, ainda, adoção de medidas preventivas de infraestrutura, sobrecarregando mais as cidades, em especial as comunidades localizadas em áreas de risco. E a ocupação de áreas ambientalmente fragilizadas no Brasil se dá não por falta de planos e de leis, mas sim pela falta de cumprimento e de opções habitacionais para os menos favorecidos (MARICATO, 2011).

Steffen (2015) evidencia que a importância em conhecer o uso e ocupação do solo está em relacioná-lo com outros diversos impactos ambientais que, juntos, sustentam os eventos naturais contemporâneos advindos das mudanças climáticas como, por exemplo, “o desmatamento, a perda da biodiversidade, a destruição da camada de ozônio, o aquecimento global, a contaminação da água dos rios, lagos, riachos, acidificação dos oceanos, etc”. Ademais, é necessário defrontar a composição espacial, os mecanismos de planejamento urbano e de proteção ambiental, para entender os problemas que acometem o local, de modo a estruturar ideias para diminuir e auxiliar no desenvolvimento sustentável da cidade.

De acordo com o Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab) (BRASIL, 2019) e Santos, Kuwajima e Santana (2020), o Brasil já apresenta meios de viabilizar o

“planejamento e a gestão preventiva de desastres”, assim como proporcionar soluções, a começar pela gestão integrada de infraestruturas urbanas, fundamentada na “dinâmica e nos fluxos da natureza” (Natural-Based Solutions – NBS), conforme UN Water (2018). As soluções são consideradas economicamente acessíveis (SOUZA; CRUZ; TUCCI, 2012; UN WATER, 2018) e contribuem para a gestão integrada das políticas de saneamento, assim como as de “recursos hídricos, usos do solo urbano e prevenção a desastres”.

A temática dos riscos e desastres surgem no cenário atual como uma questão preocupante para o delineamento da sociedade. O número e a intensidade desses eventos têm aumentado significativamente nos últimos tempos. Os eventos surgem pela junção de fatores distintos, afetando negativamente, de diferentes formas, os grupos sociais, intensificando o estado de vulnerabilidade das pessoas perante a ocorrência de eventos extremos.

Desastre é definido pela Política Nacional de Defesa Civil como “resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema vulnerável, causando danos humanos, materiais e ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais” (BRASIL, 2007). Nesse sentido, mais estudos devem acontecer sobre os desastres naturais, frente às novas expectativas de mudanças climáticas e ao aumento da sua ocorrência. No Brasil, os desastres naturais de maior incidência estão representados, segundo Alvalá e Barbieri (2017), por “inundações, enxurradas, alagamentos, deslizamentos, estiagens, secas, incêndios florestais, mortes por descargas elétricas e destruição por vendavais”. Nota-se que os desastres mais ocorrentes são de origem hidrológica ou meteorológica, e estes proveem prejuízos significativos à população envolvida. Freitas *et al.* (2014) relaciona as mudanças climáticas a 98% dos desastres naturais ocorridos no Brasil, considerando os períodos de 1991 a 2010. Entre os anos de 1990 e 2013, foram contabilizados 7.668 óbitos e 19 milhões de pessoas que ficaram desabrigadas, devido às enchentes e inundações no Brasil (GONÇALVES, 2015). No período de 2000 a 2015, Freitas *et al.* (2020) relata que ocorreram 5.568 desastres hidrológicos no Brasil, com formação de alagamentos, enchentes e inundações, representando 88,5% das despesas totais dos desastres naturais, ligados à área da saúde.

A região Sul do Brasil “é frequentemente afetada por alagamentos, inundações bruscas e graduais, escorregamentos, estiagens, vendavais, tornados, nevoeiros e ressacas” (BRASIL, 2012, p. 12). No estado do Rio Grande do Sul as inundações são as mais representativas nos desastres naturais registrados, e frequentemente muitos municípios sofrem com eventos pluviométricos, com a formação de inundações provocadas por enchentes e enxurradas. No estado, entre os anos de 1980 e 2010, foram contabilizadas 1.742 ocorrências de desastres naturais por conta das enxurradas (MENESES; SCCOTI, 2013), sendo mais frequentes nos meses de novembro, dezembro, janeiro e maio, com precipitações mais significativas. Nesse contexto, o município de Arroio do Padre, localizado na região sul do estado, é um exemplo, por ter vivenciado um evento pluviométrico intenso

em três anos consecutivos, caracterizados por volumes expressivos de chuva em pouco espaço de tempo. Segundo a Estação Experimental da Cascata, no episódio do dia 29 de janeiro de 2009 foram registrados, em 24 horas, 586 mm de precipitação. O evento do dia 15 de novembro de 2010, de maior intensidade, contabilizou 320 mm de chuva, em aproximadamente 3 horas de duração (EMATER, 2010), além da presença de granizo. Na data de 11 de março de 2011, novamente chuvas intensas acometeram o município, levando a Prefeitura Municipal de Arroio do Padre a decretar situação de emergência, assim como após a enxurrada de 2010. Segundo a Emater (2010), os prejuízos causados pelos eventos descritos somaram R\$ 7 milhões, gerando adversidades à população. Como a maioria da população habita na região rural do município, em áreas desprovidas de infraestruturas, os danos foram consideráveis em decorrência dos eventos registrados, entre eles a destruição de áreas de lavouras, de pontes, de estradas rurais, do patrimônio privado, de sistema de drenagem, deslocamento de massa, rede hidrográfica e intensificação e modificação do relevo ocasionada pela força das águas das chuvas. Eventos hidrológicos extremos são desastres naturais, porém são acentuados pela ação antrópica ou problemas de gestão.

O município de Arroio do Padre também sofre com a escassez hídrica. O município teve dois eventos de escassez hídrica de maior intensidade, um ocorrido em 2012 e outro em 2018, causando prejuízos no abastecimento de água para a população. Os dois eventos levaram a Prefeitura do município a decretar emergência. O decreto emitido em 2012 relacionou a escassez da água a fatores climáticos na zona sul do estado, enquanto o decreto publicado em 2018 associou a escassez hídrica à baixa pluviosidade ocorrida nos meses de dezembro de 2017 e janeiro de 2018, informação confirmada pelas informações do IRGA e de agricultores da localidade.

Outras variáveis ambientais influenciam na escassez hídrica em Arroio do Padre. Pode-se apontar as características geológicas do terreno do município, que apresentam rochas pouco porosas e permeáveis, que dificultam a infiltração da água, afetando tanto na formação de aquíferos, que precisam que a água percole por fendas e fraturas para se formarem, quanto na perfuração de poços, dificultada pelas características de resistência das rochas. Vale ressaltar que a maior parte do abastecimento de água no município se dá por meio de poços profundos e poços rasos do tipo cacimba, acentuando o uso de água subterrânea e superficial. Como a água subterrânea já é limitada, poderá reduzir ainda mais perante a escassez, podendo chegar à exaustão dos aquíferos, trazendo transtornos, principalmente para moradores das áreas rurais que dependem unicamente do abastecimento por meios dos poços e das cacimbas. Pode-se considerar também as declividades acentuadas de terrenos no município, que contribuem para que a água da chuva percole rapidamente para os canais. Essa condição também dificulta a entrada da água nas rochas e o abastecimento dos aquíferos, aumentada pelo tipo de solo argiloso, predominante no município (CARDOSO, 2021). Portanto, esses fatores são desfavoráveis no enfrentamento da falta de água em Arroio do Padre. Na sede do município, fica a porção

mais elevada do território, envolto por cursos d'água de ordens inferiores, inaptos para suprir completamente as necessidades de abastecimento de toda a população. Assim, na área urbana do município a água é disponibilizada pela rede pública, o que não acontece na zona rural.

Os eventos supracitados conferem riscos à população arroio padrenses, nos quesitos saúde (doenças relacionadas, falta de estrutura hospitalar, acidentes, etc.), socioeconômico (prejuízos materiais e na produção de alimento, e pobreza) e ambiental (degradação ambiental dos espaços e recursos naturais).

Lavell (2000) explica que os desastres não são obrigatoriamente de origem natural, mas construídos socialmente. Logo, a análise da ocorrência desses eventos pode ser realizada, objetivando a implementação de meios de diminuir seus efeitos ou riscos. E, para isso, é essencial atuar sobre a “relação” entre as ameaças e vulnerabilidades, de modo a obter o grau de risco de desastre em um espaço socioterritorial definido.

Alvalá e Barbieri (2017) reforçam que o aumento de ocorrências de desastres não é motivado somente pelas mudanças climáticas, mas também pelo avanço das ocupações de áreas de risco. O cenário ambiental aumenta o risco e desenvolve novas ameaças, porém o fator socioeconômico da comunidade também interfere no segmento de um desastre (ALVINO-BORBA *et al.*, 2020). O desastre ganha proporções maiores pela configuração do espaço ocupado, pela vulnerabilidade do local e da comunidade, aumentando sua gravidade e ocorrências. Logo, alguns traços da vulnerabilidade maximizam os riscos de desastre em áreas urbanizadas, tais como: “aumento da densidade demográfica e assentamentos precários; políticas de habitação urbana; degradação ambiental; ineficiência de políticas de proteção social; ocupação inadequada do solo; inexistência de planejamentos urbanísticos; ausência de mapeamentos de risco e de Planos Municipais de Redução de Riscos; segregação espacial” (FURTADO, 2012).

Em muitos municípios, um fator determinante de risco é a propensão da população em habitar áreas nas margens de rios e arroios, pelos benefícios que os corpos hídricos oferecem. Porém, essas áreas são enquadradas como de risco e, de acordo com Nunes (2016), as alterações realizadas pelas pessoas nesses espaços, associadas à “distribuição e variabilidade da precipitação”, podem ter efeitos danosos. Segundo o autor, as modificações antrópicas contínuas no meio físico aumentam o grau de risco em muitas regiões, possibilitando eventos a se transformarem em desastres. Nesse contexto, vale relembrar a enxurrada de 15 de novembro de 2010, em Arroio do Padre, que resultou em grandes perdas para a população e município, quando o evento atingiu e destruiu estradas de acesso, pontes, lavouras, entre outros, assim como residências próximas ao rio, onde viviam famílias que tiveram que abandonar suas casas e serem realocadas em outra área do município, desabilitando a área de risco (Figura 27).

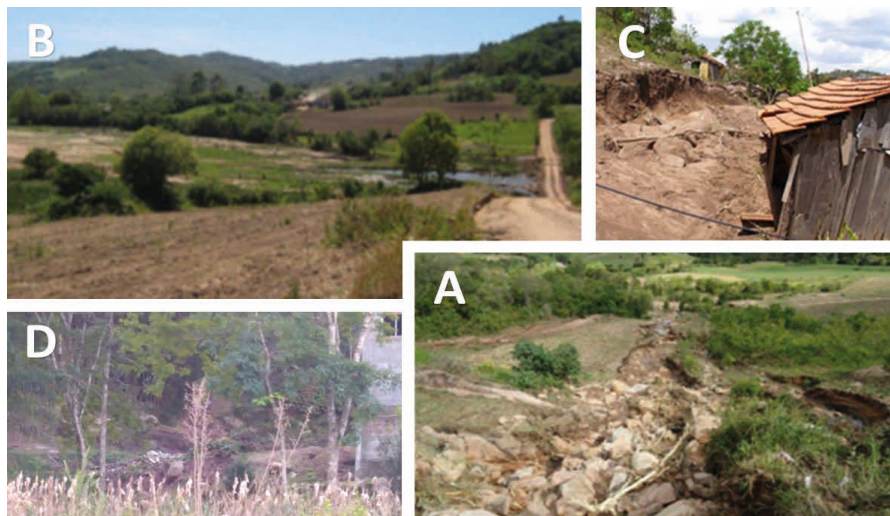


Figura 27: Alterações geomorfológicas na área de Arroio do Padre, desencadeadas durante a enxurrada de 15/11/2010, caracterizando área de risco. A) Erosão linear acentuada em área de lavoura; B) Acúmulo de sedimentos do médio e baixo vale do Arroio Pimenta (à esquerda); C) Movimento de massa (mobilização de solo) que atingiu um galpão; D) Presença de erosão e resíduos no espaço de drenagem pluvial natural.

Fontes: A) EMATER/AP (2010). B) MEURER (2010). C) EMATER/AP (2010). D) autores

O município de Arroio do Padre necessita aprimorar a busca de informações sobre o seu território, de forma a organizar a ocupação do espaço e efetivar a gestão deste, realizar o diagnóstico dos riscos potenciais e advertir a população sobre os riscos aos quais está exposta. Trata-se de um município relativamente novo, de pequeno porte e, como já comentado anteriormente, a maioria da sua população está concentrada na região rural do município, de onde sai grande parte de sua produção econômica, fatores que representam um grande desafio para a Gestão Pública na implantação de infraestruturas, com fins de mitigar ou evitar as condições de vulnerabilidade de seus habitantes no cotidiano. Geralmente, as zonas rurais apresentam cenários mais críticos, pelas condições do local, que culminam em uma degradação no ambiente, acentuando a fragilidade ambiental. A população nessas áreas não se encontra preparada para enfrentar eventos extremos.

Estudo feito nas bacias hidrográficas do município de Arroio do Padre e o conhecimento das suas características morfométricas corroboraram a propensão do município em ter ocorrências de enxurradas – inundações bruscas (ARAUJO *et al.*, 2019), risco de evento que caracteriza um desastre natural, como os evidenciados pelo município mencionados anteriormente. Considerando uma precipitação de maior intensidade, por si só, e a característica de declive de certas áreas do município de Arroio do Padre, forma-se um cenário que traz consigo riscos de tipologias distintas, agravados pela ausência de infraestrutura adequada (Figura 28).



Figura 28: A) Efeito natural da drenagem pluvial em direção ao Arroio Pimenta (carregamento de sedimentos); B e C) Acúmulo de sedimentos no Arroio Pimenta; D) Canal de drenagem pluvial construído a jusante das áreas mais elevadas; E) Escoamento das águas pluviais para o Arroio Pimenta de áreas a montante (transporte de poluentes); F) Ponte sobre o Arroio Pimenta aparentando sem manutenção, mostrando-se uma estrutura frágil perante a ocorrência de fenômenos extremos como enxurradas. Presença de erosão linear na cabeceira da ponte. Espaço sem vegetação e com declividade (à direita).

Fontes: autores.

Vale comentar que, além da ocorrência de riscos com danos e perdas materiais à população e modificações na estrutura natural do município, como movimentação de massa (FLACH, 2017), é pertinente abordar os riscos relacionados à saúde pública,

relativos à implementação do sistema de saneamento básico no município. Comumente o escoamento das águas pode promover o deslocamento de resíduos sólidos e poluentes para as áreas mais baixas do território, que de alguma forma podem afetar a qualidade da água de consumo da população acometida. Como já dito anteriormente, o abastecimento de água da população que habita fora do centro de Arroio do Padre ocorre por meio de poços ou cacimbas e cada morador é responsável pela sua água. O acompanhamento da qualidade da água nesses reservatórios só é realizado quando o consumidor o solicita à Prefeitura. A implantação desses poços e a exploração de nascentes sem a supervisão técnica podem impactar o ambiente, contaminar a água, bem como reduzir a quantidade de água das nascentes e, conseqüentemente, provocar o rebaixamento do nível dos aquíferos. Geralmente, as águas subterrâneas *in natura*, oriundas dos poços rasos, são boas para consumo, pois provêm das chuvas, passam pela filtração natural no solo, até chegarem a uma camada impermeável onde se formará um lençol d'água (o lençol freático). Mesmo assim, ao longo desse processo de infiltração, substâncias podem se acoplar à água e alterar a sua qualidade, tornando-a imprópria para o consumo sem o devido tratamento.

A instalação desses reservatórios, por vezes, apresenta-se em locais impróprios na propriedade, comprometendo, dessa forma, a eficiência do sistema, com relação à contaminação da água. Os poços e cacimbas devem ser alocados em espaços acima de fontes poluidoras de água (lavouras, cemitério, efluente sanitário, pocilga, etc), de modo a não receberem por gravidade as águas pluviais poluídas no seu abastecimento. Além disso, a água contida nas cacimbas, advinda geralmente de nascentes que ficam a jusante de áreas elevadas e que podem receber poluentes trazidos pela água percolada, pode também apresentar contaminação, ou seja, estar imprópria para o consumo, condição que representa riscos à saúde dos usuários. Por exemplo, estudos realizados em nascentes em Arroio do Padre denotaram que na água coletada em algumas nascentes constava, em quase todos os casos, a presença de coliformes, inclusive coliformes termotolerantes (Relatório técnico produzido pelo Departamento de Geografia da Universidade Federal de Pelotas, sobre a qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Arroio do Padre, 2018). A contaminação pode ser proveniente de águas poluídas que estão associadas à falta ou insuficiência do sistema de esgotamento sanitário, descarte de efluentes domésticos no ambiente, disposição inadequada do lixo, cemitérios, postos de combustíveis, insumos utilizados na agricultura, pocilgas, criadouros, entre outros (Figura 29). O mesmo estudo apontou que em uma das nascentes foram encontrados resíduos sólidos no seu entorno e escoamento superficial das áreas de culturas temporárias em direção ao seu leito. Considerando o uso e manejo das lavouras, na questão da qualidade da água, estas podem contribuir de forma significativa na contaminação da água devido ao uso de agrotóxicos no cultivo de fumo, soja, entre outros. Porém, segundo o relatório das análises realizadas sobre a qualidade da água nas nascentes, a que mais se apresentou impactada foi uma nascente na área urbana, dentre as monitoradas. Algumas das alterações observadas

nessa área são claramente resultantes de contaminação. Esse resultado corrobora a pressão/influência urbana sobre a qualidade dos recursos naturais locais.

Assim, pode-se afirmar que existe uma relação direta entre riscos ambientais e precariedade no acesso aos serviços públicos (falta de infraestrutura urbana - água, saneamento, coleta de lixo, canalização de cursos de água, entre outros) (COUTINHO *et al.*, 2017).



Figura 29: A) A maior parte da população de Arroio do Padre está concentrada na zona rural do município, dificultando a implantação de infraestruturas pelo poder público, condição que a coloca vulnerável com relação aos riscos socioambientais. B) Foto da área de cultura temporária próximo uma nascente localizada ao lado do cemitério municipal, onde se percebe um canal construído para direcionar o escoamento superficial da lavoura em direção à nascente (fonte de poluição). C) Foto do cemitério assentado a montante de áreas de lavouras. O cemitério, além de possuir uma atividade poluidora (CAMPOS, 2007), ocupa uma área que apresenta declividade acentuada, podendo ser uma forte fonte de poluição das águas superficiais e subterrâneas, tanto na sua área quanto nas áreas adjacentes, interferindo diretamente na saúde pública.

Fontes: A) autores. B) MEURER (2010). C) autores

No Brasil, o instrumento básico da política para o planejamento urbano é o Plano Diretor (CARVALHO; BRAGA, 2001). Trata-se de uma lei municipal que estabelece toda a organização para o desenvolvimento e expansão da cidade, ou seja, determina o macrozoneamento do território municipal e as normas de uso e ocupação do solo, bem como direciona ações incorporadas às principais políticas públicas a respeito do ordenamento do território. Nesse plano, o planejamento também deve contemplar medidas antecipatórias, idealizando o comprometimento com a adaptação nas cidades, na redução de vulnerabilidades socioclimáticas. As medidas adaptativas podem promover ações em

resposta a impactos previsíveis futuros, antecedendo a solução de problemas e desastres, assim como sobre os riscos e impactos já existentes. São medidas de caráter prioritário, tendo em vista os conflitos que envolvem riscos relacionados a fenômenos climáticos existentes, agravados pela pobreza e pela ocupação urbana inadequada, isso não levando em conta as projeções de aumento de frequência e intensidade dos eventos climáticos em consequência da mudança climática (HANDMER, 2003).

Assim, o Plano Diretor e outros planos municipais regidos pelas orientações estabelecidas nele devem assegurar um bom planejamento urbano, para garantir o bem-estar e a segurança social, visando também à sustentabilidade socioambiental. Para isso, o cumprimento de todas as ações preconizadas no Plano Diretor devem acontecer de modo a garantir o bom funcionamento da cidade em todos os assuntos que foram propostos.

O Plano Diretor do município de Arroio do Padre, Lei Complementar n.º 006/2006, de 4 de outubro de 2006, apresenta a Política de Desenvolvimento Municipal Integrada e, nesse contexto, destacam-se algumas atribuições do plano pertinentes ao estudo:

O Plano Diretor, das suas atribuições, no artigo 1º, determina que suas ações e finalidades sejam aplicáveis a toda a extensão territorial do Município. O artigo 2º confirma que o Plano Diretor integra o processo de planejamento municipal.

Os princípios norteadores da política do desenvolvimento municipal, constantes no Plano Diretor de Arroio do Padre, compreendem: a função social da cidade, a função social da propriedade, a sustentabilidade e a gestão democrática e participativa. No artigo 5º, sobre a função social da cidade, cabe ao poder público assegurar “os direitos à terra urbanizada, ao saneamento ambiental, à infra-estrutura e serviços públicos, ao transporte coletivo, à mobilidade urbana e acessibilidade ao trabalho, à cultura e ao lazer”. Esses quesitos, para serem cumpridos, devem ter no mínimo o aporte do município em oferecer infraestruturas urbanas básicas, equipamentos e serviços de acordo com a demanda e realidade do município, respeitando os princípios definidos pelo ordenamento territorial. No art. 8º, está ratificado que todos os segmentos da sociedade devem participar na formulação, execução e acompanhamento do referido Plano Diretor. Assim, ele se coloca como fundamental e atua como um instrumento de gestão ambiental e territorial, que propicia autonomia e controle à sociedade sobre suas práticas e finalidades. Dessa forma, a sociedade pode atuar com a administração do município. O plano passa a ser a “principal referência normatizadora das relações entre o cidadão, as instituições e o meio físico municipal” (artigo 9º).

No artigo 11, o plano dispõe que seus objetivos serão atendidos através da implementação de políticas setoriais integradas para ordenar a expansão e o desenvolvimento do Município, de forma planejada e ambientalmente sustentável, visando à melhoria da qualidade de vida.

Sobre a Política Municipal de Saúde e seus objetivos, referente ao artigo 18, o objetivo do inciso I consta que o município, dentro de seu planejamento, proporciona a

assistência pública de saúde a todos os habitantes do município de Arroio do Padre e, no inciso V, preconiza manter a vigilância sanitária como elemento essencial na proteção da saúde pública.

No artigo 22, o plano apresenta o objetivo geral da Política Municipal de Habitação do município, como sendo o de auxiliar na solução da privação habitacional no município, e lista no artigo 23 as diretrizes:

- I. Democratizar o acesso ao solo urbano e a oferta de terras, a partir da disponibilidade de imóveis públicos, quando existentes, e da utilização de instrumentos do Estatuto da Cidade;
- II. Coibir as ocupações em áreas de risco e não edificáveis;
- III. Elaborar o Plano Municipal de Habitação;
- IV. Garantir a sustentabilidade social, econômica e ambiental nos programas habitacionais, por intermédio das políticas de desenvolvimento econômico e de gestão ambiental;
- V. Promover a qualificação urbanística e regularização fundiária dos assentamentos habitacionais precários e irregulares, quando assim verificado.
- VI. Assegurar o apoio e o suporte técnico às iniciativas individuais ou coletivas da população para produzir ou melhorar a moradia;
- VII. Promover a remoção de famílias que estejam residindo em áreas de risco, em locais de interesse ambiental ou em locais de interesse urbanístico e garantir alternativas habitacionais para essas famílias;
- VIII. Recuperar as áreas de preservação ambiental, ocupadas por moradia, não passíveis de urbanização e regularização fundiária;
- IX. Estimular a produção, pela iniciativa privada, de unidades habitacionais voltadas para o mercado popular;
- X. Ampliar as áreas quando destinadas à habitação de interesse social;
- XI. Inibir o adensamento e a ampliação das áreas irregulares existentes;
- XII. Criar sistema atualizado de informações sobre as condições de moradia e acesso à terra;
- XIII. Assegurar a participação popular nos projetos e planos urbanos.

No mesmo contexto, o artigo 24 estabelece o básico para constar na elaboração do Plano Municipal de Habitação:

- I. Diagnóstico das condições de moradia no Município;
- II. Cadastro das áreas de risco, áreas ocupadas e ocupações irregulares;
- III. Identificação das demandas por região do município e natureza das mesmas;
- IV. Objetivos, diretrizes e ações estratégicas para a Política Municipal de Habitação

definida nesta Lei;

V. Definição de metas de atendimento da demanda, com prazos, priorizando as áreas mais carentes.

No plano, o desenvolvimento da preservação e conservação ambiental é preconizado pelo artigo 25, que traz no inciso II o conceito do patrimônio natural:

II – patrimônio natural: os elementos naturais ar, água, solo e subsolo, fauna, flora, assim como as amostras significativas dos ecossistemas originais indispensáveis à manutenção da biodiversidade ou à proteção das espécies ameaçadas de extinção, as manifestações fisionômicas que representam marcos referenciais da paisagem, que sejam de interesse proteger, preservar e conservar a fim de assegurar novas condições de equilíbrio urbano, essenciais à sadia qualidade de vida.

Por meio dessa definição, fica estabelecida a importância da paisagem como um marco referencial na questão da política ambiental do município. E, no artigo 26, constam alguns compromissos que o município possui com os recursos:

XVIII. Promover a qualidade ambiental e o uso sustentável dos recursos naturais, por meio do planejamento e do controle ambiental;

XX. Criar mecanismos de informação à população sobre os resultados dos serviços de saneamento oferecidos;

XXII. Implementar programas de reabilitação das áreas de risco;

XXIV. Assegurar, dentro de suas possibilidades, à população do Município oferta domiciliar de água para consumo residencial e outros usos, em quantidade suficiente para atender as necessidades básicas e qualidade compatível com os padrões de potabilidade;

XXV. Fomentar estudos hidrogeológicos no município;

XXVI. Garantir a conservação dos solos como forma de proteção dos lençóis subterrâneos;

XXVII. Controlar a ocupação do solo nas áreas próximas aos poços de captação de água subterrânea;

XXVIII. Conscientizar a população quanto à correta utilização da água;

XXIX. Proteger os cursos e corpos d'água do município, suas nascentes e matas ciliares;

XXX. Desassorear e manter limpos os cursos d'água, os canais e galerias do sistema de drenagem;

XXXI. Ampliar as medidas de saneamento básico para as áreas deficitárias, por meio da complementação e/ou ativação das redes coletoras de esgoto e de água;

XXXII. Complementar o sistema de coleta de águas pluviais nas áreas urbanizadas do território, de modo a evitar danos ao meio ambiente;

XXXIII. Elaborar e implementar sistema eficiente de gestão de resíduos sólidos, garantindo a ampliação da coleta seletiva de lixo e da reciclagem, bem como a redução da geração de resíduos sólidos;

XXXIV. Implantar e ampliar o sistema de coleta de lixo, de forma racionalizada;

XXXV. Manter aprimoradas as técnicas utilizadas em todo processo de coleta e disposição final de resíduos sólidos urbanos;

XXXVI. Evitar os efeitos negativos provenientes da inadequação dos sistemas de coleta e disposição final dos resíduos coletados;

XXXVII. Garantir a participação efetiva da comunidade visando ao combate e erradicação dos despejos indevidos e acumulados de resíduos em terrenos baldios, logradouros públicos, pontos turísticos, rios, canais, valas e outros locais.

O artigo 34 dispõe que: “o ordenamento territorial consiste na organização e controle do uso e ocupação do solo no território municipal, de modo a evitar e corrigir as distorções do processo de desenvolvimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente, o desenvolvimento econômico e social e a qualidade de vida da população”. Os municípios possuem a competência para desenvolver um ordenamento territorial adequado e legislar sobre questões locais. O ordenamento territorial, em Arroio do Padre, constitui as áreas urbanas e rurais do município. O artigo 35 discorre os objetivos gerais do ordenamento territorial, como segue:

I. Definir perímetro urbano e áreas de urbanização específica para o Município;

II. Organizar o controle do uso e ocupação do solo nas áreas urbanas;

III. Definir áreas especiais que, pelos seus atributos, são adequadas à implementação de determinados programas de interesse público ou necessitam de programas especiais de manejo e proteção;

IV. Definir diretrizes viárias;

V. Qualificar os usos que se pretendem induzir ou restringir em cada área da cidade;

VI. Promover o adensamento compatível com a infra-estrutura em regiões de baixa densidade e/ou com presença de áreas vazias ou subutilizadas;

VII. Preservar, recuperar e sustentar as regiões de interesse histórico, paisagístico, cultural e ambiental;

VIII. Urbanizar e qualificar a infra-estrutura e habitabilidade nas áreas de ocupação precária e em situação de risco;

IX. Combater e evitar a poluição e a degradação ambiental;

X. Integrar e compatibilizar o uso e a ocupação do solo entre a área urbana e a área rural do Município.

O artigo 36 define que o zoneamento é o elemento que determina as regras básicas de ordenamento do território, com o propósito de estabelecer as diretrizes para a utilização

dos instrumentos de ordenação territorial e de zoneamento de uso e ocupação do solo. O artigo 37 define as zonas, na Lei do Perímetro Urbano, integrantes do Plano Diretor Municipal: I. Núcleos Urbanos; II. Localidades rurais e III. Área de Preservação Permanente.

O plano diretor deve contextualizar também a inventariação das áreas de risco do município, os padrões de drenagem urbana, assim como as instruções para a regularização fundiária de assentamentos irregulares no seu território (COUTINHO *et al.*, 2015). O município do Arroio do Padre é um município novo e, como acontece com outros municípios, apresenta a possibilidade de crescimento e de expansão da urbanização. Com as áreas suscetíveis a fenômenos naturais mapeados, o crescimento sobre as áreas de risco pode ser evitado (GANEM, 2012). Logo, o uso e a ocupação do território dos municípios precisa ser planejado levando-se em conta as características e as limitações naturais do terreno (VEDOVELLO; MACEDO, 2007). Com o aporte do plano, o processo de ocupação se desenvolve de forma legal, orientada e monitorada.

A Lei Federal nº 12.608/12, que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), tem como um de seus objetivos a inibição da ocupação de áreas ambientalmente vulneráveis e de risco e as providências da realocação da população que vive nessas áreas, e corrobora a necessária atuação dos estados e municípios na devida ordem.

Segundo Coutinho (2015), o plano diretor que apresenta as áreas de riscos demarcadas e as ações direcionadas à redução dos desastres socioambientais deve pertencer à gestão do município e integrar-se aos demais instrumentos de planejamento, como o Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR), o cadastro e o mapeamento das áreas de risco, a carta geotécnica e lei de uso e de ocupação do solo, entre outros. A carta geotécnica é uma ferramenta importante para a gestão municipal, traz informações acerca das características do meio físico de um município, assim como sua suscetibilidade com relação aos riscos de ocupação, tornando-se um dos elementos-base para o planejamento municipal. A PNPDEC inseriu na Lei nº 10.257/2001, art. 42-A, Inciso VI, § 1) o seguinte trecho: “A identificação e o mapeamento de áreas de risco levarão em conta as cartas geotécnicas” (BRASIL, 2001, n.p.). O mapeamento das áreas de risco é essencial na prevenção, controle e gestão dos fenômenos naturais, especialmente em municípios monitorados quanto ao risco de desastres, como deslizamentos em encostas, enxurradas, solapamentos e de terras caídas, entre outros. Alheiros (2006) considera o mapa de riscos instrumento base para a elaboração do PMRR.

Coutinho (2015) comenta que cerca de 54% dos municípios brasileiros apresentam legislação sobre zoneamento ou de uso e ocupação do solo, e ambos complementam os planos diretores municipais ao estabelecerem critérios de uso e de ocupação em zonas específicas dos municípios. No entanto, poucos municípios apresentam sobre o aspecto uso e ocupação do solo uma legislação específica de prevenção a fenômenos extremos (como enchentes ou inundações graduais, enxurradas ou inundações bruscas, escorregamentos

ou de deslizamentos de encostas), denotando haver pouco planejamento do espaço de risco nos municípios. Com o intuito de inibir a continuidade das ocupações em áreas de risco, os municípios deveriam assentir a função do zoneamento ou lei específica, para conduzir a ocupação adequada em zonas urbanas. Buscar o uso de tais instrumentos é fundamental como apoio na atuação da fiscalização e evitar novas áreas de risco. O empenho da PNPDEC nesse aspecto está previsto no parágrafo único do artigo 3º da Lei 12.608/2012: “A PNPDEC deve integrar-se às políticas de ordenamento territorial, desenvolvimento urbano, saúde, meio ambiente, mudanças climáticas, gestão de recursos hídricos, geologia, infraestrutura, educação, ciência e tecnologia e às demais políticas setoriais, tendo em vista a promoção do desenvolvimento sustentável” (BRASIL, 2012, art. 3º).

Entende-se que, com relação aos atuais desastres socioambientais e à questão supracitada, há a necessidade de os municípios, em conjunto com as esferas estadual e federal, traçar ações integradas para definir políticas públicas que convertam os conhecimentos já adquiridos em medidas efetivas e que resultem em melhorias para a qualidade de vida da sociedade. Kahn (2014) corrobora que o impasse das questões socioambientais e a proposta de medidas para adaptação às mudanças climáticas vão além das políticas públicas municipais, mesmo sendo de competência dos poderes locais a investigação da vulnerabilidade das cidades. Cabe comentar que o município deve se comprometer com a implementação do controle de uso e ocupação do solo e aceder às diretrizes do ordenamento urbano, protegendo o ambiente.

Outro fator associado às medidas regulamentadoras que cabe ressaltar é a capacitação profissional dos agentes públicos de proteção e defesa civil, tão necessária para o desempenho das funções das instituições municipais de defesa civil, condição que promoveria profissionais que cuidariam das áreas de riscos do município, por meio dos mapas de risco (ainda não previsto em lei), assim como atenderiam os alertas recebidos de outras instituições envolvidas, otimizando os atendimentos previamente, mediante a situação de perigo. Corroboram essa linha de pensamento Coutinho *et al.* (2015).

O Plano Diretor, bem como os demais documentos elaborados para estabelecer o planejamento municipal, independente da sua finalidade, deve idealizar os seus objetivos conforme as necessidades do município. Não é obrigatório municípios com menos de 20 mil habitantes obterem o Plano Diretor. Porém, esses municípios também estão propensos aos efeitos de desastres naturais. Sendo assim, o plano se torna um instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão das cidades, servindo de referência para os municípios, especialmente para os que apresentam áreas de risco.

Arroio do Padre possui um Plano de Contingência que organiza o atendimento às emergências relacionadas à defesa civil no município. No contexto do plano são informados os procedimentos mediante a ocorrência de eventos extremos. No plano consta que todo o território do município é caracterizado como áreas de risco com relação

a ocorrências de fenômenos naturais, tais como granizo, ventos fortes (tornados), queda de pontes (enxurradas) e, em alguns lugares, apresenta deslizamento de solo. No plano são determinados as atividades, ações, contatos de comunicação responsáveis pelas ações, locais de abrigo e demais recursos, assim como instituições de apoio existentes no município. Cabe esclarecer que o município não possui hospitais, corpo de bombeiros, voluntários de defesa civil, embarcações, bem como estoque de materiais emergenciais como telhas, lonas, kits dormitório, kits limpeza e cestas básicas. O atendimento às vítimas é realizado pelos hospitais e corpo de bombeiros da cidade de Pelotas/RS.

Em relação às questões ambientais, o município de Arroio do Padre possui um Plano Municipal Ambiental (PLAM), elaborado em parceria com a Universidade Federal de Pelotas, em 2014. Os dados ambientais, sociais e econômicos para a elaboração do plano vieram por meio de um inventário de caracterização do município de Arroio do Padre. De acordo com Cardoso (2021), a elaboração do plano ambiental apresentado pelo município de Arroio do Padre não menciona a resolução do CONSEMA de 17 de novembro de 2000, a qual estabelece as diretrizes para a elaboração de planos ambientais municipais e regionais. O município de Arroio do Padre tem sido assistido na área ambiental pelos órgãos como a EMATER, a EMBRAPA, as secretarias de meio ambiente e agricultura do próprio município, entre outros. Não consta o registro da participação da população nas questões ambientais do município (CARDOSO (2021)). O PLAM aduz os seguintes propósitos: de implementar “um processo de gestão, de forma integrada, descentralizada e participativa, das atividades socioeconômicas do município,” com o intuito de melhorar a qualidade de vida da população e proteger o seu patrimônio natural, histórico, étnico e cultural; de esclarecer o desdobre da integração das políticas públicas de acontecimentos no território do município, tais como: Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), Estatuto da Cidade, Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), Política Nacional de Educação Ambiental e o Plano Diretor Municipal, com o intuito de executar um plano traçado por responsabilidades e ações institucionais e setoriais para o devido funcionamento, articulado com os planos de uso e ocupação do território e pertinentes ao planejamento municipal; de articular as políticas setoriais do município nas questões ambientais; de assegurar à população a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos e utilizar corretamente os recursos hídricos, com vistas ao desenvolvimento sustentável; de controlar as causas de poluição ou degradação ambiental de forma a proteger a população; de desenvolver e aplicar o conhecimento para promover a gestão; de prover ações de prevenção e atendimentos contra eventos severos de origem naturais ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais; de determinar e executar padrões de uso e ocupação do solo frente às mudanças climáticas globais.

O Plano de saneamento do Arroio do Padre - PMSB (2015) foi elaborado contemplando no seu contexto a caracterização geral do município e os diagnósticos

socioeconômico e ambiental.

A Lei Federal nº 12.608/2012 (BRASIL, 2012), no artigo 2º, parágrafo 2º, estabelece que desconhecer a ocorrência do risco de desastre não é impedimento para o emprego de medidas preventivas e mitigadoras da situação de risco. No geral, os gestores públicos dão maior destaque à gestão de risco de desastre após ou durante a ocorrência de um desastre, quando buscam as ações e respostas rápidas de seus órgãos responsáveis. Embora alguns municípios não apresentem perigo iminente de ocorrência, é relevante que tenham um planejamento preventivo para esses eventos, bem como saibam quais áreas são de risco no território, para evitar o pior dos danos, o que não acontece em pequenos municípios, especialmente os que não apresentam regularidade na ocorrência de fenômenos extremos. O planejamento é importante diante das incertezas vividas atualmente com relação às mudanças climáticas, como podemos evidenciar em muitas cidades brasileiras que estão sofrendo inundações severas. A mesma lei, no artigo 2º, determina que a União, os estados, o Distrito Federal e os municípios devem utilizar as medidas fundamentais para a redução dos riscos de desastre. No seu artigo 3º, diz que a PNPDEC “abrange as ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação voltadas à proteção e defesa civil”. Cabe a execução dessas ações em todas as esferas federativas, de forma a contemplar a prevenção da ocorrência de desastres e minimização dos efeitos negativos caso venham a ocorrer os eventos.

Segundo os autores Londe, Soriano e Coutinho (2015), a gestão de risco de desastres, de forma contínua, deve dispor de ações antes, durante e após um desastre acontecer, com vistas na diminuição efetiva dos riscos e da vulnerabilidade. A lei também apresenta em uma de suas diretrizes, no artigo 4º, a importância da atuação articulada entre todas as esferas federativas com o intuito de reduzir os desastres e dar apoio às comunidades acometidas. Porém, o município é o que está diretamente em contato com a população, sendo assim, é o principal executor na gestão de risco, que deve atuar com medidas para que as cidades consigam evitar ou reduzir os impactos dos desastres, colaborando para que a gestão de risco atinja os seus objetivos. Para isso, a gestão deve contemplar a preservação do meio ambiente, a ocupação planejada de sua área, adoção e o cumprimento de seus planos diretores e como apoio os serviços da defesa civil capacitada.

No texto do artigo 8º da Lei 12.608/2012 (PNPDEC), constam os deveres dos municípios e a relevância do cumprimento das ações que foram-lhes determinadas, conforme segue:

Art. 8º Compete aos Municípios:

- I. Executar a PNPDEC em âmbito local;
- II. Coordenar as ações do SINPDEC no âmbito local, em articulação com a União e os Estados;
- III. Incorporar as ações de proteção e defesa civil no planejamento municipal;

- IV. Identificar e mapear as áreas de risco de desastres;
- V. Promover a fiscalização das áreas de risco de desastre e vedar novas ocupações nessas áreas;
- VI. Declarar situação de emergência e estado de calamidade pública;
- VII. Vistoriar edificações e áreas de risco e promover, quando for o caso, a intervenção preventiva e a evacuação da população das áreas de alto risco ou das edificações vulneráveis;
- VIII. organizar e administrar abrigos provisórios para assistência à população em situação de desastre, em condições adequadas de higiene e segurança;
- IX. Manter a população informada sobre áreas de risco e ocorrência de eventos extremos, bem como sobre protocolos de prevenção e alerta e sobre as ações emergenciais em circunstâncias de desastres;
- X. Mobilizar e capacitar os radioamadores para atuação na ocorrência de desastre;
- XI. Realizar regularmente exercícios simulados, conforme Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil;
- XII. Promover a coleta, a distribuição e o controle de suprimentos em situações de desastre;
- XIII. Proceder à avaliação de danos e prejuízos das áreas atingidas por desastres;
- XIV. Manter a União e o Estado informados sobre a ocorrência de desastres e as atividades de proteção civil no Município;
- XV. Estimular a participação de entidades privadas, associações de voluntários, clubes de serviços, organizações não governamentais e associações de classe e comunitárias nas ações do SINPDEC e promover o treinamento de associações de voluntários para atuação conjunta com as comunidades apoiadas;
- XVI. Prover solução de moradia temporária às famílias atingidas por desastres (BRASIL, 2012).

Entende-se que a resiliência, no que diz respeito às mudanças ambientais e desastres, contempla uma conjuntura de ações políticas e sociais objetivando maximizar a capacidade da cidade em enfrentar eventos, mas, primordialmente, envolve a formulação e execução de métodos que visem à gestão ou redução dos riscos de desastres. Cabe salientar que a tarefa de buscar o desenvolvimento sustentável das cidades tem início, principalmente, na localidade, onde são conhecidas de perto as vulnerabilidades presentes no município.

Espírito-Santo e Szlafsztein (2016) comentam que o desastre oriundo de uma ameaça se apresenta maior se for maior a vulnerabilidade da sociedade. Portanto, é relevante conhecer as características das ameaças às populações, bem como as atividades socioeconômicas desde o princípio do processo de gestão de riscos. Torna-

se essencial que os municípios assumam, dentre as outras, ações preventivas em sua gestão e de fato executem as medidas determinadas em lei, para concretizar a redução dos impactos durante os eventos dramáticos; não deixar acontecer para depois resolver. A gestão de riscos, baseada na prevenção, torna-se tão ou mais relevante que a gestão do desastre quando acontece. A gestão desses eventos muitas vezes toma proporções de uma operação grande e complexa, que requer a participação das organizações públicas e privadas e atinge de imediato a vida dos cidadãos e o bem-estar das sociedades (SANTOS; SERAFIM, 2020).

Portanto, é relevante os governos locais se atentarem ao tema desastres e tantos outros atrelados a ele. Coutinho, Lucena e Henrique (2019) comentam que “a construção e a promoção de planos estratégicos de governança são perspectivas importantes na garantia de processos decisórios para redução de riscos de desastres”. Dessa forma, desenvolver e implementar os planos e ações para mitigação e adaptação aos diversos eventos causados pelas mudanças climáticas é decisivo na competência municipal, levando-se em conta a proximidade desta com a população. Nesse contexto, é fundamental a articulação com entes federativos e com a população em si.

Para saber, a gestão de risco apresenta um caráter corretivo quando as ações atuam sobre o risco já existente, resultado de ações sociais realizadas anteriormente, enquanto a gestão prospectiva é construída sobre um risco que ainda não existe, mas predito através de um planejamento e desenvolvimento local. No entanto, a gestão local de risco não deve atuar somente na comunidade (foco), e sim extrapolar os limites do município para outros “níveis territoriais e sociais”. Ou seja, por vezes um risco está contido em uma comunidade, mas está relacionado a outra. Não obstante, a gestão está sujeita às decisões das políticas públicas.

Algumas etapas são pertinentes ao processo local de riscos, tais como: a necessidade de identificar e engajar o poder municipal e a comunidade no processo de gestão de risco local; apontar os cenários de riscos, isto é, as ameaças e vulnerabilidades, bem como caracterizar o território socioespacial onde ocorrem; caracterizar as populações que habitam áreas com risco, de forma a conhecer os grupos vulneráveis, e produzir informação setorizada; compreender quais os processos estão relacionados com a produção dos riscos; identificar quais as medidas de enfrentamento ao risco que já estão sendo utilizadas pela população local; construir e implementar políticas, estratégias, programas ou ações para reduzir os riscos; definir papéis, funções e responsabilidades; adotar um caráter descentralizado de poder e decisão; utilizar-se de estruturas e organizações já existentes, assim como das ações de enfrentamento já implantadas; participar do processo de gestão do desenvolvimento setorial e territorial, do ambiente e da sustentabilidade em geral; alinhar ações articuladas e com possibilidade de continuidade; implementar o monitoramento, avaliação e estratégias de permanência do processo de gestão local de riscos.

Conclui-se ressaltando que é de responsabilidade do município traçar estratégias de gestão pública coerentes, que possibilitem evitar e/ou reduzir os perigos/riscos à população, nos quesitos saúde, socioambiental e econômico, assim como os de desastres aos vulneráveis. Para isso, dever-se-á utilizar instrumentos de gestão, como o mapeamento das áreas de risco (habitacional e ambiental), o monitoramento e fiscalização nas Áreas de Preservação Permanentes – APP, a aplicação de um sistema de alerta a riscos e eventos extremos, além de desenvolver medidas de prevenção e proteção para as comunidades envolvidas. Na sua esfera governamental, o município deve disponibilizar todos os mecanismos de esclarecimentos e atendimento à população, de forma a concretizar ações importantes para o enfrentamento e resiliência, especialmente perante a vulnerabilidade social aos extremos climáticos.

MAPEAMENTO DE ÁREAS SUSCETÍVEIS A EVENTOS ADVERSOS

Nesta seção do livro, será abordado um levantamento geral sobre mapeamento de risco, bem como serão apresentados dados e informações sobre esse mapeamento aplicado para o município gaúcho de Arroio do Padre.

O resultado de diversas atividades oriundas do homem, como o desmatamento em áreas de nascentes e de matas ciliares, assoreamentos dos corpos hídricos, a constante elevação dos níveis de impermeabilização do solo urbano e excessiva contribuição para as mudanças climáticas acabam por favorecer e acelerar o processo de inundações (BRAGA *et al.*, 2020). Desse modo, é mais comum a ocorrência de eventos extremos e a exposição da população a riscos e a situação de vulnerabilidade.

Por essa razão, ao passar dos anos vem ocorrendo uma crescente em relação aos eventos extremos, porém, embora não seja possível pausar a ocorrência desses, podem ser desenvolvidos métodos preventivos e de mitigação sobre o impacto gerados perante a população e o meio ambiente (LIMA *et al.*, 2021), sendo eles a conscientização da população perante a educação ambiental e a elaboração do mapeamento de áreas de riscos (PINHEIRO; FERENTZ; FONSECA, 2019).

Através do mapeamento de risco é possível proporcionar a distribuição do perigo em toda área, a fim de possibilitar o planejamento e locação de estratégias para a situação em questão (CALDAS, 2015). Toda essa movimentação, assim como as análises ambientais, podem ser acompanhadas e discutidas para auxílio de tomada de decisões, tanto do poder público quanto para uso específico, graças ao avanço tecnológico e à ampla aplicabilidade das ferramentas de geotecnologias (BRAGA *et al.*, 2020).

Para o mapeamento de risco, são essenciais informações sobre os diversos aspectos do ambiente, assim como o conhecimento acerca dos problemas que corroboram para o aumento da fragilidade ambiental de uma região, cujo mapeamento possibilita que ações, baseadas no conhecimento técnico-científico, possam ser tomadas a fim de atenuar a fragilidade ambiental (STORTO; COCATO, 2018) e áreas mais propensas a eventos extremos. Afinal, as forças motrizes, como fatores naturais e atividades humanas, que incluem agricultura, indústria, urbanização e mudança climática, aumentam a pressão sobre os recursos naturais (DORS *et al.*, 2021).

Dentre essas ferramentas geotecnológicas, o sistema de informações geográficas (SIG) é considerado o mais proveitoso entre os demais por ser livre e de fácil manuseio, capaz de gerar mapas didáticos de informações pertinentes como as de relevo, hidrografia, uso e ocupação do solo, além de dados socioeconômicos (SILVA *et al.*, 2022). A utilização de um Sistema de Informação Geográfica permite obter informações e confrontar dados. Tal ação gera informações que podem ser utilizadas na avaliação da fragilidade ambiental

(WEISS; PIPPI, 2019).

Para a realização do mapeamento de fragilidade ambiental do município de Arroio do Padre adquiriram-se dados de diferentes órgãos e, posteriormente, realizou-se modelagem matemática no software QGis. Para a definição do uso do solo utilizou-se a base de dados Global Land Cover através do Copernicus Global Land Services, com resolução espacial de 100 m, disponível em: <https://land.copernicus.eu/global/products/lc>. O sistema de coordenadas utilizado foi o Sistema de Referência SIRGAS 2000. Os dados hidrográficos foram obtidos do site da Agência Nacional de Águas (ANA), dados de classificação do tipo de solo foram retirados da base de dados da EMBRAPA na escala 1:25.000, e dados do clima do site do IBGE.

1 | FRAGILIDADE AMBIENTAL

O mapeamento de fragilidade ambiental foi realizado através do método de análise multicritério, que possibilita a análise integrada de diferentes variáveis (clima, solo, declividade, litologia, áreas de preservação permanente, ação antrópica e uso de cobertura do solo), tornando possível a geração de dados mais concretos para a tomada de decisão, sendo essa sua principal vantagem (FITZ, 2008). Os estudos geológicos, climáticos, topográficos, de uso do solo e de manejo dos solos permitem realizar um diagnóstico de fragilidade ambiental mais detalhado e eficiente, possibilitando a classificação dos ambientes naturais em diferentes categorias hierárquicas de fragilidade (ROSS, 1994). Como produtos para a obra, elaboraram-se diversos mapas que são apresentados na sequência, abordando as características do município e permitindo o entendimento da comunidade e do poder público.

O primeiro aspecto apresentado está atrelado à variação das altitudes do terreno, através de mapas de declividade, os quais são essenciais para o planejamento territorial, pois indicam os setores com declividades mais acentuadas e setores com declividades suaves, influenciando diretamente na relação entre o escoamento superficial e a infiltração da água no solo, fator este importante para compreender o uso e ocupação do solo, a prevenção de desastres naturais e a dinâmica espacial (FLACH, 2017). A Figura 30 apresenta o mapa da declividade no município de Arroio do Padre, onde se observa a presença de relevo plano e suavemente ondulado, com declividades relativamente baixas. Além disso, existe relevo classificado como abrupto de forma significativa, e em menor escala, principalmente ao norte do município, classificado como muito abrupto.

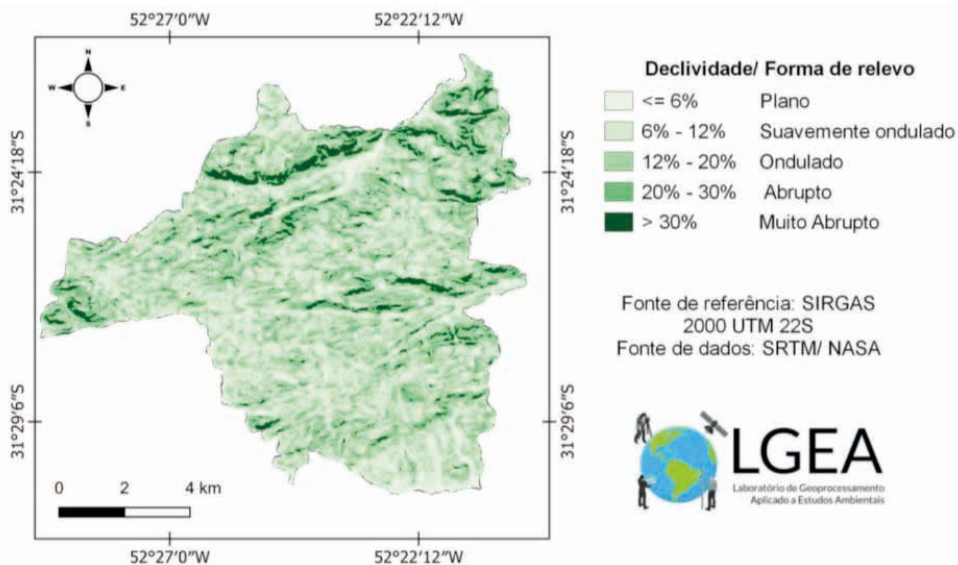


Figura 30: Mapa da declividade do Município de Arroio do Padre.

Fonte: Autores.

A partir da declividade do terreno, é possível realizar a análise de fragilidade ambiental com relação a esse aspecto. Para tal, considerou-se a metodologia desenvolvida por Ross (1994), na qual os índices de fragilidade ambiental estão relacionados a intervalos de declividade do terreno e, conseqüentemente, à forma de relevo, conforme apresentado no Quadro 1.

Intervalos de declividade	Forma de Relevo	Índice de Fragilidade Ambiental	Valor
<= 6%	Plano	Muito Baixo	1
6% - 12%	Suavemente Ondulado	Baixo	2
12% - 20%	Ondulado	Médio	3
20% - 30%	Abrupto	Alto	4
>30%	Muito Abrupto	Muito Alto	5

Quadro 1 - Declividade do terreno associado ao grau de fragilidade

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

As regiões onde existe relevo abrupto ou muito abrupto são mais sujeitas à dinâmica de encostas. Para Leandro (2013), um dos principais fatores que tornam uma área mais suscetível é a declividade. Regiões com maior declividade são mais dinâmicas, logo, são também ambientalmente mais frágeis. A mesma autora ainda ressalta que as regiões

com maiores declividades estão mais suscetíveis a sofrer processos como a erosão, pelo deslocamento da camada superficial de solo, desencadeado por chuvas, visto que a declividade acentuada transforma mais rapidamente a energia potencial das águas pluviais em energia cinética, aumentando, dessa forma, a velocidade das massas de água e sua capacidade de transporte, responsáveis pelos processos erosivos (CREPANI *et al.*, 2001). A erosão nas áreas de encosta pode resultar em perdas significativas do potencial agrícola e, conseqüentemente, econômico, podendo causar danos muitas vezes irreversíveis ao meio ambiente e comprometer a qualidade de vida da população (MOURA-BUENO, *et al.*, 2018).

Através do mapa de Classificação de Fragilidade Ambiental Parcial - Declividade (Figura 31) é possível observar que a região possui localidade de significativa fragilidade ambiental, com regiões com índice de fragilidade ambiental alto, referente ao relevo abrupto, porém predominando o índice de fragilidade ambiental médio, relacionado ao relevo ondulado.

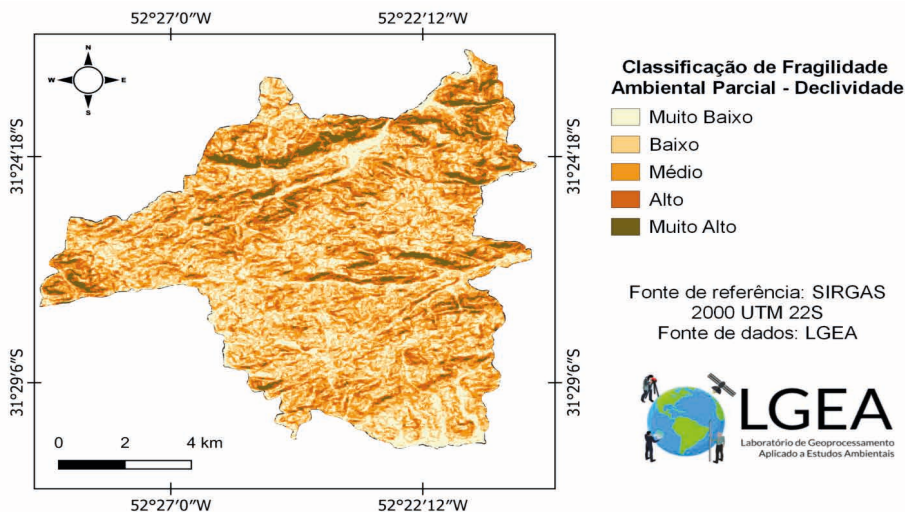


Figura 31: Mapa do índice de fragilidade da declividade para o Município de Arroio do Padre.

Fonte: Autores.

Em relação ao critério clima, estão associadas características pluviométricas e de temperatura. Observou-se que no município de Arroio do Padre a média pluviométrica anual está na faixa de 1500mm a 2000mm, situando-se na zona temperada e apresentando características desta (Figuras 32 e 33). De acordo com a Lei Municipal de Arroio do Padre nº 1680/2015, no Anexo I - Plano Municipal de Saneamento, página 20 tem-se:

“O município não possui estação meteorológica, porém, estando totalmente inserido dentro da área do município de Pelotas, que possui uma estação própria, os dados citados são referentes à Pelotas. O município de Pelotas

possui um clima subtropical com predominância de ventos do quadrante leste, sendo estes, em sua maioria, de nordeste. A variação média mensal de precipitação, onde podemos observar a distribuição regular das precipitações durante o ano, fica acima de 90 mm durante todos os meses. A variação média mensal da umidade relativa do ar mostra valores que permanecem altos quase que na totalidade dos meses, mantendo-se acima de 85%, exceto nos meses de primavera, quando apresentam menores valores (abaixo de 80%). A temperatura média do mês de março, mês mais quente, é de 24,1°C, e o mês de julho, mais frio, com um valor de 12,5°C. Pelotas não apresenta períodos definidos de precipitação. O mês de maior precipitação é fevereiro (188,11mm) e os meses de menor precipitação são maio (97,97 mm) e novembro (94,94 mm)” (EMATER).

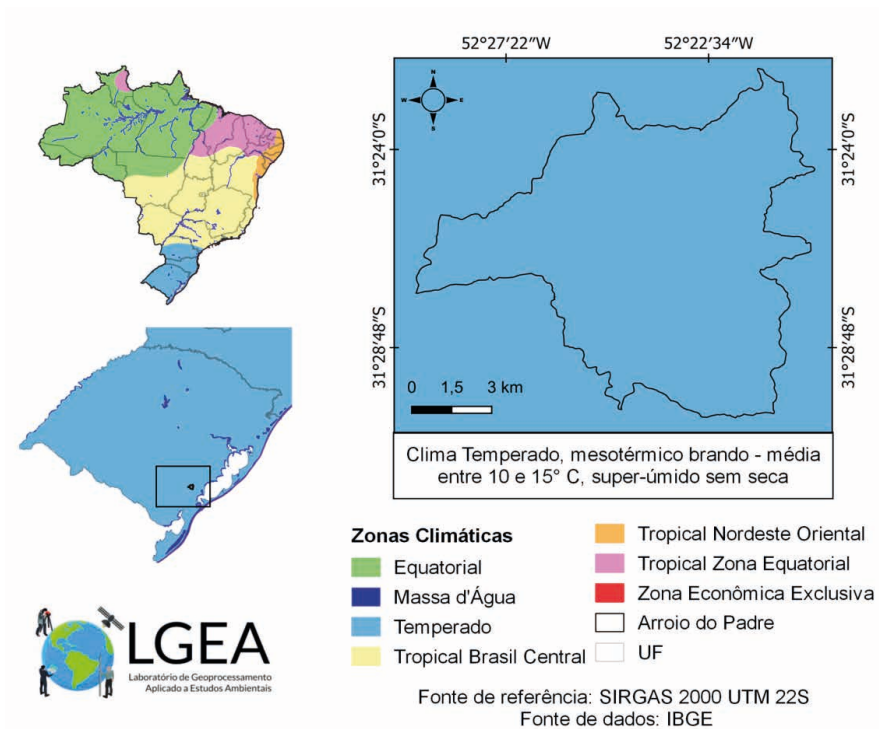


Figura 32: Mapa do clima do Município de Arroio do Padre.

Fonte: Autores.

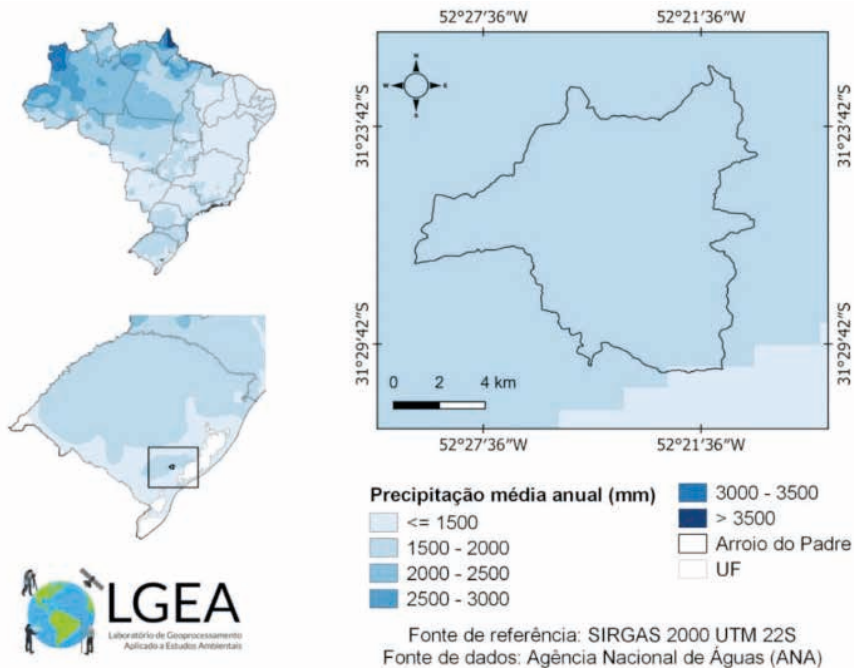


Figura 33: Mapa da precipitação média anual (mm) do Município de Arroio do Padre.

Fonte: Autores.

Utilizou-se a metodologia desenvolvida por Spörl (2007), apresentada no Quadro 2, para a análise do índice de fragilidade ambiental em relação ao clima. A partir da análise dos mapas de clima e de precipitação do município em questão, foi possível observar que ele se encaixa no índice baixo quanto à fragilidade.

Características pluviométricas	Índice de Fragilidade Ambiental	Valor
Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes não muito superiores a 1000 mm/ano.	Muito Baixo	1
Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 2000 mm/ano.	Baixo	2
Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com períodos secos entre 2 e 3 meses de inverno, e no verão com maiores intensidades de dezembro a março.	Médio	3
Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com períodos secos entre 3 e 6 meses, e alta concentração das chuvas no verão entre novembro e abril, quando ocorrem de 70 a 80% do total de chuvas.	Alto	4

Situação pluviométrica com distribuição regular, ou não, ao longo do ano, com grandes volumes anuais ultrapassando 2500 mm/ano; ou ainda, comportamentos pluviométricos irregulares ao longo do ano, com episódios de chuvas de alta intensidade e volumes anuais baixos, geralmente abaixo de 900 mm/ano (semi-árido).	Muito Alto	5
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------	---

Quadro 2 - Clima associado ao grau de fragilidade

Fonte: Adaptado de Spörl (2007).

Outro parâmetro importante na análise do ambiente é o solo, porque influencia em diversos processos do meio. O tipo de solo e sua textura controlam de forma direta a dinâmica da água sobre ele, uma vez que essas características influenciam na permeabilidade. Além disso, a indisponibilidade de nutrientes no solo para o desenvolvimento da agricultura é um indicativo de fragilidade. Dentro deste contexto, pode-se observar na Figura 34, por meio de um mapa temático, os tipos de solo presentes no município de Arroio do Padre. O município apresenta solo Argissolo Amarelo, Argissolo Vermelho-amarelo e Neossolo Litólico, que possuem horizontes muito rasos, geralmente ácidos, textura variando de arenosa a argilosa, apresentando dificuldades na retenção de água.

Meurer e Flach (2010) relatam que o Argissolo e o Neossolo são solos que apresentam baixa fertilidade e pouca capacidade de infiltração, fator que favorece o escoamento superficial, potencializando os processos erosivos e aumentando as chances de eventos extremos, como a enxurrada. Essas características de textura, estrutura, porosidade, permeabilidade, consistência e profundidade influenciam na resistência, suscetibilidade à erosão e, conseqüentemente, na fragilidade do ambiente. De acordo com Meurer e Werner (2015), os solos que compõem o município são de baixa fertilidade e apresentam muitas limitações quanto à infiltração, sendo o Neossolo caracterizado por ser um solo extremamente raso. o Argissolo, quando comparado ao Neossolo, é um pouco mais profundo, mas com a ocorrência de um horizonte B textural muito próximo da superfície, assim favorecendo o escoamento superficial e o desencadeamento de processos erosivos. Os mesmos autores ainda ressaltam o desenvolvimento de atividades agrícolas na região, tais como a fumicultura, com pouco ou nenhum manejo preventivo à erosão.

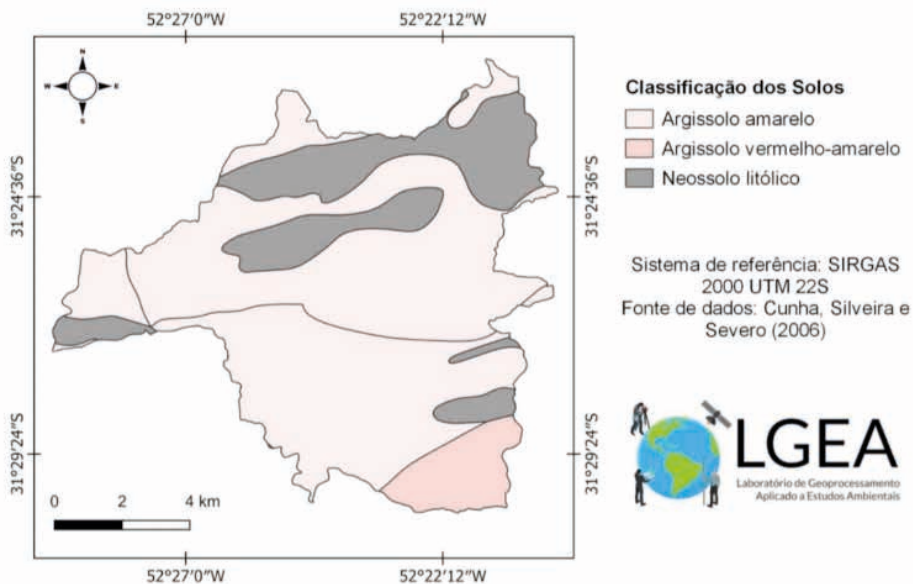


Figura 34: Mapa dos tipos de solo do Município de Arroio do Padre.

Fonte: Autores.

No índice de fragilidade ambiental em relação ao tipo de solo baseado na metodologia desenvolvida por Ross (1994), apresentada no Quadro 3, há uma hierarquização quanto aos tipos de solo levando em consideração a textura, o grau de coesão das partículas, estrutura e plasticidade dos solos, associando-os ao grau de fragilidade.

Tipos de Solo	Índice de Fragilidade Ambiental	Valor
Latossolo Bruno, Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho escuro e Vermelho amarelo textura argilosa	Muito Baixo	1
Latossolo Amarelo e Vermelho amarelo textura média/ argilosa	Baixo	2
Latossolo Vermelho amarelo, Argilosos	Médio	3
Argissolos textura média/arenosa, Cambissolos	Alto	4
Neossolos, Organossolos	Muito Alto	5

Quadro 3 - Tipos de solo associados ao grau de fragilidade

Fonte: Ross (1994).

A Figura 35 apresenta o mapa que expõe a Classificação de Fragilidade Ambiental Parcial dos Solos. Após uma breve análise, fica claro que o índice de fragilidade ambiental da região em relação ao tipo de solo varia de alto a muito alto, sendo os Argissolos caracterizados com fragilidade alta e os Neossolos com fragilidade muito alta.

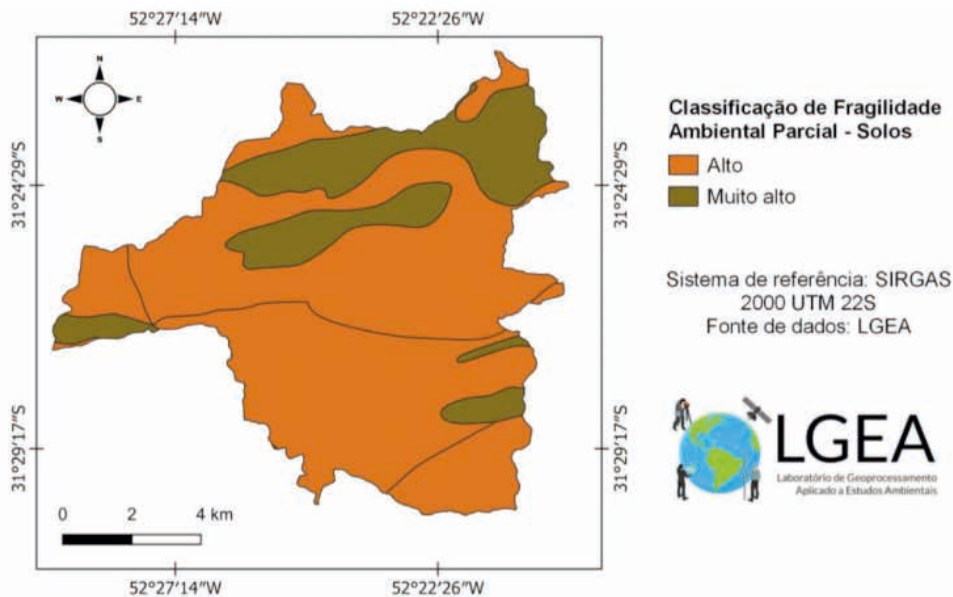


Figura 35: Mapa do índice de fragilidade ambiental dos solos para o Município de Arroio do Padre.
Fonte: Autores.

O uso do solo está entre os principais fatores ligados à fragilidade ambiental de uma determinada área. Entre o solo exposto e o solo com cobertura vegetal existe uma grande diferença de fragilidade ambiental. A cobertura vegetal nativa promove um ambiente adequado para a fauna local, protege o solo contra a erosão e diminui a incidência de calor no solo, evitando a oxidação da matéria orgânica existente no solo (SÁ, 2010). Através da análise do mapa de uso do solo do município de Arroio do Padre (Figura 36), nota-se que na região predomina a presença de floresta como principal uso do solo, em menor escala a presença de vegetação herbácea, e outros tipos de uso do solo - como ocupação urbana - fazem-se presentes em um pequeno número de área. Para a análise de fragilidade ambiental quanto à cobertura vegetal e uso do solo, utilizou-se como base o estudo proposto por Ross (1994), apresentado no Quadro 4.

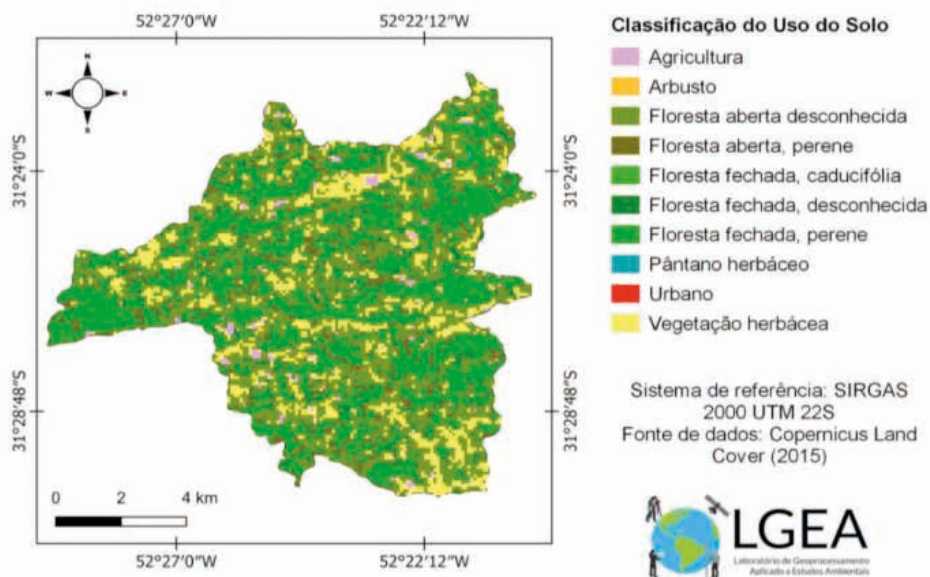


Figura 36: Mapa da cobertura vegetal e uso do solo do Município de Arroio do Padre.

Fonte: Autores.

Tipos de cobertura vegetal	Índice de Fragilidade Ambiental	Valor
Floresta/ Matas naturais, Florestas com biodiversidade.	Muito Baixo	1
Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso. Formações arbustivas densas (mata secundária, cerrado denso, capoeira densa). Mata homogênea de Pinus densa. Pastagem cultivada sem pisoteio de gado. Cultivo de ciclo longo como o cacau.	Baixo	2
Cultivo de ciclo longo em curvas de nível/ terraceamento como café, laranja com forrageiras entre ruas. Pastagem com baixo pisoteio. Silvicultura de eucaliptos com sub-bosques de nativas.	Médio	3
Culturas de ciclo longo de baixa densidade (café, laranja) com solo exposto entre as ruas, culturas de ciclo curto (arroz, feijão, trigo, soja, milho, algodão) com cultivo em curvas de nível/terraceamento.	Alto	4
Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado/gradeação, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplanagens, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas, áreas alagadas e corpos de água superficiais.	Muito Alto	5

Quadro 4 - Cobertura vegetal e uso do solo associados ao grau de fragilidade

Fonte: Ross (1994).

Observa-se que a Figura 37 apresenta o mapa de fragilidade ambiental em relação ao uso do solo. Com base nas informações expostas, é possível afirmar que a região, em relação ao uso do solo, apresenta índice de fragilidade ambiental predominantemente baixo, devido a extensas áreas com vegetação natural. A água proveniente da precipitação

percorre o caminho das folhas e caules da vegetação presente na área, ocasionando a redução da velocidade de chegada da água no solo, favorecendo o processo de infiltração e reduzindo o escoamento superficial e, conseqüentemente, provocando a proteção do solo contra o processo de erosão. Para Nguyen *et al.* (2016), a cobertura vegetal possibilita a interceptação de chuva e capacidade de retenção de água.

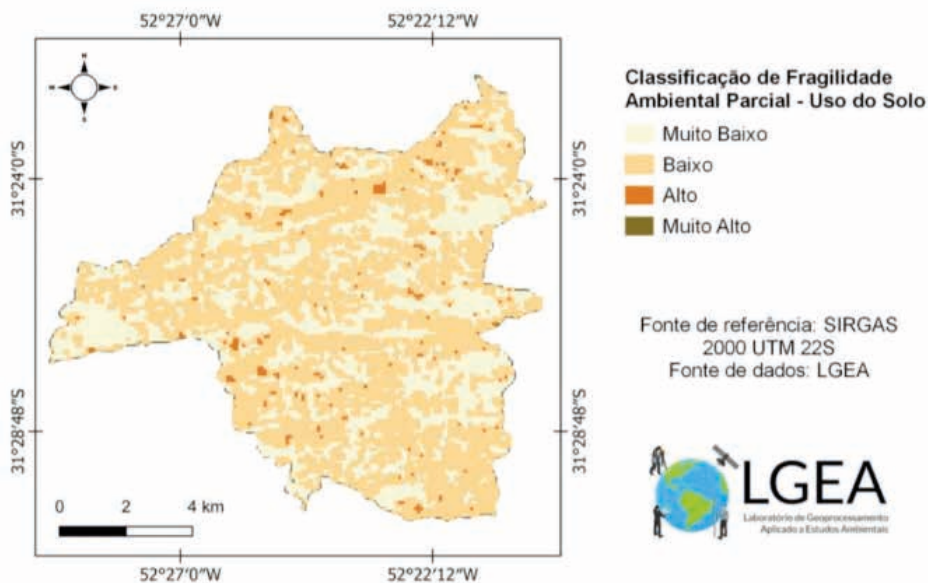


Figura 37: Mapa do índice de fragilidade ambiental da cobertura vegetal e uso do solo para o Município de Arroio do Padre.

Fonte: Autores.

As formações rochosas que compõem uma determinada região podem exercer influência direta em questões como a erosão do solo ou a capacidade de infiltração. Conforme Leandro *et al.* (2013), a litologia é um fator determinante para a suscetibilidade à erosão, e o tipo de rocha, somado às características físicas desse, pode contribuir para o aumento da fragilidade ambiental de uma determinada área. Diferentes tipos de substrato rochoso possuem diferentes resistências à erosão. Franco *et al.* (2012) ressalta que essa resistência está ligada ao grau de coesão do material.

A Figura 38 apresenta o mapa de litologia do município de Arroio do Padre, onde predominam as rochas Gnaisse e Monzogranito, classificadas como metamórfica e ígnea, respectivamente. Meurer e Werner (2015) fizeram uma descrição das unidades geomorfológicas do Município de Arroio do Padre, na qual destacam a existência de depósitos quaternários inconsolidados, não identificados, que recobrem as encostas e os fundos de vale, sendo frequentemente retrabalhados pelos processos morfogenéticos e

pela rede de drenagem.

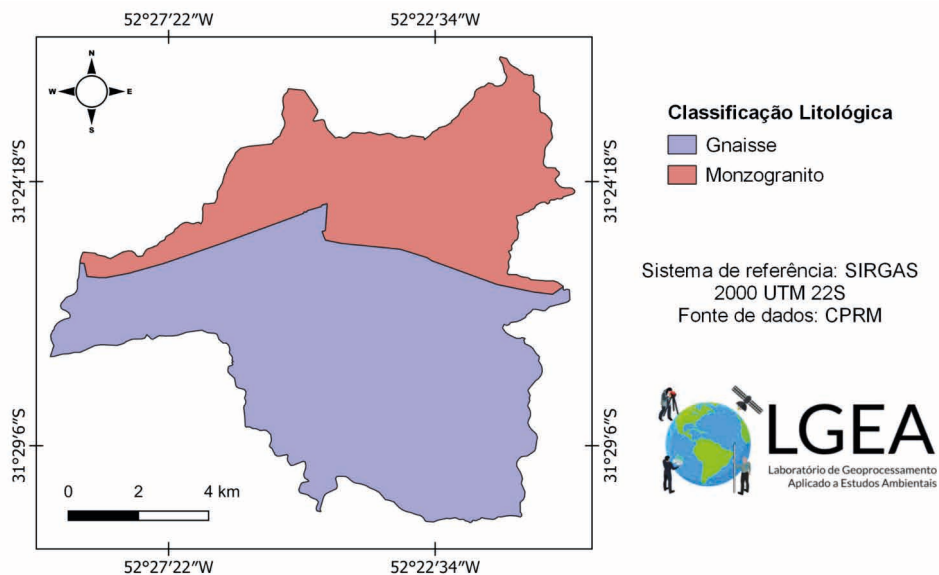


Figura 38: Mapa da litologia do Município de Arroio do Padre..

Quanto aos tipos de rochas, isto é, a litologia, utilizou-se como base a metodologia desenvolvida por Spörl (2007), observável no Quadro 5, para a classificação parcial de fragilidade ambiental. A escala relaciona as características físicas - composição mineral, distribuição e tamanho dos grãos, cor, textura, estrutura e grau de compactação dos sedimentos ou rochas - à sua resistência ao intemperismo.

Fonte: Autores

Tipos de Rochas	Litologias	Índice de Fragilidade Ambiental	Valor
Metamórficas	Quartzitos ou metaquartzitos	Muito Baixo	1
Ígneas	Riolito, Granito, Dacito		
Ígneas Intrusivas	Granodiorito, Granulitos		
Metamórficas	Migmatitos, Gnaisses		
Ígneas Intrusivas	Fonólito, Nefelina Sienito, Tranquito, Sienito	Baixo	2
Ígneas	Andesito, Diorito, Basalto		
Ígneas Intrusivas	Anortosito, Gabro, Peridotito		
Metamórficas	Milonitos, Quartzo muscovita, Biotitaxisto, Clorita xisto		

Ígneas e Metamórficas	Piroxenito, Anfibolito Kimberlito, Dunito	Médio	3
Ígneas	Homblenda, Tremolita, Actinolita xisto		
Metamórficas	Estaurolita xisto, xistos granatíferos		
Metamórficas	Filito, Metassilito		
Metamórficas	Ardósia, Metargilito		
Metamórficas	Mármore	Alto	4
Sedimentares	Arenitos quartzosos ou Ortoquartzitos		
Sedimentares	Conglomerados, Subgrauvacas		
Sedimentares	Grauvacas, Arcózios		
Sedimentares	Siltitos, Argilitos	Muito Alto	5
Sedimentares	Folhelhos		
Sedimentares	Calcários, Dolomitos, Margas, Evaporitos		
Sedimentares	Sedimentos Inconsolidados: Aluviões, Colúvios.		

Quadro 5 - Litologia associada ao grau de fragilidade

Fonte: Adaptado de Spörl (2007).

A Figura 39 apresenta o mapa do índice de fragilidade das rochas (litologia) para o Município de Arroio do Padre, sendo possível observar que o município possui índice de fragilidade ambiental muito baixo em relação a esse critério para a escala de detalhamento dos dados espaciais utilizados. No entanto, é importante ressaltar que Meurer e Werner, em estudos detalhados da região, constataram que:

[...] sobre as vertentes da bacia hidrográfica do Arroio Pimenta há ocorrência de processos de erosão laminar e linear, movimentos de massa (escorregamentos e quedas de blocos). Todos estes processos foram desencadeados e/ou agravados pelo grande volume de precipitação em um curto período de tempo sobre as vertentes de elevada declividade desta bacia hidrográfica. Esta bacia concentra a maior parte das vertentes de forte declividade do município, com declividades superiores a 30 graus. Ainda neste local, a estrutura da rocha subjacente, muito foliada e fraturada em função da tectônica pretérita, mergulha na mesma direção do declive, o que aumenta o grau de instabilidade destas vertentes (MEURER; WERNER, 2015, p. 319).

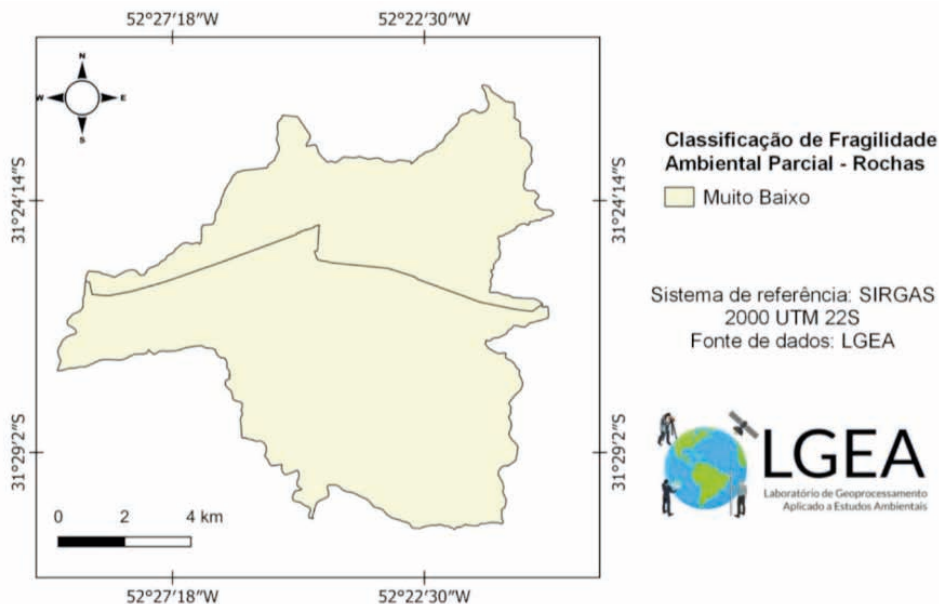


Figura 39: Mapa do índice de fragilidade ambiental das rochas (litologia) para o Município de Arroio do Padre. Fonte: Autores.

As áreas de preservação permanentes ao longo da malha hidrográfica são de extrema importância e estão previstas no Código Florestal brasileiro. Essas áreas podem ou não ser cobertas por vegetação, destinadas à preservação ambiental (CORREIA *et al.*, 2019). A preservação das APPs pode evitar uma série de impactos ambientais, principalmente em regiões de mata ciliar, visto que essa vegetação localizada nas margens de corpos hídricos possui a função de diminuir o assoreamento e a erosão (CASTRO *et al.*, 2013). As áreas nas margens dos cursos hídricos apresentam condições de fragilidade naturais, devido aos riscos de inundação, sendo um processo que faz parte da dinâmica natural dos rios, mas que pode ser intensificado pela ação humana. Portanto, é restrita a ocupação humana nesses locais, pois qualquer atividade antrópica pode acarretar desequilíbrios no ciclo hidrológico (OLIVEIRA *et al.*, 2012). Assim, é possível observar, na Figura 40, delimitadas em verde, as áreas que deveriam ser cobertas por vegetação nativa; em laranja, áreas que distam até 250 m dos cursos de água e são áreas que influenciam diretamente nesses recursos; em azul, áreas a 300 m dos leitos. Para a classificação do índice de fragilidade ambiental em relação à existência de áreas de preservação permanente, utilizou-se como base o estudo de Leandro (2013) apresentado no Quadro 6.

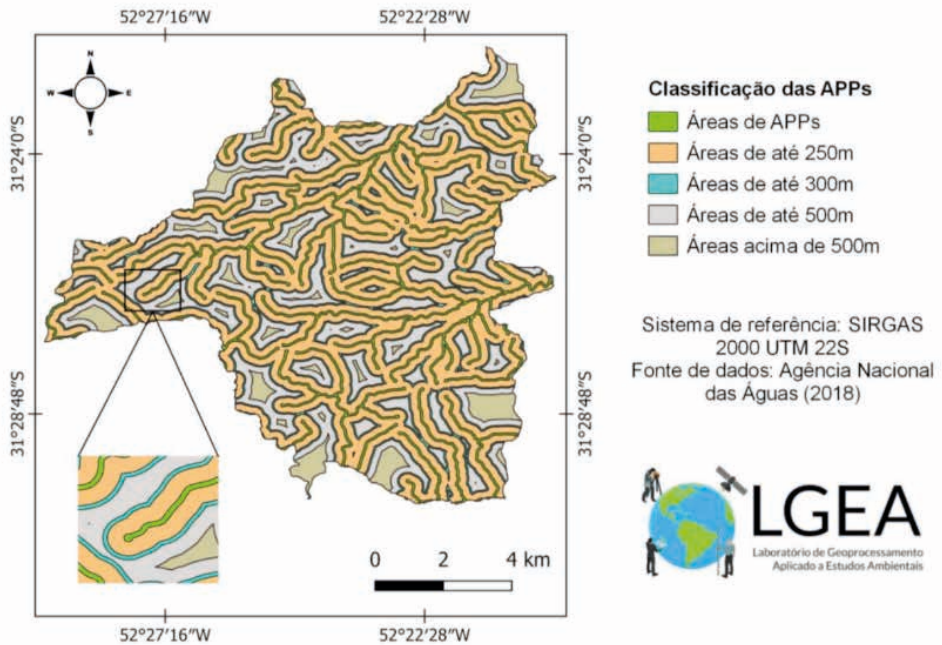


Figura 40: Mapa das Áreas de Preservação Permanente (APPs) do Município de Arroio do Padre. Fonte: Autores.

Existência de Área de Preservação Permanente	Índice de Fragilidade Ambiental	Valor
Áreas de APPs	Muito Alto	5
Áreas que se distanciam até 250 metros de APPs e de corpos d' água superficiais	Alto	4
Áreas que se distanciam até 300 metros de APPs e de corpos d' água superficiais	Médio	3
Áreas que se distanciam até 500 metros de APPs e de corpos d' água superficiais	Baixo	2
Áreas que se distanciam acima de 500 metros de APPs e de corpos d' água superficiais	Muito Baixo	1

Quadro 6 - Existência de APPs associado ao grau de fragilidade

Fonte: Adaptado de Tolentino (2020).

A Figura 41 apresenta o mapa do índice de fragilidade ambiental da existência de APPs para o Município de Arroio do Padre. É possível observar que o índice de fragilidade ambiental predominante na região é o 'alto', devido à extensa malha hidrográfica presente. Posteriormente, essas áreas serão cruzadas com o uso do solo sobre elas para, assim, verificar-se o que existe realmente de APPs no município.

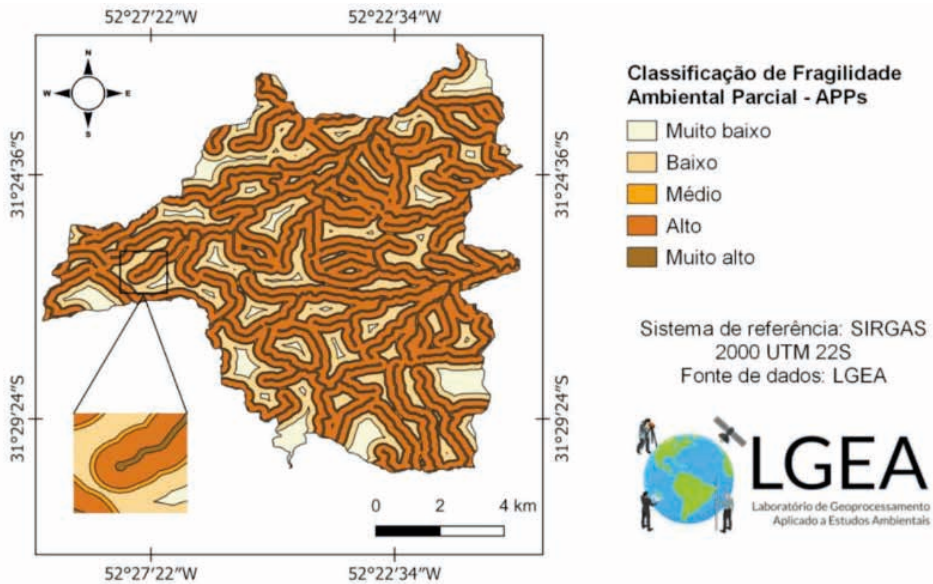


Figura 41: Mapa do índice de fragilidade ambiental da existência de APPs para o Município de Arroio do Padre.

Fonte: Autores.

Conforme Weiss e Pippi (2019), é fundamental a realização de estudos sobre as interações entre população humana e meio ambiente, para que se faça uma análise de fragilidade eficiente. Regiões com uma ocupação humana alta podem estar sujeitas a apresentar uma fragilidade ambiental oriunda da ação antrópica. As ocupações humanas desordenadas costumam gerar impactos ambientais significativos. Nos estudos realizados sobre áreas urbanizadas é importante distinguir os diferentes padrões existentes, como diferentes tipos de construções, áreas com o solo impermeável, parques arborizados, asfalto, entre outros elementos comuns a essas áreas (ROSS, 1994). Cada elemento existente em uma área urbana interage com o meio de uma forma distinta. Além dos diferentes padrões de urbanização, a análise das interações entre população humana e meio ambiente é fundamental para a realização de um estudo de fragilidade ambiental. Para Leandro *et al.* (2013), as ações antrópicas geram impactos cumulativos que, ao longo dos anos, resultam em impactos ambientais significativos, como a poluição de recursos naturais.

Na Figura 42, é possível visualizar as ocupações humanas e suas devidas ações antrópicas no município de Arroio do Padre. Observa-se uma baixa urbanização e uma predominância das atividades agrícolas, as quais foram consideradas no parâmetro cobertura vegetal e uso do solo. Além disso, na localidade não existem grandes edificações, a área construída é pequena, existe pouco asfalto e as áreas verdes são extensas.

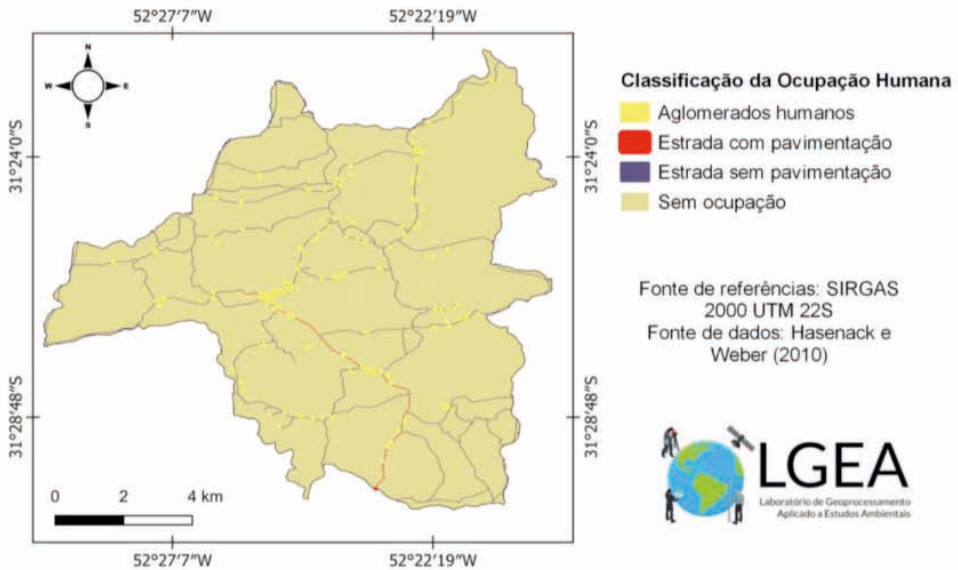


Figura 42: Mapa da ocupação humana do Município de Arroio do Padre.

Fonte: Autores.

A classificação da ocupação humana (ação antrópica) quanto ao índice de fragilidade ambiental foi baseada na metodologia desenvolvida por Leandro (2013) e apresentada no Quadro 7. As áreas de ocupação humana têm como característica principal a presença de aglomerados urbanos sem esgotamento sanitário. Segundo a Lei Municipal de Arroio do Padre nº 1680/2015, no Anexo III - Plano Municipal de Saneamento página 42, “quanto ao número de pessoas que utilizam os diferentes sistemas de esgotamento sanitário temos 32,52% dos moradores da área urbana de Arroio do Padre que utilizam fossas sépticas, 67% utilizam fossas rudimentares, 0,45% utilizam a rede geral, além de 1,1% que não possui banheiro”. Ressalta-se que a inexistência e/ou a baixa ligação ao sistema de esgotamento sanitário apropriado do município pode ser um agente de poluição do lençol freático, promovendo o aumento da fragilidade do ambiente.

Ação Antrópica	Índice de Fragilidade Ambiental	Valor
Estradas sem ocupação	Muito Baixo	1
Edificações sem aglomerado humano, loteamento, armazém, silo	Baixo	2
Indústrias, aglomerado humano (área urbana baixa e média) com tratamento de detritos	Médio	3
Indústrias e aglomerado humano (área urbana alta) com tratamento de detritos, aglomerado humano (área urbana baixa, média e alta) com tratamento de detritos parcial (vila), áreas de mineração, areais e granja	Alto	4

Indústrias e aglomerado humano sem tratamento de detritos	Muito Alto	5
-----------------------------------------------------------	------------	---

Quadro 7 - Ocupação humana associada ao grau de fragilidade

Fonte: Leandro (2013).

A Figura 43 apresenta o mapa do índice de fragilidade ambiental da ação antrópica para o município de Arroio do Padre, no qual é possível visualizar que a região possui índice de fragilidade ambiental muito baixo, visto que a modificação da paisagem natural por ação antrópica no local é baixa. E existem fossas rudimentares, que não contemplam o cenário satisfatório de esgotamento sanitário, mas ainda existe algum tratamento de detritos.

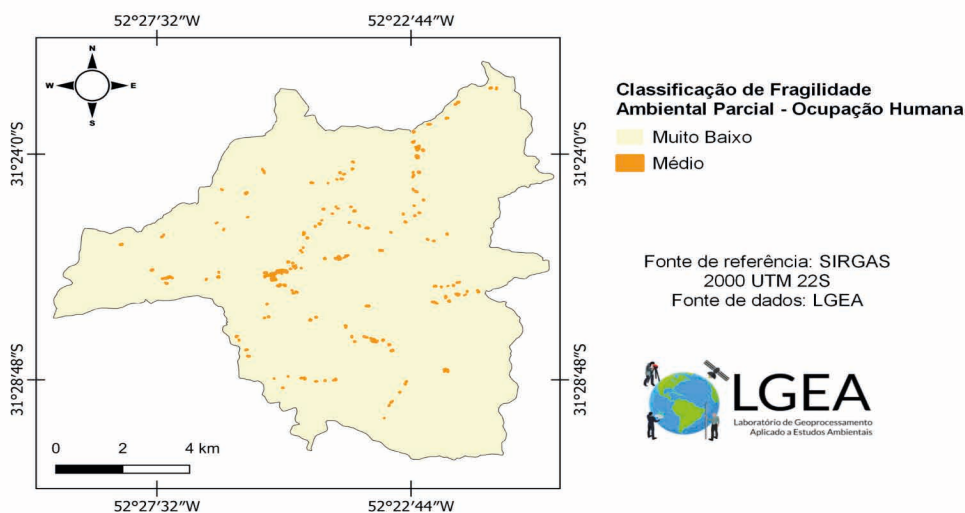


Figura 43: Mapa do índice de fragilidade ambiental da ação antrópica para o Município de Arroio do Padre.

Fonte: Autores.

Para a determinação do Índice de Fragilidade Ambiental (IFA) do município, utilizou-se como base o estudo desenvolvido por Leandro (2013), que utiliza critérios comuns às metodologias de Ross (1994), de Crepani *et al.* (2001) e de Spörl (2007). A construção do modelo considera os aspectos envolvidos e a relevância significativa de cada uma das variáveis adotadas, as quais receberam uma ponderação com valores variando de 7 a 1 (Quadro 8). É possível afirmar, com base no exposto, que grande parte do território de Arroio do Padre se encontra em média, alta e muito alta fragilidade ambiental.

	Crêterios	Peso
1	Declividade do Terreno	7
2	Cobertura Vegetal e Uso do Solo	6
3	áreas de Preserva�o Permanente	6
4	Ocupa�o Humana	5
5	Tipo de Solo	1
6	Rochas (Litologia)	1
7	Clima	1

Quadro 8 – Pondera o dos cr terios classes das variáveis das variáveis utilizadas na modelagem

Fonte: Leandro (2013).

O modelo linear IFA, proposto por Leandro (2013),   apresentado pela Equa o (1).

$$GF=7.C_1+C_2+6.C_3+C_4+C_5+5.C_6+6.C_7 \quad \text{Equa o 1}$$

Sendo:

GF Grau de fragilidade.

C₁ Grau de fragilidade relativo ao  ndice de disseca o do relevo.

C₂ Grau de fragilidade relativo ao solo.

C₃ Grau de fragilidade relativo ao uso da terra/cobertura vegetal.

C₄ Grau de fragilidade relativo aos dados climatológicos.

C₅ Grau de fragilidade relativo aos dados geológicos.

C₆ Grau de fragilidade relativo   ocupa o humana.

C₇ Grau de fragilidade relativo   existência de áreas de preserva o permanente.

Ao se aplicar o modelo matemático, obtiveram-se valores variando de 0 a 123. Esses são subdivididos em 5 classes: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta (Quadro 9).

Classes	�ndice de Fragilidade Ambiental	Intervalo da Classe
1	Muito Baixo	0 - 34
2	Baixo	34 - 41
3	Médio	41 - 48
4	Alto	48 - 55
5	Muito Alto	55 - 123

Quadro 9 - Intervalo de classes do modelo matemático.

Fonte: Leandro (2013).

Como resultado da aplica o do modelo IFA, obteve-se o mapa da Figura 44, no qual o ambiente   classificado quanto aos seus índices de fragilidade.   possível observar

que o índice de fragilidade ambiental “muito baixo” e “baixo” é quase imperceptível no mapa. O município possui, de forma predominante, fragilidade ambiental muito alta. Reforçam os resultados da modelagem de fragilidade as observações de campo de Meurer e Werner (2015), que identificaram que diversas áreas de agricultura com declividades acentuadas, atingidas por processos de erosão laminar e linear, nas quais são removidas grandes quantidades de material sedimentar, potencializadas pelas atividades agrícolas, muitas vezes não utilizam técnicas de controle à erosão. Além disso, observam-se técnicas de preparo da terra incompatíveis com a fragilidade dos solos (tais como o uso de arado e subsolador em locais não recomendados para este tipo de manejo), tornando possível uma grande perda de solo durante os momentos de maior precipitação.

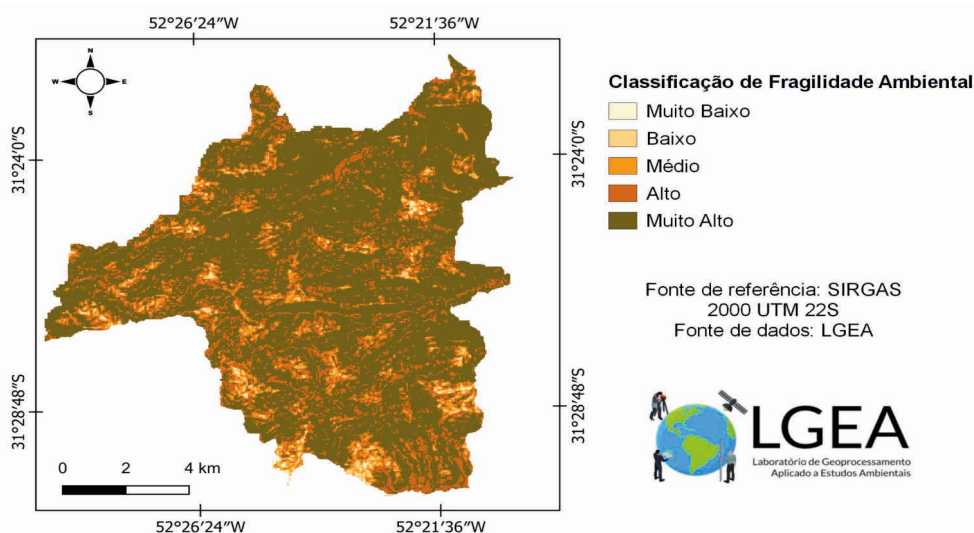


Figura 44: Mapa do índice de fragilidade utilizando o modelo IFA para o Município de Arroio do Padre. Fonte: Autores.

Os índices de fragilidade ambiental auxiliam na tomada de decisão e são importantes para a gestão de risco. Através do conhecimento das fragilidades ambientais, é possível direcionar a tomada de decisão para evitar, mitigar ou reverter impactos ambientais, além de gerar informações necessárias para as análises das características hidrológicas. Ambas as informações são de extrema importância para auxiliar na construção de um plano de contingência.

21 FRAGILIDADE NATURAL À CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO MUNICÍPIO DE ARROIO DO PADRE/RS

Cerca de 3% da água presente no planeta é considerada própria para consumo e, dentro dessa parcela, 98% encontra-se nas camadas subterrâneas e apenas 2% em lagos e rios (CETESB, 2022). No Brasil, 52% dos municípios brasileiros são abastecidos total

ou parcialmente por mananciais subterrâneos (ANA, 2010). Nesse sentido, devido à maior disponibilidade e qualidade superior, que está atrelada aos processos físicos, químicos e bacteriológicos naturais, que ocorrem ao longo do percurso da água pelos poros do solo e pelas rochas, fazendo uma espécie de filtro (ABAS, 2022), os aquíferos são importantes fontes de abastecimento humano, dessedentação de animais, irrigação e agricultura (BIERKENS; WADA, 2019; LI *et al.*, 2017).

Entretanto, o uso intensivo das águas subterrâneas pode acarretar impactos negativos relacionados à redução dos níveis dos lençóis freáticos, esgotamento das reservas de águas subterrâneas e interferências nas águas superficiais e nos ecossistemas, além da deterioração da qualidade hídrica (CERÓN *et al.*, 2021), tornando-se, então, um grande desafio para os órgãos responsáveis pela gestão hídrica. Esses reservatórios encontram-se sob riscos diversos no que diz respeito à manutenção da qualidade da água (GRAAF *et al.*, 2019; SABADINI *et al.*, 2017) que, de acordo com Rebouças (2006), é influenciada pelas características do meio físico, uso e ocupação do solo, e pela forma como são desempenhados seus processos de exploração. Para Júnior, Soares e Castro (2015), a perfuração e exploração desenfreada das águas subterrâneas e a construção inadequada de poços tubulares pode acarretar exaustão do aquífero e contaminação das águas subterrâneas, o que pode se tornar um problema de saúde pública caso ultrapasse os limites de tolerância estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 396/2008, que dispõe sobre o enquadramento, prevenção e controle da poluição das águas subterrâneas.

Nesse sentido, devido à diversidade no comportamento do solo e subsolo, que reflete na capacidade de atenuar naturalmente os contaminantes, é essencial avaliar e delimitar áreas de proteção, além de aplicar medidas de controle de contaminação (BRITO; SILVA; SANTOS, 2020). Para tanto, é imprescindível o mapeamento da vulnerabilidade à contaminação de aquíferos que, de acordo com Foster (2002), corresponde a um conjunto de características intrínsecas dos estratos que dividem o aquífero saturado, da superfície do solo, bem como sua capacidade de resistir à presença de contaminantes (REGINATO; AHLERT, 2013). Destaca-se, ainda, que a vulnerabilidade de um aquífero depende das características litológicas e hidrogeológicas dos estratos que o separam da potencial fonte poluidora, bem como dos gradientes hidráulicos que definem o transporte das substâncias através dos estratos (MACHIWAL, 2018).

A fim de minimizar, efetivamente, a contaminação das águas subterrâneas e auxiliar na tomada de decisões de planejamento territorial e monitoramento ambiental, o mapeamento da vulnerabilidade à contaminação dos aquíferos é um pilar fundamental para gestão dos recursos hídricos subterrâneos, por se tratar de uma ferramenta capaz de rastrear fontes potencialmente poluidoras e prejudiciais, além de identificar áreas ameaçadas pela contaminação (MADRONERO, 2022; LI *et al.*, 2016). Para avaliar a vulnerabilidade natural à contaminação dos aquíferos, a metodologia GOD, apresentada por Foster e Hirata (1988) e adaptada por Foster *et al.* (2002), utiliza três parâmetros, a saber:

Grau de confinamento do aquífero (*Groundwater ocurence*), representado pela letra G; o tipo de rocha predominante na zona não saturada (*Oveall litogy of aquifer*), representado pela letra O; e a profundidade do lençol freático ou do topo do aquífero confinado (*Depht of level water*), indicada pela letra D.

O município de Arroio do Padre concentra suas atividades econômicas no setor agropastoril, com destaque principal para a produção de fumo, além do cultivo de hortaliças, soja, milho, gado leiteiro e criação de frangos (FLACH, 2017). No que tange ao abastecimento de água do município, a maior parte se dá através de poços profundos e poços rasos. Por si só, a água subterrânea já é um recurso limitado naturalmente, devido às características geológicas dos terrenos onde o município se encontra, que dificultam a perfuração dos poços devido à resistência das rochas, e nos momentos de escassez pode ocorrer o rebaixamento e até mesmo a exaustão dos aquíferos, o que gera transtornos para os habitantes que dependem diretamente do abastecimento por meio de poços (CARDOSO, 2021).

Frente ao apresentado nos tópicos anteriores, surge a necessidade de se pensar na identificação e mapeamento da vulnerabilidade natural à contaminação das águas subterrâneas, do município de Arroio do Padre/RS, que pode ser realizada através do método GOD, para assim servir de subsídio para tomada de decisão, além de auxiliar o município de Arroio do Padre nas discussões acerca da elaboração do Zoneamento Ecológico Econômico realizado pela Secretaria de Meio Ambiente do Rio Grande do Sul – SEMA/RS. Pois, no que tange ao abastecimento de água do município, a maior parte se dá através de poços profundos e poços rasos, como comentado anteriormente. Antes, porém, é pertinente destacarmos algumas definições, como a água subterrânea, armazenada abaixo da superfície da terra, ocupando todos ou parte dos espaços vazios dos solos ou de estratos geológicos, e que estão sendo submetidas a duas forças (de adesão e de gravidade) (ISMAEL; ROCHA, 2019).

Neste contexto, a água considerada subterrânea é encontrada sob diferentes formas. Sendo elas: a água presente no solo em forma de umidade e presente na zona não saturada do subsolo e a água presente na zona saturada, também conhecida como lençol freático (LOBLER; SILVA, 2015). A água na forma de umidade do solo é a parcela da água que infiltra no solo e, em função da ação da força de adesão ou de capilaridade, fica retida nas regiões mais próximas da superfície do solo, definida assim como a zona não saturada do subsolo (ABAS, 2022). A outra parcela da água que sofre a ação da gravidade, chega às zonas mais profundas do subsolo, dando origem assim a zona saturada que também é conhecida como água do lençol freático (BRAGA *et al.*, 2015).

Desta forma, a zona não saturada denominada de zona de aeração ou vadosa é a parte do solo que está parcialmente preenchida por água (ABAS, 2022). Nessa zona, pequenas quantidades de água distribuem-se uniformemente, sendo que as suas moléculas se aderem às superfícies dos grãos do solo (BRAGA *et al.*, 2015). De acordo

com a Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS, 2022), ocorre o fenômeno da transpiração pelas raízes das plantas, de filtração e de autodepuração da água infiltrada no subsolo. Já na zona saturada, que é a região abaixo da zona não saturada, os poros do solo estão totalmente preenchidos por água, que atinge essa zona por gravidade, através dos poros ou fraturas de rochas, até alcançar uma profundidade máxima imposta pelas rochas densas, dando origem, neste caso, aos aquíferos artesianos (GONÇALVES; MANZIONE, 2019).

As águas subterrâneas estão constantemente em movimento, porém, quando comparadas às águas superficiais, elas se movem muito lentamente e a taxa real depende da transmissividade e da capacidade de armazenamento do aquífero (BRAGA *et al.*, 2015). As saídas naturais de águas subterrâneas ocorrem através de fontes e leitos de rios, quando a pressão das águas subterrâneas é maior que a pressão atmosférica nas proximidades da superfície do solo (RIBEIRO; ROCHA; GARCIA, 2011). A circulação interna não é facilmente determinada, mas perto do lençol freático o tempo médio de ciclo da água pode ser de um ano ou menos, enquanto em aquíferos profundos pode ser de milhares de anos (BRAGA *et al.*, 2015). Frente ao exposto, destaca-se que a porosidade, permeabilidade intergranular ou de fissuras de um aquífero definirá a velocidade da água em seu meio, a quantidade da água e a sua qualidade como reservatório (ABAS, 2022).

Os atributos de porosidade e permeabilidade são função da litologia e dos tipos de solos presentes em uma dada região. A litologia é função da sua origem geológica, que pode ser fluvial, lacustre, eólica, glacial. Por sua vez, a origem das rochas irá determinar o tipo de rochas. Rochas sedimentares, rochas fraturadas e metamórficas determinarão os diferentes tipos de aquíferos (BRAGA *et al.*, 2015).

Sendo assim, a litologia exerce influência sobre os atributos da porosidade da rocha e que, por sua vez, dão origem a três tipos de aquíferos. São eles: aquíferos porosos (sedimentar), fraturados (fissural) e cársticos. Entende-se aquíferos porosos como aqueles oriundos de rochas sedimentares consolidadas, sedimentos inconsolidados ou solos arenosos, ou seja, nos quais é possível a circulação de água por meio dos poros (GONÇALVES; PEREIRA; ALMEIDA, 2021). Já os aquíferos fraturados são oriundos de rochas ígneas, metamórficas ou cristalinas, duras e macias; nestes, a circulação da água se dá através de fraturas ou fendas, abertas por meio do movimento das placas tectônicas (SEVERGNINI; BORTOLIN; REGINATO, 2021). E, por fim, os aquíferos cársticos são formados por rochas calcáreas ou carbonáticas, e a água se movimenta nas fraturas e outras descontinuidades oriundas em função da dissolução de carbonato pela água (BRAGA *et al.*, 2015).

Outra classificação importante, neste estudo, é referente à pressão da água entre as rochas ou entre o solo e a rocha, a qual se divide em aquíferos confinados (artesianos) e semi-confinados ou livre (freático). Nesse contexto, os aquíferos artesianos estão confinados entre duas camadas impermeáveis ou semipermeáveis de rochas e a pressão atmosférica

é menor que a pressão da água no topo da zona saturada no mesmo ponto, fazendo, assim, com que a água ascenda no poço para além da zona aquífera (ABAS, 2022). Esse tipo de aquífero é frequentemente encontrado em bacias sedimentares profundas.

Já os aquíferos semi-confinados se localizam limitados na base, no topo ou em ambos, por meio de camadas com permeabilidade inferior à dos aquíferos confinados. Por fim, aquífero livre ocorre quando há uma formação geológica permeável e superficial. Nos aquíferos freáticos o nível da água oscila de acordo com a variação da precipitação, estando sujeitos à pressão atmosférica, e são os mais explorados para atividades antrópicas. São também os que apresentam maiores problemas de contaminação (BRAGA *et al.*, 2015).

Contudo, de acordo com Rahmati, Pourghasemi e Melesse (2016), apesar da menor vulnerabilidade dos aquíferos em oposição aos recursos hídricos superficiais, a poluição dos mananciais subterrâneos possui um fator a mais em comparação aos mananciais superficiais, ou seja, a impossibilidade de se autodepurar. Fica, assim, evidente que os aquíferos e outros suprimentos de água subterrânea apresentam maiores riscos de poluição, decorrentes de atividades antrópicas (VILLAR, 2010). Essa contaminação pode tornar as águas subterrâneas impróprias para uso. Contudo, o impacto de cada fonte de poluição ou contaminação varia em relação às características do solo e a profundidade do aquífero. Porém, quando relacionadas à poluição urbana, destacam-se como as mais significativas: as redes coletoras de esgotos, os lixões e os aterros sanitários, as lagoas de estabilização e o lançamento de efluente no solo (RIBEIRO; ROCHA; GARCIA, 2011; LOBLER; SILVA, 2015).

Neste viés, gerenciar a água subterrânea significa equilibrar a exploração do recurso, em termos de quantidade e qualidade. Porém, com a crescente demanda por água para o desenvolvimento econômico e para os meios de subsistência, esse equilíbrio deve levar em consideração a eficiência, a equidade e a sustentabilidade de longo prazo em termos de manutenção da qualidade e da quantidade nos níveis desejados (VILLAS, 2016). O delineamento de limites apropriados para o estabelecimento da área de planejamento/gerenciamento de recursos hídricos subterrâneos é uma questão específica, que muitas vezes ultrapassa os limites políticos/administrativos (VILLAS, 2016). Além disso, em algumas situações socioeconômicas e políticas do mundo real, as decisões de gerenciamento de riscos, para abordar a abstração excessiva e/ou a poluição severa das águas subterrâneas, substituirão as abordagens de gerenciamento integrado (VILLAR, 2016). Outras barreiras para uma abordagem integrada incluem: falta de capacidade institucional, disponibilidade limitada de fundos ou simplesmente política.

Sendo assim, o plano de gerenciamento das águas subterrâneas deve ser adequado à situação específica, a saber: se há uma situação de linha de base com captação insignificante de águas subterrâneas, apenas o registro de poços e nascentes e o mapeamento de recursos são necessários (VILLAS, 2016). Porém, em uma situação de estresse incipiente com poucas demandas e conflitos locais concorrentes, são apropriadas

ferramentas simples de gerenciamento para espaçamento, monitoramento e geração de relatórios suportados por uma estrutura reguladora (RIBEIRO; ROCHA; GARCIA, 2011). Ademais, com um estresse significativo, nos quais as captações afetam os regimes naturais e as partes interessadas, são necessárias uma política de desenvolvimento de águas subterrâneas e uma estrutura reguladora, que deve ser baseada em uma avaliação abrangente dos recursos (VILLAR, 2010). Por fim, em casos extremos, com situação insustentável, com excessiva abstração descontrolada e deterioração irreversível do aquífero, há uma necessidade urgente de políticas, legislação, regulamentação e mecanismos de gerenciamento muito mais rigorosos (VILLAS, 2016; RODRIGUES, 2019).

A fim de minimizar efetivamente a contaminação das águas subterrâneas e auxiliar na tomada de decisões de planejamento territorial e monitoramento, o mapeamento da vulnerabilidade natural à contaminação dos aquíferos é um pilar fundamental para gestão dos recursos hídricos subterrâneos por se tratar de uma ferramenta capaz de rastrear fontes potencialmente poluidoras e prejudiciais, além de identificar áreas ameaçadas pela contaminação (MADROÑERO, 2022; LI *et al.*, 2016).

Dentre os métodos existentes para o mapeamento da vulnerabilidade à contaminação dos aquíferos tem-se o GOD (*Groundwater, Overlying Strato, Depth to Groundwater Table*) que, segundo Chrispim (2016), é um método simples com apenas três parâmetros para analisar a vulnerabilidade aquífera de águas subterrâneas, focando em grau de confinamento hidráulico da água subterrânea; litologia da zona não saturada e profundidade da água subterrânea. Segundo Maia e Cruz (2011 p. 26), para a determinação da vulnerabilidade natural à contaminação das águas subterrâneas utilizando o método GOD, multiplicam-se os três parâmetros: (G) o grau de confinamento, (O) a litologia e o grau de consolidação da cobertura e (D) a profundidade da superfície freática, como se observa na Figura 45.

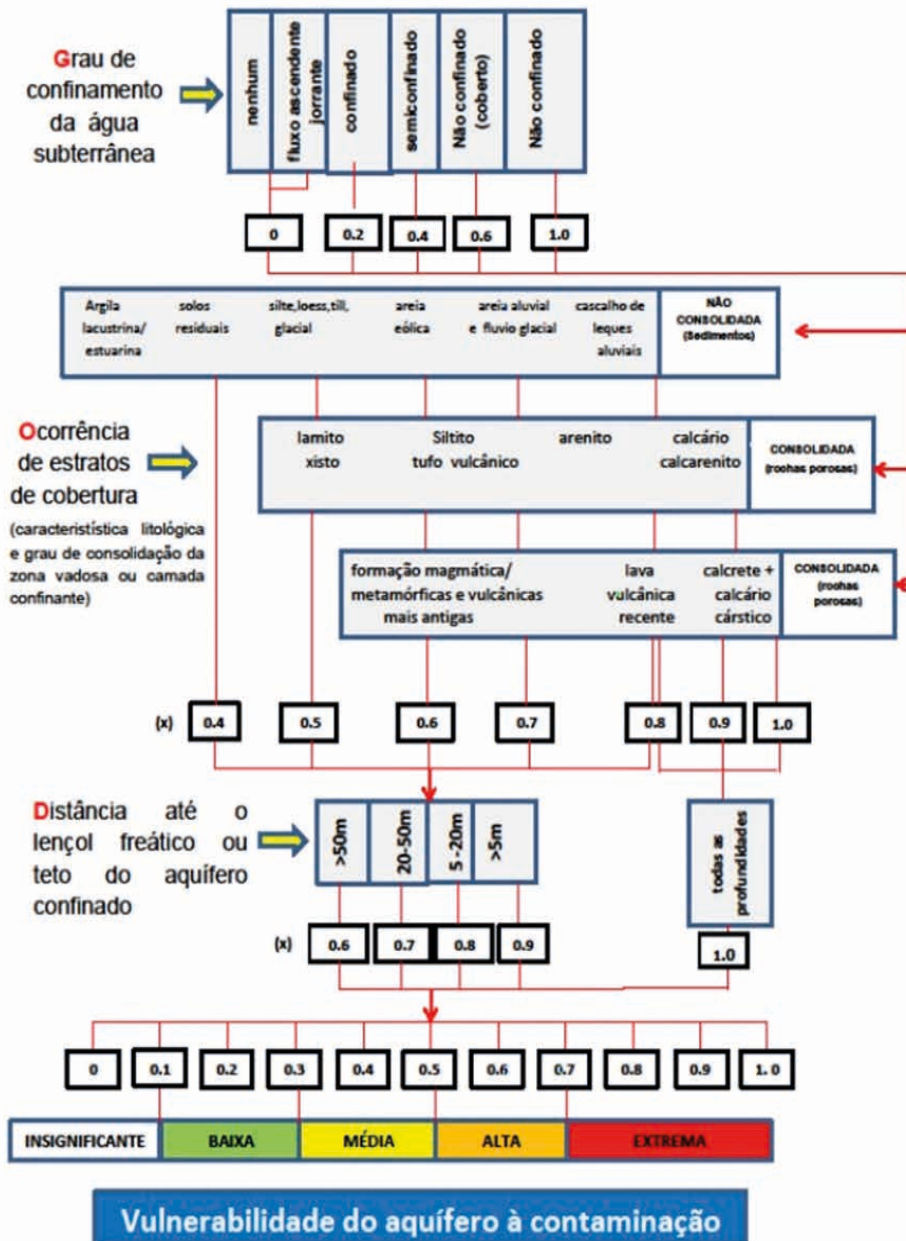


Figura 45: Método GOD para Avaliação da Vulnerabilidade do Aquífero à Contaminação.

Fonte: Chrispim (2016, p. 27).

Com base nas características do aquífero, cada um dos fatores recebe um valor que, posteriormente, é multiplicado, representando o índice numérico para a vulnerabilidade natural do aquífero, podendo ser considerado: Extrema, Alta, Média, Baixa e Insignificante vulnerabilidade, como mostra o Quadro 10.

Classe de Vulnerabilidade	Índice	Definição Correspondente
Extrema	0.7 – 1.0	Vulnerável à maioria dos contaminantes com impacto rápido em muitos cenários de contaminação;
Alta	0.5 – 0.7	Vulnerável a muitos contaminantes, exceto os que são fortemente adsorvidos ou rapidamente transformados em muitas condições de contaminação;
Média	0.3 – 0.5	Vulnerável a alguns contaminantes, mas somente quando continuamente lançados ou lixiviados;
Baixa	0.1 – 0.3	Vulnerável somente a contaminantes conservadores, em longo prazo, quando contínua e amplamente lançados ou lixiviados;
Insignificante	0.0 – 0.1	Presença de camadas confinantes sem fluxo vertical significativo de água subterrânea (percolação).

Quadro 10: Definição prática das classes de vulnerabilidade de um aquífero

Fonte: Crispim (2016, p. 28).

Posteriormente, para estimar os valores do GOD em pontos não amostrados, emprega-se a interpolação dos dados através da ferramenta denominada *Geostatistical Analyst* e *Inverse Distance Weighting – IDW*.

No que diz respeito às características geológicas do município, de acordo com Flach (2017), apresentam-se granitos róseos de granulação média, nos quais foi dado o peso de 0,6 para o parâmetro O do GOD. Os poços existentes no Arroio do Padre foram considerados confinados e livres, recebendo peso 0,2 e 1,0 respectivamente. E, com relação à distância até o aquífero, todos os poços apresentaram distâncias inferiores a 5 metros, recebendo peso 0,9. O resultado da aplicação da metodologia GOD para o município do Arroio do Padre pode ser observado na Figura 46.

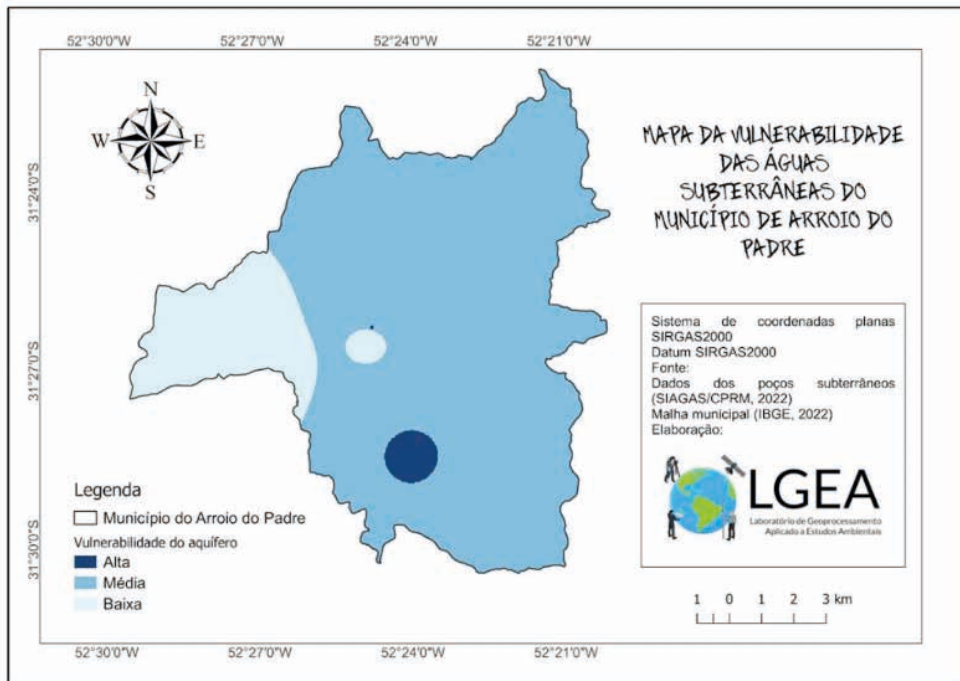


Figura 46: Mapa de vulnerabilidade natural à contaminação das águas subterrâneas para o Arroio do Padre.

Fonte: Autores, 2022.

Observa-se que a vulnerabilidade natural encontrada para o município variou de baixa a alta, sendo que a vulnerabilidade alta corresponde a 1,72% da área total do município, a vulnerabilidade média corresponde a 83,83% e a baixa corresponde a 14,45% da área total de Arroio do Padre. Salienta-se que, como grande parte do município apresentou fragilidade média à contaminação das águas subterrâneas, deve-se priorizar ações e políticas públicas que visem a monitorar as atividades que serão desenvolvidas nessas áreas, a fim de minimizar a contaminação das águas subterrâneas. A Figura 47 demonstra a localização do cemitério principal do município inserido em áreas consideradas de média vulnerabilidade ambiental. Dessa forma, nessa área e no entorno, é importante que sejam realizados monitoramentos da qualidade do solo e das águas subterrâneas.

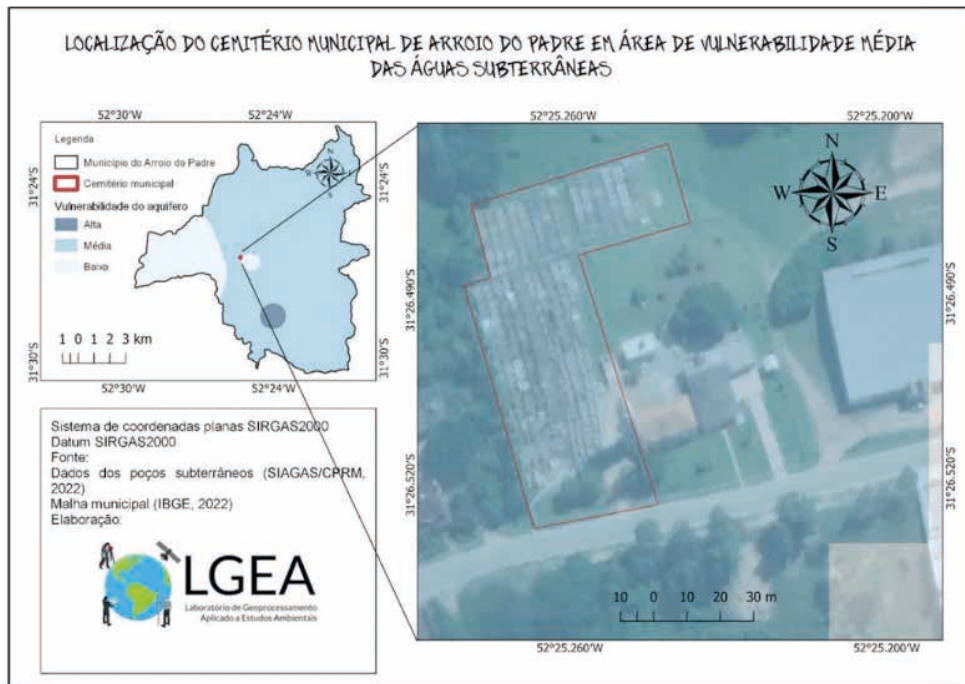


Figura 47: Localização do cemitério principal de Arroio do Padre em área de média vulnerabilidade natural à contaminação das águas subterrâneas.

Fonte: Autores, 2022.

3 I MAPEAMENTOS DE SUSCETIBILIDADE A EVENTOS HIDROLÓGICOS

Conforme se verificou no capítulo “Eventos adversos no município com decretos de emergência”, o município de Arroio do Padre convive com eventos de enxurradas periodicamente, e tal situação se torna essencial entender as características hidrológicas da região. A análise das características morфомétricas das bacias hidrográficas é extremamente importante, pois a partir dela pode-se analisar a suscetibilidade à inundação, através de parâmetros como a declividade da bacia em relação ao seu tamanho e o comprimento do canal principal em relação ao tamanho da bacia, os quais podem indicar um provável comportamento hidrológico das bacias (ARAÚJO, 2017).

Para compreensão da vulnerabilidade de ocorrência de inundações bruscas, também conhecidas como enxurradas, empregou-se modelagem espacial através de um Sistema de Informações Geográficas. Sendo assim, realizou-se delimitação das bacias hidrográficas hidrográficas, inicialmente no município e entorno e, posteriormente, dentro das sub-bacias que compõem os limites municipais. Para esse processo foi adotada a metodologia de Araujo *et al.* (2019):

- a) a aquisição dos dados espaciais;

- b) a geração do Modelo Digital de Elevação (MDE);
- c) a eliminação de ruídos;
- d) a geração de um arquivo de imagem da direção do fluxo;
- e) a geração de um arquivo de imagem de acúmulo de fluxo;
- f) a geração de um vetor com um dreno traçado, e
- g) a delimitação das bacias.

Na Figura 48 é possível observar as bacias hidrográficas do entorno e as bacias que estão dentro dos limites do município de Arroio do Padre.

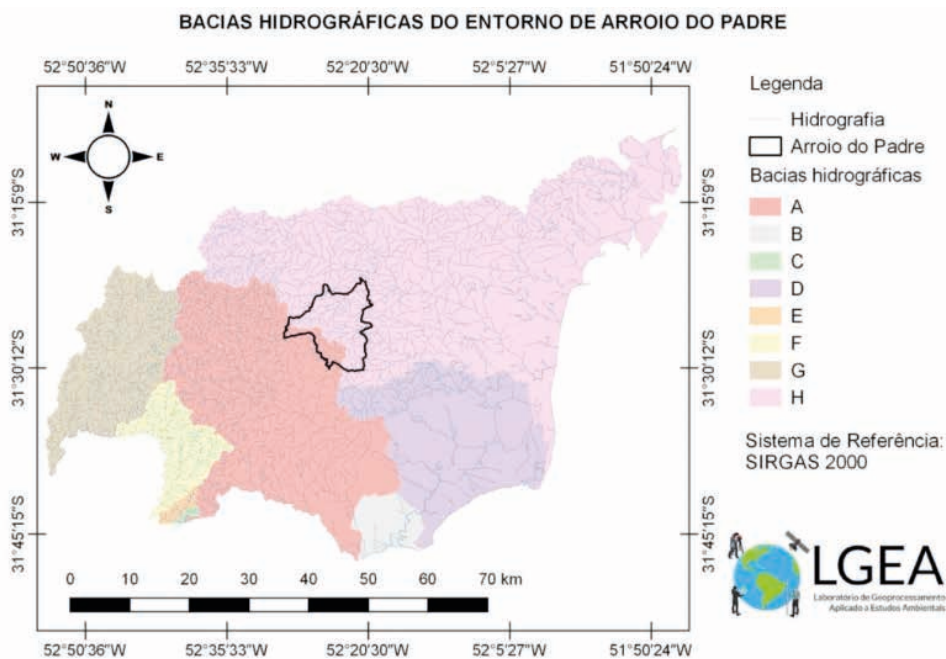


Figura 48: Mapa das bacias hidrográficas no entorno do município de Arroio do Padre.

Fonte: Autores.

Já a Figura 49 mostra os limites territoriais do município, com as divisões das sub-bacias municipais. De acordo com Araujo *et al.* (2019), Arroio do Padre está inserido na região hidrográfica da bacia Mirim-São Gonçalo e tem ao total 7 sub-bacias pertencentes ao município. Os dois maiores contribuintes hidrológicos da região em relação à ocorrência dos eventos adversos de enxurradas são o Arroio Pimenta e Quilombinho, respectivamente. Salienta-se que ambos os cursos d'água são pertencentes à sub-bacia 1.

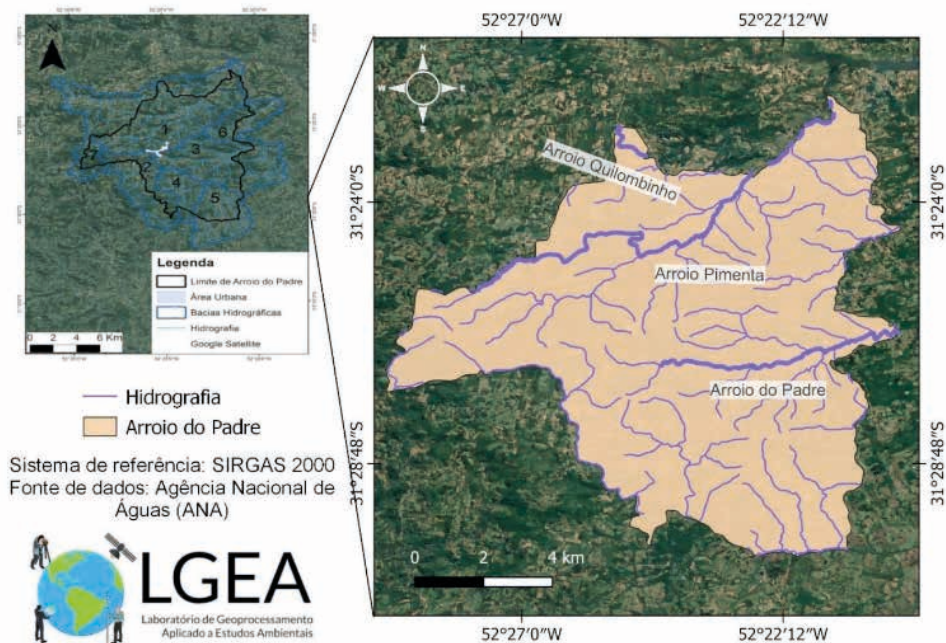


Figura 49: Mapa das microbacias de Arroio do Padre.

Fonte: Autores.

Visando a delimitar a suscetibilidade a inundação das bacias hidrográficas do município, foram calculados os parâmetros das características morfométricas, Coeficiente de Compacidade (K_c),  ndice de conforma o (I_c) e o Tempo de concentra o (t_c). Utilizaram-se as equa es 2, 3 e 4.

$$K_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad \text{Equa o 2}$$

$$t_c = 57L^{1.155}H^{0.385} \quad \text{Equa o 3}$$

$$I_c = A \cdot L_{ax}^{-2} \quad \text{Equa o 4}$$

Onde:

K_c : coeficiente de compacidade

P: perímetro da bacia (Km)

A:  rea da bacia (Km²)

t_c : tempo de concentra o (minutos)

H: desnível entre a cabeceira e a se o de controle da bacia (m)

L: comprimento do talvegue principal (Km)

I_c :  ndice de conforma o

L_{ax}^{-2} : comprimento axial da bacia (Km)

Bacias Arroio do Padre								
Bacias	Perímetro (Km)	Área (km ²)	Desnível (m)	Comp. Axial (Km)	Comp. Rio Principal (Km)	Kc	IC	t _c (min)
1	51,86	86,79	244	14,56	17,19	1,56	21,03	151,5
2	28,52	27,73	130	9,78	14,01	1,52	12,22	121,9
3	32,88	45,15	215	11,56	15,70	1,37	17,26	121,8
4	17,57	12,78	162	5,83	7,74	1,38	9,14	61,5
5	21,34	23,72	160	4,69	5,42	1,23	13,96	48,22
6	19,41	15,39	170	7,33	8,22	1,39	9,96	78,76
7	14,49	8,88	142	4,31	6,75	1,36	7,70	45,73

Tabela 1. Informações básicas e características morfométricas sobre as bacias hidrográficas de Arroio do Padre/RS.

Fonte: Adaptado de Araujo (2019).

O Coeficiente de Compacidade (KC) é número adimensional, correlacionado à forma da bacia independente do seu tamanho. De acordo com Villela *et al.* (1975), quando as bacias apresentam Kc entre de 1,00 a 1,25, existe alta propensão a grandes cheias; de 1,25 a 1,50, esta tendência é mediana; e maiores que 1,50, a bacia não é propensa a grandes cheias. Observando a Tabela 1, as Bacias 1 e 5 possuem uma tendência de apresentarem problemas de propensão a grandes cheias pela sua forma.

O Índice de Conformação (Ic) indica o quanto a forma da bacia hidrográfica se aproxima da forma circular e ele representa a relação entre a área da bacia e um quadrado de lado igual ao comprimento axial da bacia. Assim, quando o Ic é maior que 0,51, a bacia se aproxima mais da forma circular e este índice, portanto, também expressa a capacidade da bacia em gerar enchentes (ARAÚJO *et al.*, 2019). Dessa forma, analisando o Ic de todas as bacias hidrográficas que englobam o município, conclui-se que este tem grande tendência a ter inundações bruscas/enxurradas, o que se verifica através dos dados históricos de eventos da região.

Delimitou-se, na Figura 51, a suscetibilidade à inundação para o município através da Análise Hierárquica de Pesos (AHP). Para esse mapeamento foram utilizados os dois parâmetros mais significativos para o escoamento superficial da água, declividade e tipo de solo. O esquema para a geração dos resultados é apresentado na Figura 50.

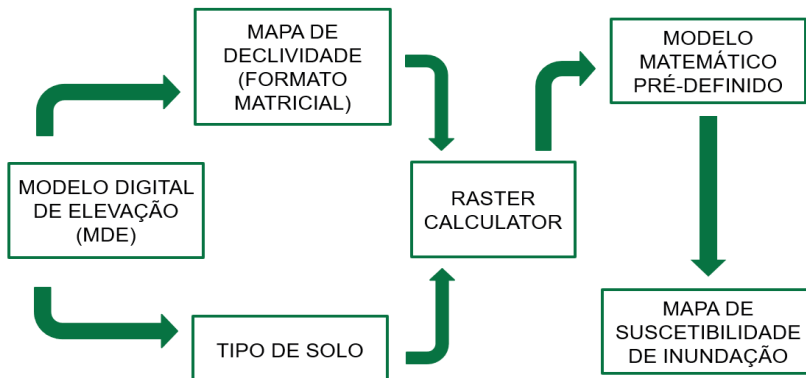


Figura 50: Organograma do processo de geração de áreas mais suscetibilidade à inundação.

Meurer e Werner (2015) corroboram os resultados encontrados neste estudo, quando relatam que o aumento do escoamento superficial associado às fortes declividades foi determinante para a ocorrência da enxurrada de 2010, pois a água precipitada chegou mais rápida e com maior energia à rede de drenagem, provocando um rápido aumento no pico de vazão.

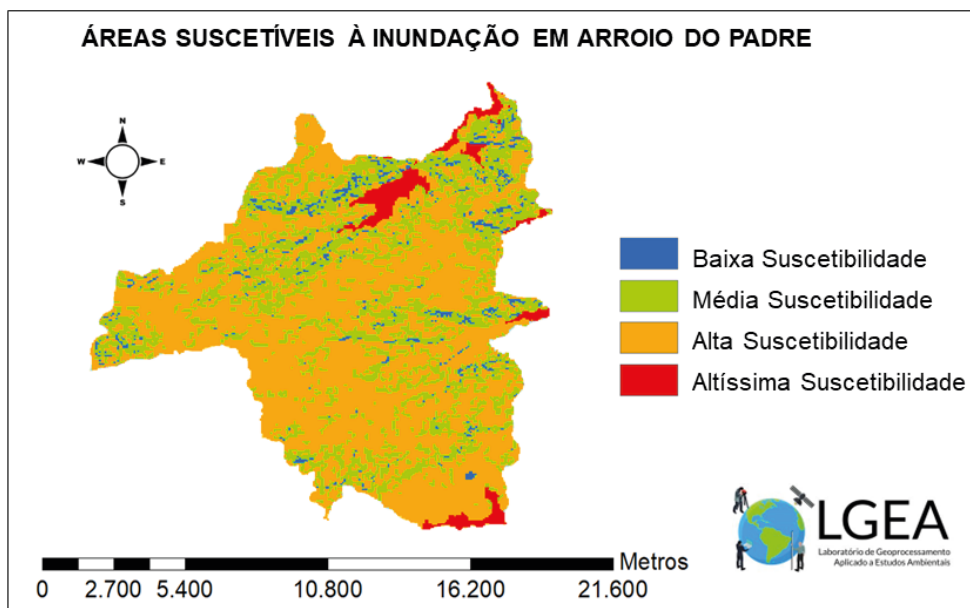


Figura 51: Mapa de áreas com probabilidade de inundação.

Fonte: Autores.

Os resultados mostram que grande parte do território de Arroio do Padre tem uma alta suscetibilidade à inundação, sendo que algumas áreas são classificadas como

altíssima suscetibilidade. Com isso, Arroio do Padre tem um grande desafio para o futuro em relação ao manejo das águas pluviais. Embora com uma parcela de área urbana em relação à área total do município menor, quando comparada com a média do estado do Rio Grande do Sul e do Brasil, a despesa praticada para os serviços de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas por edificação foi de apenas R\$8,50, enquanto os valores no estado Rio Grande do Sul e no Brasil, respectivamente, foram de R\$51,50 e R\$61,90 por unidades no ano (SNIS, 2020).

4 | ANÁLISE DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ARROIO DO PADRE

Nesta seção faz-se uma reflexão acerca dos recursos hídricos e pontos significativos que merecem atenção no município de Arroio do Padre, enfatizando a temática que envolve tanto a dessedentação humana e de animais, quanto atividades agrícolas. Tal propositura fundamenta-se na exequível gestão de recursos hídricos com parcimônia e segurança — em momentos de eventos adversos — através da convergência entre os gestores públicos e a comunidade em geral, com sua inerente singularidade.

A água trata-se de um recurso natural essencial para toda vida na terra; o ser humano, em específico, tem, dentre suas necessidades essenciais, a água de qualidade e quantidade suficiente para atender suas demandas, garantir sua saúde e proporcionar desenvolvimento econômico (FUNASA, 2007). O acesso à água em quantidade e qualidade adequadas consiste em uma situação análoga ao conceito de segurança hídrica, já que consoante a Organização das Nações Unidas (WATER, U. N., 2013), a segurança hídrica não é atingida quando não se assegura a quantidade e qualidade de água indispensável para garantir meios de sobrevivência, bem-estar humano, bem-estar socioeconômico e preservação ambiental em sentido amplo. O grande problema enfrentado pelos centros urbanos atualmente refere-se à disponibilidade de água adequada para a população (FAVRETTO *et al.*, 2016).

Os impactos ambientais ocasionados pelas mudanças climáticas acarretam consequências, dentre as quais destacam-se o aumento da temperatura média global, a poluição do ar e alterações na composição atmosférica, impactando diretamente nas mudanças nos regimes de precipitações. Outrossim, a ocorrência de chuvas irregulares, tempestades mais concentradas e estiagem, por serem mais frequentes e prolongadas, podem ser observadas como consequências de impactos ambientais de abrangência global, regional ou local (MOREIRA *et al.*, 2022; BROSE, 2021).

A estiagem, na região estudada, ocasionou impactos negativos severos aos afetados, sendo, por isso, considerada com alto grau de significância. Tal conjuntura culminou na inserção do assunto, juntamente a outros eventos ocorridos no Rio Grande do Sul, em universidades e organismos governamentais, isso porque a frequente ocorrência dessas situações torna os municípios vulneráveis financeira e economicamente. Essa

vulnerabilidade, também, preocupa a população e órgãos responsáveis pela segurança, principalmente quanto às áreas mais fragilizadas. Pode-se perceber, com efeito, as perdas enfrentadas pelos produtores rurais em virtude da estiagem, por isso a importância da resiliência dos recursos para o desenvolvimento regional e diminuição da fragilidade socioambiental de Arroio do Padre (MOREIRA *et al.*, 2022).

O acesso aos recursos essenciais para a manutenção da vida estão diretamente ligados à vulnerabilidade social. Lembrando que o termo vulnerabilidade, conforme abordado anteriormente, é considerado por Blaike *et al.* (1996, p. 14):

[...] las características de una persona o grupo desde el punto de vista de su capacidad para anticipar, sobrevivir, resistir y recuperarse del impacto de una amenaza natural. Implica una combinación de factores que determinan el grado hasta el cual la vida y la subsistencia de alguien queda en riesgo por un evento distinto e identificable de la naturaleza o de la sociedad (BLAIKE, 1996, p. 14).

No que tange aos prejuízos dos produtores rurais, a Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural — Emater/RS (2022) — advertiu a população sobre os efeitos da estiagem, abordando a preocupação com o impacto negativo sobre a agricultura no Estado, principalmente para os municípios que têm como principal agente econômico o setor primário. No caso de Arroio do Padre, 85% da população reside em propriedade rural, cuja renda advém de cultivos e criações de animais. A indisponibilidade da água, nesse contexto, não somente afetará o consumo humano e atividades domésticas, mas também acarretará perdas em virtude da irrigação e dessedentação animal. Como ressalta a EMATER/RS (2022), o setor agrícola não é o único impactado por conta dos efeitos das mudanças climáticas, a estiagem impacta no sistema de abastecimento de água para consumo humano.

A Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020, que aprimorou as condições do saneamento básico e suas diretrizes dispostas na Lei nº 11.445 de 2007, prevê que a prestação de serviços de saneamento básico deverá observar, dentre outros princípios: universalização do acesso; abastecimento de água e esgoto sanitário; serviço de manejo das águas pluviais, tratamento, limpeza e fiscalização preventiva das redes; redução e controle da perda de água; estímulo à racionalização do consumo; reuso de efluentes sanitários e aproveitamento de águas da chuva; e, finalmente, prestação concomitante dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

Um sistema de abastecimento de água tem como finalidade atender desde pequenos aglomerados até cidades de alta taxa populacional, variando suas características e estrutura de acordo com as instalações. O processo compreende, respectivamente, a retirada de água do meio ambiente, trabalho na sua qualidade, transporte até os povoados humanos para, enfim, fornecer a quantidade necessária à demanda (FUNASA, 2007). O manual de saneamento básico, oriundo da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), define o sistema de abastecimento de água da seguinte forma:

Constitui-se no conjunto de obras, instalações e serviços, destinados a produzir e distribuir água a uma comunidade, em quantidade e qualidade compatíveis com as necessidades da população, para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros usos (FUNASA, 2007).

A gestão das cidades frente a esses eventos permite que organismos governamentais se organizem, com o intuito de evitar infortúnios e melhorar a capacidade de resposta, conforme as ocorrências. O principal objetivo, segundo Ferreira (2016), consiste na capacidade de o município organizar-se, preparar-se e planejar ações de absorção, recuperação e adaptação eficiente de eventos desfavoráveis.

De acordo com Favreto *et al.* (2016), os sistemas de abastecimento de água estão apresentando deficiências operacionais, podendo ser por falha de projeção de crescimento populacional das cidades, gerando alta demanda, como também pelos equívocos na manutenção na rede de distribuição. A cidade de Arroio do Padre não detém concessão pública para realizar a prestação de serviços do Sistema de Abastecimento Hídrico. Portanto, as eventuais obras e serviços envolvendo o abastecimento de água potável são de responsabilidade do município (PMSB, 2015). O SEMAAP - Serviço Municipal de Abastecimento de Água de Arroio do Padre - foi criado pela Lei nº456, de 26 de dezembro de 2005, determinando que a Secretaria de Obras, Infraestrutura e Saneamento teria a responsabilidade pelo sistema de abastecimento de água (PMSB, 2015).

A cobertura de abastecimento de água é de suma importância para a população de Arroio do Padre. O município disponibiliza água potável para cerca de 15% da população total, fugindo da realidade e padrões esperados pela ONU. Dessa porcentagem disponibilizada, 85% são da área urbana com acréscimo de uma comunidade rural. No entanto, existem algumas áreas rurais que não possuem abastecimento de água, como o bairro Progresso, com 12 domicílios, o Bairro Leitske, com 12 residências e uma igreja e, por fim, o Bairro Cerrito, com 5 habitações, uma escola e uma igreja (PMSB, 2015).

O sistema de abastecimento de água, em sua origem, deve ser concebido e projetado para atender desde pequenos vilarejos até grandes centros urbanos, variando, para isso, suas especificações e estrutura, de modo a considerar toda a população. Reitera-se que o processo compreende a retirada da água da natureza, adequação do transporte, qualidade e quantidade necessária (FUNASA, 2007). Assim, consideram-se serviços públicos de abastecimento de água:

- I - Reservação de água bruta;
- II - Captação de água bruta;
- III -Adução de água bruta;
- IV -tratamento de água bruta;
- V - Adução de água tratada; e

VI - Reservação de água tratada (BRASIL, 2020, n.p.)

Em análise da estrutura do sistema de abastecimento urbano de água do município, percebe-se que ela possui um sistema de captação de água mediante poços tubulares, nos quais o tratamento se dá por adição de solução de hipoclorito de sódio direto na rede que transporta água até os seus reservatórios, visto que a captação hídrica, acima de tudo, tem que ser suficiente em disponibilidade e qualidade. Para a reservação e, por fim, para a rede de distribuição de água para os consumidores o processo de recalque é realizado através do bombeamento proveniente do reservatório do bairro Benjamin (R3), abastecendo o reservatório do Centro da cidade, que trabalha com capacidade de 15m³ (PMSB, 2015). Os poços de captação de água utilizados são 3 do tipo tubulares profundos (Figura 52), os quais, de acordo com a Funasa (2007), têm como objetivo captar água do aquífero, podendo ser denominados artesianos ou confinados, e se encontram abaixo do lençol freático (PMSB, 2015).

No Quadro 11 estão apresentadas as características dos 3 poços. Outras formas de captação que são listadas pela Funasa (2007) são relacionadas aos mananciais e podem ser utilizadas:

- I- Superfície de coleta (água de chuva);
- II- caixa de tomada (nascente de encosta);
- III- galeria filtrante (fundo de vales);
- IV- poço escavado (lençol freático); poço tubular profundo (lençol subterrâneo);
- V- tomada direta de rios, lagos e açudes (mananciais de superfície).



Figura 52: Imagem da estrutura dos poços de captação de água para o abastecimento municipal. A) Estrutura de proteção do Poço 1. B) Captação do Poço 1. C) Estrutura de proteção do Poço 2. D) Captação do Poço 2. E) Estrutura de proteção do Poço 3. F) Captação do Poço 3.

Fonte: Lei N. 1680/2015 Anexo III (2015).

Características do Sistema de captação hídrica do município		
Poços	Capacidade (m ³ /dia)	Uso (m ³ /dia)
Poço 1	10	6,6
Poço 2	50	22,2
Poço 3	15	2,9
Totalidade	75	31,7

Quadro 11. Características do Sistema de captação hídrica do município de Arroio do Padre

Fonte de dados: Plano municipal de saneamento básico de 2015.

O poço 1, que fica no Centro do município, que é a sede, possui 132 m de profundidade, com capacidade de 10m³/dia, atendendo 26 habitações, duas escolas

totalizando 258 estudantes, uma UBS, uma agência bancária, 2 restaurantes, um posto de combustível e 2 supermercados. O poço 2 do bairro Benjamin contém 96 m de profundidade com capacidade de 50m³/dia, atendendo 72 habitações, uma escola com 350 estudantes e 7 propriedades rurais na comunidade de Santa Coleta. O poço 3 fica no bairro O Brasil para Cristo (Bruno Lichtnow), contendo profundidade de 127 m com capacidade de 15m³/dia, atendendo 13 residências e uma escola (PMSB, 2015).

Autores como Tsutiya (2006), Azevedo Netto e Fernandez (2017) e Amabelli Nunes (2021), bem com a NBR 12217, abordam que os projetos de reservatório, no que concerne ao dimensionamento e implantação, com objetivo de distribuição de água para abastecimento público, devem ter alguns pré-requisitos como: o fornecimento de vazão constante, ou seja, igualdade na demanda média para o dia de maior utilização hídrica, reservatórios com capacidade de fornecer complementos para os dias de déficit hídrico, segurança para com o abastecimento em situações adversas (interrupção, ruptura, paralisação do tratamento de água, queda de energia etc.) envolvendo os aparelhos do sistema e, por fim, reservação para casos de incêndio. De acordo com Dantas e Machado (2019), a reservação tem como objetivo assegurar o fornecimento de água por um intervalo de tempo mínimo e regimentar a vazão, pois é uma forma de garantir água potável disponível para a população. A capacidade de reservação do município de Arroio do Padre é de 90 m³.

Reservação hídrica do município de Arroio do Padre	
Reservatório	Volume (m ³)
R1	15
R2	15
R3	30
R4	20
R5	10
Totalidade	90

Quadro 12 . Capacidade de reservação por reservatório

Fonte de dados: Plano municipal de saneamento básico de 2015.

Portanto, analisando a resiliência da cidade e realizando uma relação entre a capacidade diária de fornecimento de água do sistema de abastecimento de Arroio do Padre, com a totalidade desses armazenamentos dos seus reservatórios, conclui-se que irá proporcionar ao sistema de abastecimento suportar adversidades decorrentes da escassez ou de uma redução no fluxo de água por aproximadamente 3 dias (MOREIRA *et al.*, 2022). Após esse período, o poder público precisa estar preparado para atender a população com medidas alternativas.

Quanto ao processo de transporte de água, é realizado por uma rede de abastecimento que desloca a água de um ponto demandado a outro. O deslocamento deve ser seguro, prevenindo contra desperdício e evitando riscos de contaminação, pois a água é elemento essencial para a saúde da população (DANTAS; MACHADO, 2019). A rede de distribuição, explicitando tecnicamente, é caracterizada como um sistema capaz de fornecer água através de tubulações e demais acessórios, que tem como premissa distribuir água potável constantemente em quantidade e qualidade para a população (PAIVA, 2014). Arroio do Padre é um município que possui aproximadamente 2.951 habitantes, e cerca de 490 habitantes estão localizados em áreas urbanas (INSTITUTO ÁGUA E SANEAMENTO, 2020). A Prefeitura Municipal de Arroio do Padre é quem fornece água para a população. Conforme o portal Água e Saneamento (2020), realiza-se o abastecimento de água para 100% da população urbana e para 13,41% da população rural, atingindo no total o abastecimento hídrico de 821 pessoas.

De acordo com Favretto *et al.* (2016), a distribuição de água, quando está em pleno funcionamento, tem como características a qualidade, quantidade e pressão adequada atreladas com o menor custo para os beneficiários. A distribuição de água de Arroio do Padre é feita através de uma rede de 14,2 km com tubulação PVC (PMSB, 2015). Segundo o plano, em comparação com outras atividades do sistema de abastecimento, essa ainda não é uma grande preocupação por conta da baixa população beneficiada.

Em relação à qualidade da água, Bittencourt e Paula (2014) abordam que, dependendo da finalidade de uso do recurso hídrico, existem diferentes exigências de padrões de qualidade de água. O monitoramento da água, no que se refere à qualidade, não é realizado periodicamente pelo município, o que caracteriza um grave problema de gerenciamento do sistema (PMSB, 2015). Há parâmetros que indicam como está a qualidade da água, que foram realizados a partir de análises em locais pontuais dos 4 reservatórios da comunidade urbana (PMSB, 2015).

Parâmetros	Padrão Qualidade	de Exigência	Reservatório Centro (sede)	Reservatório Centro (Benjamin)	Reservatório Benjamin	Reservatório Brasil para Cristo
Turbidez	0,00 a 5,0 UT	*VMP 2914/2011	6,04	6,08	3,08	3,21
pH	6,00 a 9,5	Recomendação da portaria 2914/2011	6,67	7,04	7,08	7,53
Cloro livre residual	0,20 a 5,00 mg/l	*VMP 2914/2011	**ND	**ND	**ND	**ND
Dureza	0,00 a 500,00 mg/l	*VMP 2914/2011	39,55	45,65	43,06	50,45
Coliformes totais	Ausente em 100 ml	*VMP 2914/2011	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

Coliformes termotolerantes (Escherichia coli)	Ausente em 100 ml	*VMP 2914/2011	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
-----------------------------------------------	-------------------	----------------	---------	---------	---------	---------

Tabela 2 - Resultados das análises obtidas nos reservatórios do PMSB (2015)

Fonte: PSMS de Arroio do Padre (2015).

No que se refere às condições de qualidade de água para consumo humano de sistemas de abastecimento alternativos, a Portaria nº 2.914 de 2011, capítulo V, sobre padrões de potabilidade, recomenda um pH entre 6,0 a 9,5 quando se tratar de águas doces de classe 1 (BRASIL, 2005). Percebe-se, ainda, que não houve diferença significativa nos valores encontrados. Nos parâmetros de coliformes totais e termotolerantes (Escherichia coli), para cada 100 mL, verificou-se ausência desses patógenos, visto que a utilização de solução de hipoclorito de sódio direto na rede que transporta água até os seus reservatórios é realizada de maneira eficiente (PMSB, 2015). Em análise à tabela, contudo, nota-se ausência de cloro livre residual nos reservatórios. Quanto à dureza, todos os pontos observados estão de acordo com a legislação vigente. No que tange aos parâmetros de turbidez, finalmente, constataram-se dois reservatórios em desconformidade com o padrão de qualidade exigido, demonstrando a necessidade de investigação por parte dos responsáveis pelo assunto no município.

A Portaria nº 518, de 2004, oriunda do Ministério da Saúde, dispõe sobre as exigências aplicáveis aos sistemas e soluções alternativas de abastecimento de água, estabelecendo, em seu artigo 21, que o sistema deverá contar com responsável técnico profissionalmente habilitado (BRASIL, 2004). Consoante o Sistema de Informações de Saneamento (SNIS), a cidade Arroio do Padre tem em seu quadro dois colaboradores em exercício, responsáveis pelo sistema de abastecimento de água (SNIS, 2020).

Deve-se ter cautela em relação aos poços de captação, pois se observa, analisando-se as informações a respeito do tratamento de água, que a secretaria detentora do serviço não obtém tratamentos modernos para contaminantes mais complexos. E se, porventura, tem-se potenciais contaminantes complexos, devemos disponibilizar um mínimo de recomendação para a prefeitura, comunidade local e defesa civil, visto que esse livro parte de pressupostos de instruir e alertar.

Os municípios do Brasil, como é o caso de Arroio do Padre, com foco econômico principal na agricultura, têm como suas premissas o uso de agrotóxicos como justificativa para o alto desempenho. Entretanto, o uso de forma errada e desorientada pode contaminar de forma direta e indireta a população, e com consequências danosas para os recursos ambientais (ARIAS *et al.*, 2007). Os defensivos agrícolas estão impactando negativamente os recursos hídricos e atmosféricos, poluindo águas subterrâneas e pluviométricas e estruturando vias de contaminação para outros ecossistemas e sociedade (BESERRA *et*

al., 2019).

Recomenda-se que esses poços de captação para o sistema de abastecimento tenham uma distância mínima 15 m para as lavouras de agricultura por conta da utilização de defensivos agrícolas, tóxicas ao homem em concentrações acima das determinadas críticas, que poderiam contaminar o lençol freático com influência hídrica nesses pontos de abastecimento de água (BRAGA, 2005).

Nas propriedades rurais da cidade de Arroio do Padre são predominantes os sistemas de abastecimento individuais, nos quais cada cidadão procura meios de abastecer sua residência, podendo ser por meio de poços artesianos ou tubulares. Existe apenas uma comunidade que obtém abastecimento de água potável oriundo da cidade, que é o de Santa Coleta (PMSB, 2015). De acordo com a Funasa (2007), os sistemas individuais são soluções indicadas para propriedades rurais nas quais a população é mais distribuída. Assim, o município precisa melhorar muito para atender o objetivo 6 das ODS (Objetivo de Desenvolvimento Sustentável), água potável e saneamento, para garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água potável e do saneamento para todos.

PLANO DE CONTINGÊNCIA

Em âmbito mundial, existem instrumentos desenvolvidos para nortear a redução de riscos de desastres, como o Marco de Ação de Hyogo (2005), um documento promovido pelas Nações Unidas. Posteriormente, as Nações Unidas promoveram o Marco de Sendai (2015), que apresenta diretrizes para o desenvolvimento da resiliência. No Brasil, a Lei nº 12608 do ano de 2012 estabelece diretrizes, através da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDC), para ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação voltadas à proteção e defesa civil e atribui responsabilidades nas esferas federal, estadual e municipal. O plano de contingência é um documento que possui por função ser um instrumento orientador para ações em momentos nos quais desastres ocorrem. Conforme Leandro *et al.* (2021), a necessidade de criar o Plano de Contingência surge por decorrência da vulnerabilidade presente em determinadas populações diante do risco da ocorrência de desastres.

O Marco de Hyogo (2005) trata-se de um documento que apresenta diretrizes para promover o aumento da resiliência frente a desastres naturais. Para atingir tal objetivo, cinco áreas são abordadas como prioritárias para a tomada de decisão para a gestão de risco, sendo elas: 1) priorizar a redução dos riscos de desastres; 2) mapear os riscos; 3) promover a informação sobre desastres e riscos; 4) reduzir o risco e a vulnerabilidade; 5) fortalecer a resposta ao risco. O Marco de Sendai promove que a implementação de medidas integradas e inclusivas nas esferas social, econômica, da saúde pública, cultural, tecnológica, política, ambiental e institucional deve ser utilizada na redução do risco de desastres ocorridos e na prevenção de riscos de desastres que irão ocorrer.

A Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, contida na Lei nº 12.608 (2012), estabelece as competências municipais, podendo ser entendidas da seguinte maneira: 1) para que as ações contidas no Plano de Contingência sejam eficientes é necessário que: os riscos da localidade sejam mapeados; sejam efetuados regularmente exercícios simulados; exista uma rede de comunicação entre as comunidades locais; ações de proteção e defesa civil sejam incorporadas no Plano Municipal; promova-se a fiscalização nas áreas de risco; vedem-se novas instalações, destinadas à moradia, em áreas de risco; mantenha-se a população informada sobre as áreas de risco. 2) Em situações nas quais o desastre ocorre, para uma maior eficiência da ação é necessário que: a coleta e a distribuição de suprimentos sejam promovidas; as áreas atingidas e os danos ocorridos sejam avaliados; o Estado e a União sejam regularmente informados sobre a situação; moradias provisórias para famílias atingidas sejam providenciadas.

Evidente, portanto, que a vulnerabilidade por decorrência de desastres pode ser prevenida, mitigada, controlada e, em muitos casos, minimizada. Os desastres naturais ocasionam situações de vulnerabilidade social, logo, para o amortecimento desse impacto é essencial, no âmbito municipal, que o município possua um Plano de Contingência,

facilite o acesso a esse e tome as ações contidas no Art. 8 da Lei 12.608/2012.

No ano de 2017, o Ministério da Integração Nacional (BRASIL M. I. N., 2017) publicou o Livro *Base para a Elaboração de Plano de Contingência*, o qual ressalta que a elaboração e a publicação do Plano de Contingência, por parte dos municípios, é uma ação que respeita as diretrizes legais presentes na Lei nº 12.608/12, Artigo 8º.

No livro *Base para a Elaboração de Plano de Contingência* são apresentadas diretrizes como: identificar os principais riscos para a região abordada, como também identificar as responsabilidades de quem desenvolve ações específicas, tanto em relação a indivíduos quanto a organizações. O livro apresenta operações que devem integrar as ações contidas em um Plano de Contingência, tais como: alerta e alarme, socorro às pessoas, redução dos danos, prejuízos e reabilitação do cenário. O Plano de Contingência deve ser organizado, de maneira que a sua compreensão seja imediata, e os elementos contidos nele devem seguir uma sequência lógica de exposição. Outro ponto bastante importante na elaboração deste é que suas ações devem ser compatíveis com os desastres já mapeados para a localidade ao qual ele está direcionado, mas também devem ser adaptáveis para situações inesperadas.

Em 4 de novembro de 2019, Arroio do Padre apresentou seu plano de contingência à defesa civil. Esse plano torna o município apto a solicitar verbas para prevenção de desastres naturais e amparo das esferas estaduais e federais da administração pública em caso de sinistros ambientais.

Neste contexto, o presente capítulo propõe uma comparação entre o Plano de Contingência Municipal e as diretrizes para a construção de um plano de contingência presentes no livro *Base para Elaboração de Plano de Contingência*, produzido pelo Ministério da Integração Nacional (BRASIL M. I. N., 2017). Segundo a obra, existem três questões a serem levadas em consideração na elaboração de um plano. São elas: Quais as hipóteses de desastres? Como serão as respostas aos desastres? Quais são as ações de prevenção ao desastre?

O livro *Base para Elaboração de Planos de Contingência* aborda os seguintes passos para elaboração do Plano de contingência: identificação dos riscos; formação de um grupo de trabalho; análise do cenário de risco; definição de ações e procedimentos; aprovação do plano elaborado; divulgação do plano de contingência; operacionalização; revisão.

A identificação dos riscos existentes no Plano de Contingência de Arroio do Padre traz os seguintes eventos: estiagem, ventos e granizo. Realizando-se uma breve pesquisa por decretos de declaração de calamidade pública relacionados ao município, foi possível apurar a ocorrência de enxurradas, estiagens, os ventos fortes e chuvas de granizo.

Conforme descrito no livro *Base para a Elaboração de Plano de Contingência* (BRASIL M. I. N., 2017), recomenda-se que o grupo de trabalho para elaboração do plano seja formado antes do início do processo de construção do plano. Esse grupo possui, por finalidade, trabalhar em todas as etapas da elaboração do plano de contingência.

O grupo de trabalho deve ser de caráter multidisciplinar e multifacetado, composto por representantes do poder público, da iniciativa privada e da sociedade civil.

Arroio do Padre é um município de pequeno porte, portanto possui limitações de recursos humanos e econômicos em diversas áreas do setor público e privado. No plano de contingência do município traz, entre as ações que devem ser tomadas, a mobilização da defesa civil, local e regional, do corpo de bombeiros e da brigada militar. O município não possui Corpo de Bombeiros, logo, é necessário fazer uma parceria com o município de Pelotas, sendo este o município mais próximo. Assim, a colaboração do Corpo de Bombeiros de Pelotas com o município de Arroio do Padre é essencial, por exemplo, apresentando sua visão na elaboração dos planos para contenção de risco. Essa situação traz um questionamento: tal situação está institucionalizada?

Entre as possibilidades de enfrentamento à falta de recursos inerentes ao município estão: a formação de um grupo de bombeiros civis, que tenha equipamento e treino para atender algumas ocorrências, precedendo a chegada do Corpo de Bombeiros da cidade vizinha e a formação de um grupo que atue na defesa civil do município. Outro importante apoio é o das Instituições Federais de Educação, que podem auxiliar na formação do grupo de trabalho, trazendo caráter técnico para a sua integração.

Com relação a análise de riscos, esta se inicia pelo levantamento dos eventos já ocorridos na localidade. Os eventos que causaram maior dano, na sua grande maioria, estão registrados em decretos emitidos pela própria prefeitura ou pela Defesa Civil do Estado do Rio Grande do Sul. Por exemplo:

- A Defesa Civil do estado do Rio Grande do Sul relata que no dia 31 de julho de 2012 houve uma chuva de granizo que causou danos às residências e à agricultura, danificando grande parte da plantação de fumo.
- No dia 15 de novembro do ano de 2010, houve a ocorrência de uma forte chuva que desencadeou uma enxurrada. Houve danos significativos às lavouras de fumo, causando um grande prejuízo, com famílias desabrigadas e danos à estrutura viária do município.
- No dia 16 de fevereiro de 2022, o prefeito de Arroio do Padre decretou estado de emergência por conta da estiagem que atingiu o município, por meio do Decreto nº 3.431/2022. Por meio do Decreto 1.715 de 2012, o prefeito declarou estado de emergência por conta da estiagem em Arroio do Padre. O Governo do estado do Rio Grande do Sul homologou a situação de estado de emergência no município de Arroio do Padre por decorrência de enxurrada e/ou inundações súbitas, através do Decreto nº 46.503, de 21 de julho do ano de 2009.
- Em 21 de março de 2013, o Governo do Estado do Rio Grande do Sul, através do Decreto nº 50.178, homologou a situação de estado de emergência no município de Arroio do Padre por decorrência de danos causados por granizo, decretada através do Decreto Municipal de número 1.815, de 7 de fevereiro do ano de 2013.

Esses eventos foram detalhados no Capítulo 4, intitulado de “Eventos adversos no município com decretos de emergência” e no Capítulo 5, sobre “Eventos adversos no município sem decretos de emergência”. Orienta-se a defesa civil municipal a manter um histórico de todos os eventos extremos no município com ou sem instituição de Decretos de Emergência, e de forma a ficarem publicizados a toda a população.

O Plano de Contingência do Município de Arroio do Padre salienta pontos importantes em relação ao tipo de risco e à localidade. No bairro Progresso, o Plano aponta que existe o risco de deslizamento de solo, assim como relata que no município, de forma geral, existem os seguintes riscos: granizo (ocorrência anual), ventos fortes e quedas de pontes (por consequência de inundações). Ao compararmos os eventos listados no capítulo 4 e 5, é possível verificar que os eventos e danos recorrentes são mais extensos que os listados no Plano de contingência. Tem-se:

- Danos à agricultura – a agricultura é a atividade econômica mais importante do município e sofre danos com a estiagem, as chuvas fortes e as chuvas de granizo.
- Danos sociais – em diversas situações houve a ocorrência de moradias danificadas, tanto por conta da enxurrada quanto por conta do granizo.
- Danos estruturais – na ocorrência das enxurradas foram registrados danos à estrutura viária do município, incluindo pontes e estradas.

Através de uma análise a eventos ocorridos e ao mapeamento de risco (Capítulo 8 – “Mapeamento de áreas suscetíveis a eventos adversos”), é possível afirmar que o bairro Progresso é um local onde a vulnerabilidade é evidente e essa foi listada no Plano de Contingência, o que é um ponto positivo da Defesa Civil Municipal.

Com relação à resposta a desastres apresentada no Plano de Contingência do município, sendo um ponto importante da gestão de risco, têm-se discriminados os contatos da coordenação municipal de defesa civil, o contato de gabinetes ligados à coordenação municipal de defesa civil. Entre os pontos importantes em relação a respostas aos desastres está providenciar abrigo para possíveis desabrigados. O plano municipal traz a identificação de dois abrigos diferentes que, na soma, podem abrigar 410 pessoas. São apresentados, também, os recursos e o contato de acesso a eles. Entre os recursos listados estão: 7 creches, 1 posto de saúde, 1 posto da brigada militar, 10 veículos de transporte de pessoas, 4 veículos de carga, 10 máquinas. Ainda, são indicados recursos que o município não possui, sendo eles: corpo de bombeiro, hospital, guarda municipal, voluntários da defesa civil e embarcações.

Alguns pontos devem ser ressaltados em relação aos abrigos:

1. É essencial que os responsáveis pela gestão desses espaços estejam cientes de que eles serão utilizados em qualquer momento adverso, sem a prévia comunicação.

2. É importante que esses espalhos sejam amplamente divulgados, para que, no surgimento da necessidade, eles sejam de conhecimento comum da população.
3. Outra providência que somaria para a resistência frente à sustentabilidade seria providenciar fontes de energia alternativas para os abrigos, como a fotovoltaica. Assim, em momentos de queda de energia, existiria outra possibilidade de fonte.
4. Deve existir um planejamento do uso interno desses abrigos definido, para ser colocado em prática nas adversidades.
5. No plano de contingência, expõe-se que o município não possui um estoque de mantimentos básicos, e esse é outro ponto no qual se deve trabalhar.

É importante ressaltar que o município possui, entre as suas fragilidades, o abastecimento de água, em função das fontes hídricas utilizadas. No documento do SEBRAE Perfil das Cidades Gaúchas (2020) sobre os municípios do Rio Grande do Sul, são relatadas as principais fontes hídricas utilizadas no município de Arroio do Padre: 90% da população possui como fonte hídrica poço ou nascente; 9,2% da população possui como fonte hídrica a rede geral de abastecimento; 0,8% da população possui outras fontes de abastecimento. As nascentes são fontes hídricas bastante recorrentes na região e fornecem um recurso hídrico de grande qualidade, na maioria das vezes. Porém, por vezes as nascentes podem estar expostas a contaminantes grosseiros, pela forma como a água é captada, transportada e armazenada. Ações de educação ambiental junto à população, em especial a rural, para minimizar as chances de contaminação são de extrema importância em Arroio do Padre.

Uma medida plausível para o aumento da segurança hídrica é a construção de Sistema de Proteção de Nascente Caxambu nas nascentes utilizadas para o abastecimento destinado ao consumo humano direto nas zonas rurais. O sistema de Proteção de Nascente Caxambu pode aumentar a proteção do recurso hídrico frente a contaminantes, conservar o recurso em período de estiagem, por proteger o recurso em relação às intempéries do tempo, fornecer uma maneira segura de captar o recurso na fonte e necessita de pouco investimento. O equipamento necessário para a montagem possui um custo de cerca de R\$ 250,00 por sistema.

É importante, também, levantar a possibilidade de aumentar a capacidade de armazenamento de água da rede municipal. É um município que possui a estiagem como evento extremo de maior frequência, logo, os enfrentamentos devem ser mais eficientes. Entre as possibilidades está, também, a presença de caminhões pipa para fazer a distribuição de água quando necessário. Na área rural deve-se fomentar a implantação de microaçudes que permitam existir fontes alternativas para sedentação humana e animal durante eventos de estiagens, buscando parcerias junto ao Governo Estadual e EMATER, a fim de se obter apoio para mais editais, como o Programa Irriga + RS.

Como relatado anteriormente, no capítulo “Fragilidade natural à contaminação das águas subterrâneas do município de Arroio do Padre/RS”, uma importante fonte hídrica

são as águas subterrâneas, e o município possui o seu cemitério principal numa localidade central (Figura 53). Faz-se importante levantar a questão de que a localização do cemitério pode representar um risco de contaminação para as águas subterrâneas que o circundam. Logo, o ideal seria considerar o levantamento da fragilidade das águas subterrâneas para planejar possíveis futuros empreendimentos e realizar análises periódicas de qualidade da água subterrânea no seu entorno.

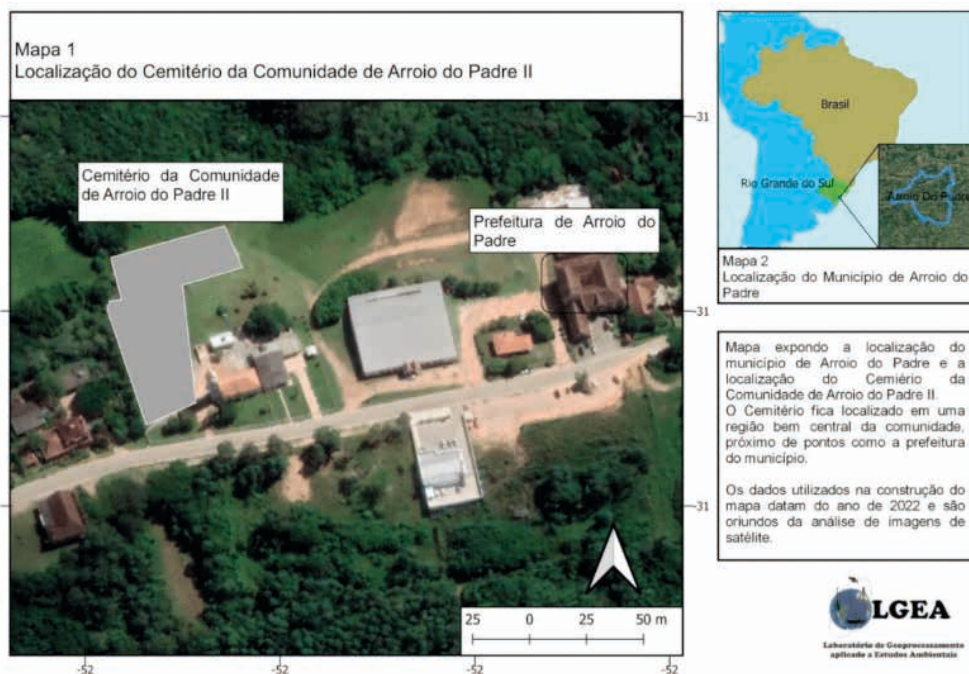


Figura 53: Mapa de localização do Cemitério da Comunidade de Arroio do Padre II.

Fonte: os autores.

Outro ponto que deve ser levantado é o saneamento básico do município de Arroio do Padre. Conforme relatado no documento do SABRAE Perfil das Cidades Gaúchas (2020), o município possui a seguinte distribuição de esgotamento sanitário: 58,2% fossa séptica; 28% fossa rudimentar; 7,2% vala; 6,2% sem banheiro ou sanitário; 0,3% outro escoadouro; 0,1% rede geral de esgoto ou pluvial. É notável que o esgotamento sanitário é um ponto sensível do município, podendo ser um potencializador de vulnerabilidade, principalmente para a parcela da população que convive com eventos de inundação, a qual será afetada salutarmente pela concomitância de esgotamento misto e inundação.

Outro ponto relevante que deve ser abordado é a formação de um corpo de defesa civil, no qual voluntários seriam treinados para agir em momentos de ocorrência de desastres naturais. Tal fato aumentaria a agilidade dos atendimentos no município -

visto que, em momentos de desastres, a agilidade e a assertividade da ação podem ser a diferença na contenção dos danos - além de fomentar o processo de conscientização dos diversos atores sociais e as suas incumbências na busca de um município resiliente a esses eventos. Ainda dentro desse contexto, a educação voltada para resiliência é uma temática a ser considerada na educação básica municipal, com incentivo à implantação de uma defesa civil-mirim, como agentes disseminadores da problemática.

Outra fragilidade que deve ser ressaltada são as vias de acesso a todos os bairros. É importante também divulgar as rotas da cidade, de entrada e as internas, que ligam os bairros. Na ocorrência de um desastre elas devem ser amplamente divulgadas para que os auxílios externos cheguem aos locais com eficiência. Principalmente em relação aos bairros afastados do centro, que possuem nas suas vias pontilhões de madeira, que com frequência são danificados nas enxurradas. A função dos pontilhões de madeiras também deve ser posta nas rotas.

Na Figura 53, estão expostas as duas principais rotas que levam ao centro do município de Arroio do Padre. A via de título, no mapa, Caminho 1, liga a BR 116 ao centro de Arroio do Padre. A via de título Caminho 2, no mapa, leva da BR 471 ao centro do município de Arroio do Padre. Essas são as duas principais vias de acesso ao município. Em caso de danos a esses acessos, quais as rotas mais seguras para deslocamento da população para fora do município?

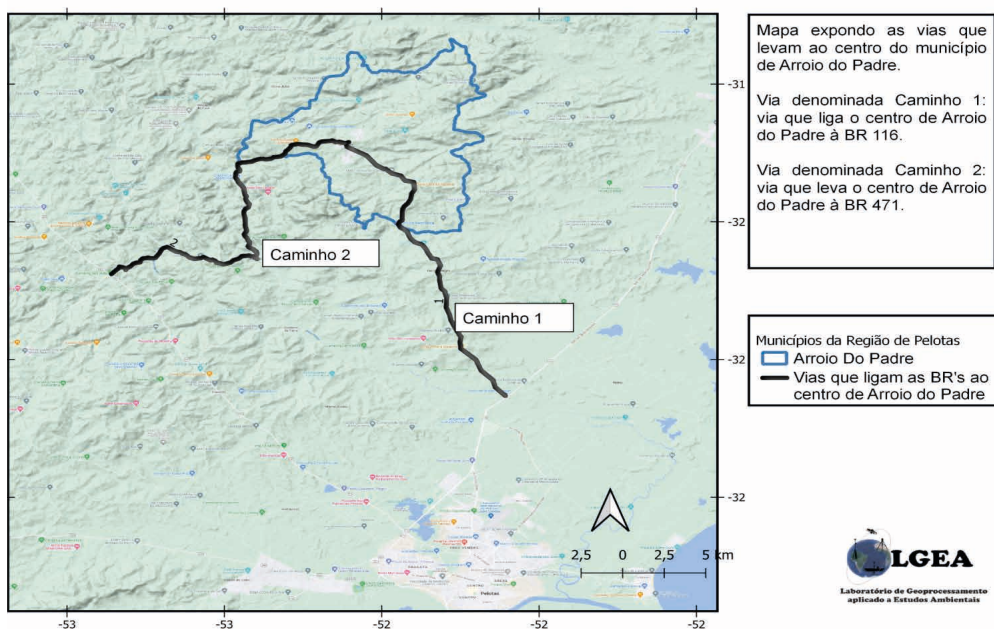


Figura 54: Mapa das rotas ao centro do município de Arroio do Padre.

Fonte: os autores.

Outro ponto ressaltado no livro *Base para Elaboração de Plano de Contingência* é a realização de simulações com a população. Não foi encontrado registro de que no município de Arroio do Padre tenha sido executada alguma simulação. A simulação faz com que os moradores, principalmente das regiões de maior vulnerabilidade, saibam como agir nos momentos em que houver necessidade de reação ao evento. Planejar atividades que envolvam os populares é importante para minimizar perdas humanas e materiais.

Um problema observável é a divulgação do Plano de contingência do município de Arroio do Padre. Foi possível encontrar, através de busca nas plataformas digitais, um Plano de Ação do Município de Arroio do Padre referente à pandemia de COVID-19, porém os planos referentes a desastres e eventos extremos não foram encontrados. O acesso ao Plano, o qual foi utilizado para a realização do presente estudo, deu-se por meio de disponibilização da CREPDEC 4. Logo, fica claro que a questão da divulgação das informações contidas no plano, fato que potencializa a sua eficiência, não foi realizada de maneira ampla. Outra necessidade é listar, de forma acessível, o contato dos principais serviços em momentos de ocorrência de desastres. Sugere-se uma aba no portal da prefeitura e divulgação em redes sociais.

Essas informações, assim como diversas outras, deveriam concordar com a Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011, que no capítulo II, art. 6º, apresenta que cabe aos órgãos e entidades do poder público, observadas as normas e procedimentos específicos aplicáveis, assegurar a gestão transparente da informação, propiciando amplo acesso a ela e sua divulgação.

Ainda na mesma legislação, o texto disposto no art. 7º aborda o acesso a informações e sua divulgação, afirmando que o acesso à informação de que trata esta Lei compreende, entre outros, os direitos de obter:

I - Orientação sobre os procedimentos para a consecução de acesso, bem como sobre o local onde poderá ser encontrada ou obtida a informação almejada;

II - Informação contida em registros ou documentos, produzidos ou acumulados por seus órgãos ou entidades, recolhidos ou não a arquivos públicos;

III - Informação produzida ou custodiada por pessoa física ou entidade privada decorrente de qualquer vínculo com seus órgãos ou entidades, mesmo que esse vínculo já tenha cessado;

IV - Informação primária, íntegra, autêntica e atualizada;

V - Informação sobre atividades exercidas pelos órgãos e entidades, inclusive as relativas à sua política, organização e serviços;

VI - Informação pertinente à administração do patrimônio público, utilização de recursos públicos, licitação, contratos administrativos; e

VII - Informação relativa:

a) à implementação, acompanhamento e resultados dos programas, projetos

e ações dos órgãos e entidades públicas, bem como metas e indicadores propostos;

b) ao resultado de inspeções, auditorias, prestações e tomadas de contas realizadas pelos órgãos de controle interno e externo, incluindo prestações de contas relativas a exercícios anteriores.

Desse modo, informações básicas sobre os municípios, como legislações, ferramentas de apoio e demais ações realizadas devem estar expostas de fácil acesso e de fácil entendimento para o acesso a esses dados pela população no geral, o que, infelizmente, não ocorre com frequência. Um exemplo disso é a situação do sistema S2iD (Sistema de informação ao desastre). Essa base de dados e informação referente aos desastres naturais de origem da defesa civil surgiu após a emissão da PNPDEC política nacional de proteção e defesa civil, com a finalidade de auxiliar a gestão dos riscos voltados ao desastre. Atualmente, porém, o sistema não disponibiliza ao público dados de séries históricas de forma contínua e aberta, mas esses dados estão disponíveis para gestão institucional interna. Esse recurso significa diretamente o acesso das pessoas às informações. Para Guterres *et al.* (2022), no estado do Rio Grande do Sul existem programas direcionados para melhorias estruturais - voltados às áreas urbanas e rurais -, que auxiliam na potencialização da resiliência, todavia estes não operam de maneira sistemática e integrada acerca da gestão de risco.

REFERÊNCIAS

ABAS. **Águas subterrâneas**. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. 2022. Disponível em: <https://www.abas.org/aguas-subterraneas-o-que-sao/>. Acesso em: 25 out. 2022.

ABAS. **Águas subterrâneas: o que são?** 2022. Disponível em: <https://www.abas.org/aguas-subterraneas-o-que-sao/>. Acesso em: 1 nov. 2022.

ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2021**. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama-2021/>. Acesso em 20 de abril de 2022.

ACSELRAD, H. (ORG). **A duração das cidades: sustentabilidade e risco nas políticas urbanas** (2. ed.). Rio de Janeiro: Lamparina, 2009.

AGÊNCIA BRASIL. **Vendaval deixa mais de 9 mil gaúchos sem luz**. Disponível em: <<http://memoria.ebc.com.br/agenciabrasil/noticia/2009-12-13/vendaval-deixa-mais-de-9-mil-gauchos-sem-luz>>. Acesso em: 10 de agosto de 2022.

ALHEIROS, M. M. (2006). Plano municipal de redução de risco. *In*: CARVALHO, C. S.; GALVÃO, T. (Orgs.). **Prevenção de riscos de deslizamentos em encostas: guia para elaboração de políticas municipais** (p. 58-75). Brasília: Ministério das Cidades, Cities Alliance. Recuperado em 11 de agosto de 2014, de http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/PrevencaoErradicacao/Livro_Curso_Capacitacao_Tecnicos_Municipais.pdf

ALMEIDA, L. Q. de; PASCOALINO, A. Gestão de risco, desenvolvimento e (meio) ambiente no Brasil— Um estudo de caso sobre os desastres naturais de Santa Catarina. **Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, v. 13, p. 2009, 2009.

ALVALÁ, R. C. S.; BARBIERI, A. F. **Desastres naturais**. Mudanças climáticas em rede: um olhar interdisciplinar. São José dos Campos, SP: INPE, v. 1, p. 203-230, 2017.

ALVINO-BORBA *et al.* Desastres naturais no Brasil e no mundo: uma análise holística com ênfase nos impactos dos eventos hidrológicos e meteorológicos. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 9, p.73718-73740, sep. 2020.

ANA. **Agência Nacional de Águas**. Dados de precipitação da zona sul do RS. Agência Nacional de Águas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 10 de agosto de 2022.

ANA. **Atlas abastecimento urbano de águas**. Agência Nacional de Águas: 2022. Disponível em: <http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/analise/Geral.aspx?est=3>. Acesso em: 10 out. 2022.

ANDRADE, N. A. *et al.* **Planejamento governamental para municípios: plano plurianual, lei de diretrizes orçamentárias e lei orçamentária anual**. São Paulo: Atlas, 2005.

ARAUJO, M. M. F.; DALL'AGNOL, A. L. B.; LEANDRO, D.; CASTRO, A. S.; QUADRO, M. S.; LIMA, G. F. Caracterização hidrológica e suscetibilidade de risco à inundação nas bacias do município de Arroio do Padre/RS. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.10, n.1, p.283-296, 2019. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.001.0024>

ARAUJO, M. M. F.; LIMA, G. F.; NADALETI, W. C.; QUADRO, M. S.; CASTRO, A. S.; LEANDRO, D. Características morfométricas da bacia de drenagem e mapa de risco a inundação do município de arroio do Padre/RS. *In: III SIEPE – XXVI Congresso de Iniciação Científica* – Universidade Federal de Pelotas, 2017, Pelotas.

ARIAS, A. R. L.; BUSS, D. F.; ALBURQUERQUE, C. de; INÁCIO, A. F.; FREIRE, M. M.; EGLER, M.; MUGNAI, R.; BAPTISTA, D. F. (2007). Utilização de bioindicadores na avaliação de impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos. *Ciência & Saúde Coletiva*, 12(1), 61–72. 10.1590/s1413- 81232007000100011

ARROIO DO PADRE [RIO GRANDE DO SUL]. **Decreto nº 1715, de 11 de Junho de 2012**. Situação Anormal Caracterizada como “Situação de Emergência”, na área do Município de Arroio do Padre afetada por estiagem e dá outras providências. Prefeitura de Arroio do Padre. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a1/rs/a/arroiodopadre/decreto/2012/172/1715/decreto-n-1715-2012-declara-em-situacaoanormalcaracterizada-como-situacao-de-emergencia-na-area-do-municipio-dearroio-dopadre-afetada-por-estiagem-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 15 de março de 2022.

ARROIO DO PADRE [RIO GRANDE DO SUL]. **Decreto nº 2.710, de 2 de fevereiro de 2018**. Declara situação de emergência nas áreas do município afetadas por ESTIAGEM (COBRADE - 14.110) conforme IN/MI 02/2016. Porto Alegre, 2018. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a1/rs/a/arroio-do-padre/decreto/2018/271/2710/decreto-n-2710-2018-declara-situacao-de-emergencia-nas-areas-do-municipio-afetadas-por-estiagem-cobra-de-14110-conforme-in-mi-02-2016>. Acesso em: 02 de junho de 2022.

ARROIO DO PADRE [RIO GRANDE DO SUL]. Lei 1680 - **Anexo I** - Plano Municipal de Saneamento. Disponível em: <https://www.arroiodopadre.rs.leg.br/leis/legislacao-municipal/leis/2015/lei-1680-anexo-i-plano-municipal-de-saneamento.pdf>. Acesso em: 10 de março de 2022.

ARROIO DO PADRE [RIO GRANDE DO SUL]. **Lei Complementar nº 006/2006** - Plano Diretor do município de Arroio do Padre. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/plano-diretor-arroio-do-padre-rs>. Acesso em: 07 de maio de 2022.

ARROIO DO PADRE [RIO GRANDE DO SUL]. **Lei Municipal nº 1680** - Plano de saneamento do Arroio do Padre - PMSB (2015).

ARROIO DO PADRE [RIO GRANDE DO SUL]. **Plano Ambiental Municipal de Arroio do Padre**. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 12217: projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ATLAS BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS 1991 A 2012 – 2ª edição revisada e ampliada. Daniel Galvão Veronez Parizoto; Gerly Mattos Sanchez; Mari Angela Machado; Michely Marcia Martins; Professor Orlando Martini de Oliveira; Dr. Professor Rafael Augusto dos Reis Higashi; Dr. Regiane Mara Sbroglia; Rita de Cássia Dutra Roberto Fabris Goert; Rodrigo Bim. Disponível em: https://www.cangucu.rs.gov.br/arquivos/atlas_do_rio_grande_do_sul_20014103.pdf. Acessado em: 08 de maio 2021.

AZEVEDO NETTO, J. M. de; FERNÁNDEZ, M. F. y. **Manual de hidráulica**. 9. ed. São Paulo: Blucher, 2017.

BARROS, E. A. de; CAVALCANTI, E. R. (2013). Resiliência e capacidade adaptativa: recursos para a sustentabilidade de cidades e comunidades. **Anais: Encontros Nacionais da Anpur**, 15.

BECK, Ulrich; LASH, Scott; WYNE, Brian. **Sociedade de risco: rumo a uma nova modernidade**. São Paulo: Sábio, 1992.

BERTONE, P.; MARINHO, C. Gestão de riscos e resposta a desastres naturais: a visão do planejamento. **VI Congresso CONSAD de Gestão Pública**. Brasília/DF, Abril/2013.

BESERRA, Lucimara *et al.* Poluição da água de poços artesianos e da chuva por agrotóxicos em municípios da bacia do rio Juruena, Mato Grosso, Brasil. *In: Congresso Brasileiro de Ciências Sociais e Humanas em Saúde*, 8., 2019, João Pessoa. **Anais**. João Pessoa: ABRASCO, 2019. 2 p.

BIANCHI, Ricardo Cavaler; ZACARIAS, MatiuZZi Zacarias. Cidades resilientes: A importância do fortalecimento das comunidades. **Revista Ordem Pública**, v. 9, n. 1, jan./jun., 2016.

BIERKENS, Marc F. P.; WADA, Yoshihide. Non-renewable groundwater use and groundwater depletion: a review. **Environmental Research Letter**, [s. l.], n. 14, p. 1-44, maio, 2019.

BIRKMANN, Jorn; PELLING, Mark. **Measuring vulnerability to natural hazards: towards disaster resilient societies**. United Nations University, 2006 b.p.9-56

BITTENCOURT, Cláudia; PAULA, Maria Aparecida Silva D. **Tratamento de Água e Efluentes - Fundamentos de Saneamento Ambiental e Gestão de Recursos Hídricos**. [Digite o Local da Editora]: Editora Saraiva, 2014. E-book. 9788536521770. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536521770/>. Acesso em: 11 de agosto de 2022.

BLAIKIE, Piers M. **Vulnerabilidad: el entorno social, político y económico de los desastres**. Soluciones Practicas, 1996.

BRAGA, Benedito *et al.* (org.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 4. ed. São Paulo: Escrituras, 2015. 730 p.

BRAGA, S. E. *et al.* Aplicação da Análise Hierárquica para mapeamento de risco de inundação: O caso no município de Limoeiro (Pernambuco-Brasil). **Meio Ambiente (Brasil)**, 2020, 2.1.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; LOTUFO CONEJO, J.G. *et al.* **Introdução à engenharia ambiental**. 2.ed. São Paulo: Pearson, 2005.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, [2016]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 20 de Janeiro de de 2022.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria n.º 2914, de 12 de dezembro de 2011. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade de água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Ministério da Saúde, 2011.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente Resolução CONAMA n.º. 357/2005, 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. 2005.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 36, de 4 de dezembro de 2020.** Estabelece procedimentos e critérios para o reconhecimento federal e para declaração de situação de emergência ou estado de calamidade pública pelos municípios, estados e pelo Distrito Federal. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-36-de-4-de-dezembro-de-2020-292423788>. Acesso em: junho de 2022.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007.** Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. Brasília, DF, jan de 2007.

BRASIL. **Lei Nº 12.527, de 18 de novembro de 2011.** Regula o acesso a informações previsto no inciso XXXIII do art. 5º, no inciso II do § 3º do art. 37 e no § 2º do art. 216 da Constituição Federal. Brasília, DF. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12527.htm>. Acesso em: 04 de outubro de 2022.

BRASIL. **Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011.** Regula o acesso a informações previsto no inciso XXXIII do art. 5º, no inciso II do § 3º do art. 37 e no § 2º do art. 216 da Constituição Federal. Brasília, DF. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12527.htm. Acesso em: 03 de outubro de 2022.

BRASIL. **Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012.** Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nºs 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. **Brasília: Diário Oficial da União**, seção 1, edição nº 70.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. **Banco de dados e registros de desastres:** sistema integrado de informações sobre desastres - S2ID. 2022. Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br>. Acesso em: 26 de agosto de 2022.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. **Anuário brasileiro de desastres naturais:** 2012/ Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. - Brasília: CENAD, 2013.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. **Banco de dados e registros de desastres:** sistema integrado de informações sobre desastres - S2ID. 2022. Disponível em: <<https://s2id.mi.gov.br>>. Acesso em: 22 de agosto de 2022.

BRASIL. Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios.** Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007. 176 p.

BRASIL. **Situação de emergência X Estado de calamidade. Decreto nº 7.257, de 4 de agosto de 2010.** Sistema Nacional de Defesa Civil – SINDEC. Tribunal de Justiça do Distrito Federal e dos Territórios. 2020. Disponível em: <https://www.tjdft.jus.br/institucional/imprensa/campanhas-e-produtos/direito-facil/edicao-semanal/situacao-de-emergencia-x-estado-de-calamidade>. Acesso em: 22 de agosto de 2022.

BRITO, Antonio Patrick Meneses de; SILVA, Raquel Moraes; SANTOS, Italo Magno de Melo. Utilização do método GOD para análise da vulnerabilidade natural de águas subterrâneas na comunidade de Xvier e seu entorno em Cmocim/CE. **Revista Homem, Espaço e Tempo**, [s. l.], v. 1, n. 14, p. 145-163, dez. 2020.

BROSE, M. **Mudanças climáticas no Rio Grande do Sul**: uma década de riscos e inovações. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2021.

CALDAS, A. M. **Diagnóstico geoambiental no município de Batatais-SP**. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. p.119. 2015.

CAMPOS, A. P. S. **Avaliação do potencial de poluição no solo e nas águas subterrâneas decorrente da atividade cemiterial**. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CARDONA, O. D. The need for rethinking the concepts of vulnerability and risk from a holistic perspective: a necessary review and criticism for effective risk management. *In*: BANKOFF, G.; FRERKS, G.; HILHORST, D. (eds): **Mapping Vulnerability: Disasters, Development and People**. Earthscan Publishers, London, 2003.

CARDOSO, Kauana Silveira. **A Escassez Hídrica em Arroio do Padre – RS**: Da compreensão da problemática às estratégias de enfrentamento. 2021. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2021.

CARMO, M. E. do; GUIZARDI, F. L. O conceito de vulnerabilidade e seus sentidos para as políticas públicas de saúde e assistência social. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 34, p. e00101417, 2018.

CARVALHO, Pompeu F. de; BRAGA, Roberto. Perspectivas de gestão ambiental em cidades médias. **Rio Claro: LPM-UNESP**, v. 96, 2001.

CASTRO, A. L. C. **Manual de desastres**. Volume in. Desastres naturais. Ministério da integração nacional, 2003.

CASTRO, M. N.; CASTRO, R. M.; SOUZA, C. de. A importância da mata ciliar no contexto da conservação do solo. **Revista Iunaraguaia**, v. 4, n. 4, p. 230-241, 2013.

CECCONELLO, S. T. **Análise e mapeamento da fragilidade ambiental do município de Pelotas/RS**. Dissertação Mestrado. Pelotas: UFPEL, 2019.

CEEE EQUATORIAL. **Sul do Estado sofre com mais um temporal**. Disponível em: <<https://ceee.equatorialenergia.com.br/noticias/sul-do-estado-sofre-com-mais-um-temporal>>. Acesso em: agosto de 2022.

CERÓN, Lina M. *et al.* Agua subterránea: tendencias y desarrollo científico. **Información Tecnológica**, [s. l], v. 32, n. 1, p. 47-56, fev. 2021.

CETESB. Águas subterrâneas: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2022. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/>. Acesso em: 18 out. 2022.

CHANGE, Climate. IPCC fourthassessment report. 2007.

CHRISPIM, Z. M. P. **Análise da vulnerabilidade e caracterização hidro geoquímica dos aquíferos livres rasos da parte emersa da bacia sedimentar de Campos**. 2016. Disponível em: <<http://uenf.br/posgraduacao/engenharia-civil/wp-content/uploads/sites/3/2016/12/Teses-de-Doutorado-2016-Z%C3%A9lia->

CNN. **Cerca de 8% da população brasileira mora em favelas, diz Instituto Locomotiva.** In: CNN. Cerca de 8% da população brasileira mora em favelas, diz Instituto Locomotiva. [S. l.], 4 nov. 2021. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/cerca-de-8-da-populacao-brasileira-mora-em-favelas-diz-instituto-locomotiva/>. Acesso em: abril de 2022.

CNN. **Crescimento de favelas no Brasil nos últimos 35 anos equivale a 11 Lisboas.** [S. l.], 4 nov. 2021. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/crescimento-de-favelas-no-brasil-nos-ultimos-35-anos-equivale-a-11-lisboas>. Acesso em: 05 de abril de 2022.

CORREIA, I. M. G. *et al.* Mata ciliar, conservação e sustentabilidade, fundamentos da importância para o semiárido paraibano: estudo de caso no alto curso do Rio Paraíba. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 5, n. 2, p. 41-60, 2019.

CORREIO DO POVO. **Estiagem leva Arroio do Padre e Canguçu a decretar situação de emergência:** Os baixos volumes de chuva também causam problemas em outros municípios da zona Sul. 2018. Disponível em: <https://www.correiodopovo.com.br/not%C3%ADcias/cidades/estiagem-leva-arroio-do-padre-e-cangu%C3%A7u-a-decretar-situa%C3%A7%C3%A3o-de-emerg%C3%AAncia-1.253764>>. Acesso em: 22 de agosto de 2022.

CORREIO DO POVO. **Estiagem leva Arroio do Padre e Canguçu a decretar situação de emergência:** Os baixos volumes de chuva também causam problemas em outros municípios da zona Sul. 2018. Disponível em: <https://www.correiodopovo.com.br/not%C3%ADcias/cidades/estiagem-leva-arroio-do-padre-e-cangu%C3%A7u-a-decretar-situa%C3%A7%C3%A3o-de-emerg%C3%AAncia-1.253764>>. Acesso em: 25 de agosto de 2022.

CORREIO DO POVO. **Temporal de granizo muda a paisagem do Arroio do Padre.** Disponível em: <https://www.correiodopovo.com.br/not%C3%ADcias/geral/temporal-de-granizo-muda-a-paisagem-de-arroio-do-padre-1.97718>>. Acesso em: 25 de agosto de 2022.

COUTINHO, Eliane de Castro *et al.* Riscos socioeconômicos e ambientais em municípios banhados pelos afluentes do Rio Amazonas. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, p. 814-828, 2017.

COUTINHO, G. C. B. **O Impacto Causado pelo Furacão Katrina na Atividade Turística do Bairro Francês**, Nova Orleans – EUA. 2007. Disponível: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/190/1/2007_GuilhermeCasteloBrancoCoutinho.pdf. Acesso em: 05 de maio de 2021.

COUTINHO, M. P. *et al.* Instrumentos de planejamento e preparo dos municípios brasileiros à Política de Proteção e Defesa Civil. **Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 7, p. 383-396, 2015.

COUTINHO, R. Q.; LUCENA, R.; HENRIQUE, H. M. Disaster risk governance: Institutional vulnerability assessment with emphasis on non-structural measures in the municipality of Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco (PE), Brazil. **Contributing Paper to Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction (GAR 2019)**. 2019, 33 p.

CPRM. **Serviço Geológico do Brasil:** Folha Pelotas. [S. l.: s. n.], 2017. Folha SH.22-Y-D-IV Pelotas. Escala 1:100.000. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/18631?show=full>. Acesso em: 16 maio 2022.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. D.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: Inpe, 2001.

CRICHTON, D. The Risk Triangle. In: INGLETON, J. (Editor) Natural Disaster Management. Leicester, Inglaterra: **Tudor House Holdings Ltd**, 1999, p. 102-103.

CUNHA, N. G. da; SILVEIRA, R. J. C. S.; SEVERO, C. R. S. **Solos e Terras do Planalto Sul-Rio-Grandense e Planícies Costeiras**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 44p. ISSN 1516-8832. 2006.

DANTAS, M. N. A.; MACHADO, J. da S. **Dimensionamento de rede de distribuição de água para a comunidade rural Chapada de São Miguel em Esperantina-PI**. Teresina: [s. n., 2019]. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_92.pdf. Acesso em: 06 de setembro de 2022.

DEFESA CIVIL RS. **Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade)**. Disponível em: <https://www.defesacivil.rs.gov.br/legislacao-geral-de-defesa-civil>. Acesso em: 05 de abril de 2021.

DEFESA CIVIL RS. **Diário Oficial do Estado publica homologação da Situação de Emergência de quatro municípios gaúchos**. Disponível em: <https://www.defesacivil.rs.gov.br/quatro-municipios-gauchos-recebem-homologacao-do-estado>. Acesso em: 25 de março de 2021.

DEFESA CIVIL RS. **Temporal de granizo muda a paisagem de Arroio do Padre**. Disponível em: <https://www.defesacivil.rs.gov.br/temporal-de-granizo-muda-a-paisagem-de-arroio-do-padre>. Acesso em: 25 de março de 2021.

DEFESA CIVIL SANTA CATARINA. **Gestão de Risco: o que é**. Disponível em: <https://www.defesacivil.sc.gov.br/municipios/gestao-de-risco-o-que-e/> Acesso em: abril de 2022.

DIÁRIO GAÚCHO. **Susto no Sul**. Granizo atinge Arroio do Padre e deixa cerca de 150 casas destelhadas. 2013. Disponível em: <http://diariogauchoclicrbs.com.br/rs/noticia/2013/02/granizo-atinge-arroio-do-padre-e-deixa-cerca-de-150-casas-destelhadas-4031511.html>. Acesso em: 22 de agosto de 2022.

DIÁRIO GAÚCHO. **Temporal Causa Estrago Também Em Arroio Do Padre**. Disponível em: <http://diariogauchoclicrbs.com.br/rs/noticia/2010/11/temporal-causa-estragos-tambem-em-arroio-do-padre-3110606.html>. Acesso em: 25 de março de 2021.

DIÁRIO POPULAR. **Defesa Civil de Rio Grande em prontidão após alerta de temporais**. Disponível em: <https://www.diariopopular.com.br/zona-sul/defesa-civil-de-rio-grande-em-prontidao-apos-alerta-de-temporais-171949/>. Acesso em: agosto de 2022.

DIÁRIO POPULAR. **Temporal causa estragos na região**. Disponível em: <https://www.diariopopular.com.br/geral/temporal-causa-estragos-na-regiao-171956/?route=temporal-causa-estragos-em-pelotas-171956&>. Acesso em: 24 de agosto 2022.

DIGITALWATER. Drenagem Urbana Sustentável. In: **Drenagem Urbana Sustentável**. [S. l.], 15 mar. 2021. Disponível em: <https://www.digitalwater.com.br/drenagem-urbana-sustentavel/#:~:text=Um%20dos%20desafios%20no%20contexto,dos%20riscos%20%C3%A0%20sa%C3%BAde%20p%C3%ABlica>. Acesso em: 15 jun. 2022.

DORS, Gisanara *et al.* Delimitação dos índices de fragilidade ambiental do município de São Lourenço do Sul/RS: subsídio para o planejamento e gestão ambiental. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 10, n. 4, p. 74-95, 2021.

DUBBELING, M.; HOEKSTRA, F.; VAM VEENHUIZEN, R. Construindo cidades resilientes. Construindo cidades resilientes, **Revista de Agricultura Urbana** no. 22 p. 3. – Julho de 2009. Disponível em: <https://www.agriculturaurbana.org.br/RAU/RAU_22/rau22_completo.pdf> Acesso em: abril de 2021.

EG-LEAL. **Temporal causa estragos no interior de Pelotas, Arroio do Padre e Turuçu**. Evaldo Gomes Notícias. Disponível em: <<https://eg-leal.blogspot.com/2019/01/temporal-causa-estragos-no-interior-de.html>>. Acesso em: agosto de 2022.

EIRD, ONU. Estratégia Internacional para a Redução de Desastres das Nações Unidas. **Marco de Ação de Hyogo 2005-2015**.

EMATER. Escritório Municipal de Arroio do Padre. **Lauda preliminar de prejuízos econômicos na atividade agropecuária do município em decorrência do excesso de chuvas**. 2010.

EMBRAPA. **Mais de 80% da população brasileira habita 0,63% do território nacional**. In: EMBRAPA. Mais de 80% da população brasileira habita 0,63% do território nacional. [S. l.], 10 out. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/28840923/mais-de-80-da-populacao-brasileira-habita-063-do-territorio-nacional>. Acesso em: 07 de abril de 2022.

ESPIRITO-SANTO, C. M. do; SZLAFSZTEIN, C. F. Gestão de risco de desastres em planos diretores de três municípios da zona costeira do estado do Pará, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada - Journal of Integrated Coastal Zone Management**, vol. 16, núm. 2, junho 2016, pp. 223-230. DOI: 10.5894/rgci613.

ESTRATÉGIA INTERNACIONAL DE REDUÇÃO DE DESASTRES – EIRD/ONU. Vivir con el riesgo: informe mundial sobre iniciativas para La reducción de desastres. Nações Unidas (EIRD/ ONU): Secretaria Interinstitucional de La EIRD, 2004. 4 LAVELL, Allan. Desastres y desarrollo: hacia un entendimiento de las formas de construcción social de un desastre: el caso de mitch en centroamérica. In: GARITA, Nora; NOWALSKI, Jorge. Del desastre al desarrollo sostenible: huracán mitch en centroamérica. San Jose, Costa Rica: BID, CIDHS, 2000.

FAVRETO, C. *et al.* Análise do Sistema de Abastecimento de água do Município de Arroio do Padre/RS. **ENEEAmb**, Brasília 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/309439497_ANALISE_DO_SISTEMA_DE_ABASTECIMENTO_DE_AGUA_DO_MUNICIPIO_DE_ARROIO_DO_PADRERS. Acesso em: 09 de abril de 2022.

FERREIRA, Ignez Costa B.; VASCONCELOS, Ana Maria; PENNA, Nelba de Azevedo. Violência urbana: a vulnerabilidade dos jovens da periferia das cidades. **Associação Brasileira de Estudos Populacionais**, 2008. Disponível em: <http://www.abep.org.br/publicacoes/index.php/anais/article/view/1805/1764>. Acesso em: 09 de abril de 2022.

FERREIRA, K. A. **Resiliência Urbana e a Gestão de Riscos de Escorregamentos**: uma avaliação da defesa civil do município de Santos – SP. 2016. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/31_46/tde-06122016-082329/publico/KarolyneAndradeFerreiraCorr16.pdf. Acesso em: 20 de julho de 2022.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem Complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 160.

FLACH, C. W.; MEURER, M. Inventário de movimentos de massa em Arroio do Padre/RS. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 3830-3841, 2017.

FLACH, Claudia Werner. **Zoneamento de Suscetibilidade a Movimentos de Massa em Arroio do Padre/RS**. 2017. 155 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

FOSTER, S. *et al.* **Proteção da qualidade da água subterrânea**: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais. São Paulo: SERVMAR, 2006.

FOSTER, S. HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. **Groundwater Quality Protection: A Guide for Water Service Companies, Municipal Authorities and Environment Agencies**. World Bank, GWMate. Washington, 2002.

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. **Groundwater pollution risk assessment**: a methodology using available data. Whopaho/hpe-cepis technical manual. Lima, Peru, 1988.

FRANCO, G. B. *et al.* **Relação qualidade da água e fragilidade ambiental da Bacia do Rio Almada**, Bahia. 2012.

FREITAS, C. M. *et al.* Desastres naturais e saúde: uma análise da situação do Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, p. 3645-3656, 2014.

FREITAS, C. M. *et al.* Desastres naturais e seus custos nos estabelecimentos de saúde no Brasil no período de 2000 a 2015. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 36, p. e00133419, 2020.

FUNASA. *Manual de Saneamento*. Ministério da Saúde. Brasília, 2007.

FURTADO, J. R. **Gestão de riscos de desastres**. Florianópolis: CEPED UFSC, 2012.

G1-RS. Antônio Peixoto. **Granizo danifica pelo menos 200 casas em Arroio do Padre, RS**. 2013. Disponível em: <https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2013/02/granizo-danifica-pelo-menos-200-casas-em-arroio-do-padre-rs.html>. Acesso em: 23 de agosto de 2022.

G1-RS. **Emater calcula prejuízos causados por granizo em Arroio do Padre, RS**. Disponível em: <https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2012/08/chuva-de-granizo-causa-prejuizos-nas-lavouras-de-arroio-do-padre-rs.html>. Acesso em: 23 de agosto de 2022.

G1-RS. **Mau tempo no RS ainda deixa mais de 22 mil sem luz na área da RGE**. Disponível em: <https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2014/10/mau-tempo-no-rs-ainda-deixa-mais-de-22-mil-sem-luz-na-area-da-rge.html>. Acesso em: 23 de agosto de 2022.

GANEM, R. S. **Gestão de desastres no Brasil (Estudo)**. Brasília: Câmara dos Deputados. V. 11, 2012.

GIDDENS, A. **As consequências da modernidade**. Oeiras: Celta Editora, 1998.

GIDDENS, A. **O mundo na era da globalização**. Editorial Presença. Lisboa, 3ª, 2000.

GONÇALVES, José Augusto Costa; PEREIRA, Pedro Henrique Rodrigues; ALMEIDA, Milena Stefany Lage. Caracterização dos Sistemas Aquíferos do Distrito Ferrífero de Itabira, Minas Gerais. **Águas Subterrâneas**, v. 35, n. 1, 2021.

GONÇALVES, N. de M. **PCH Atibaia**: O contexto de reativação e a ocorrência de enchentes e inundações no município de Atibaia/SP. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica. 2015.

GONÇALVES, Vitor Fidelis Monteiro; MANZIONE, Rodrigo Lilla. Estimativa da recarga das águas subterrâneas no Sistema Aquífero Bauru (SAB). **Geo UERJ**, n. 35, p. 37063, 2019.

GRAAF, Inge E. M. *et al.* Environmental flow limits to global groundwater pumping. **Nature**, [s. l.], p. 90-94, out. 2019.

GUEDES, Vinícius Mancini. **Planejamento urbano e princípio da igualdade**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2012.

GUTERRES, Diovana da Silva; CRUZ, Roseane Borba dos Santos; COSTA, Maiara Moraes; SILVA, Larissa Aldrighi; CASTRO, Andrea Souza; LAZAROTTO, Marília; LEANDRO, Diuliana. Gestão de riscos voltada aos desastres naturais em áreas rurais no Rio Grande do Sul. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, 2022, no prelo.

GZH. Gaúcha Zero Hora. **Onze municípios do RS adotam racionamento de água em função da estiagem**: Prejuízos em razão da falta de chuva no Estado chegam a R\$ 200 milhões. 2018. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/geral/noticia/2018/02/onze-municipios-do-rs-adotam-acionamento-de-agua-em-funcao-da-estiagem-cjdlpe41g017y01n3q8nnlarp.html>. Acesso em: 23 de agosto de 2022.

HANMER, João. Capacidade adaptativa: o que significa no contexto de desastres naturais?. In: **Mudanças climáticas, capacidade adaptativa e desenvolvimento**. 2003. pág. 51-70.

HASENACK, H.; WEBER, E. Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul-escala 1: 50.000. **Porto Alegre**: UFRGS Centro de Ecologia, v. 1, 2010.

IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS - É preciso registrar corretamente as inundações graduais e bruscas para construir a verdadeira história e evitar futuras tragédias. Disponível em: http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/Ed25_Arti...pdf Acesso em: 05 de maio de 2021.

INFOSANBAS. Arroio do Padre - RS. In: MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Arroio do Padre - RS**. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://infosanbas.org.br/municipio/arroio-do-padre-rs/#Abastecimento-de-%C3%A1gua>. Acesso em: 28 de março de 2022.

INFRAESTRUTURA NACIONAL DE DADOS ESPACIAIS. Arroio do Padre. In: **Arroio do Padre**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://visualizador.inde.gov.br/#>. Acesso em: 15 nov. 2021.

INSTITUTO ÁGUA E SANEAMENTO. Arroio do Padre (RS). In: **Arroio do Padre (RS)**. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/rs/arroio-do-padre>. Acesso em: 08 de outubro de 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Cidades**. Brasília, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama>. Acesso em: 09 de abril de 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Densidade demográfica**: IBGE, Censo Demográfico 2010, Área territorial brasileira. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Esgotamento sanitário adequado**: Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **População no último censo**: IBGE, Censo Demográfico 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Salário médio mensal dos trabalhadores formais**: IBGE, Cadastro Central de Empresas 2020. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Sidra**. Brasília, 2015. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/261>. Acesso em: 16 de agosto de 2022.

IPCC. Climate Change 2001: Impacts, **Adaptation, and Vulnerability**: Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2001).

IPCC. Climate Change 2007: Impacts, **Adaptation and Vulnerability**: Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2007).

ISMAEL, L. L.; ROCHA, E. M. R. Estimativa de contaminação de águas subterrâneas e superficiais por agrotóxicos em área sucroalcooleira, Santa Rita/PB, **Brasil. Ciência e saúde coletiva** 24 (12) 25 Nov 2019.

JANCZURA, R. Risco ou vulnerabilidade social?. **Textos & Contextos (Porto Alegre)**, v. 11, n. 2, p. 301-308, 2012.

KAHN, S. Cidades com estrutura precária serão afetadas. **Revista do Clima, Planeta Sustentável**, v. 2, 2014. Disponível em: http://www.planetasustentavel.abril.com.br/pdf/revista-do-clima_um-novo-tempo.pdf. Acesso em: 26 de abril de 2022.

KOWARIC, L. **Viver em risco: sobre a vulnerabilidade socioeconômica e civil**. São Paulo: Editora 34, 2009.

KUHNEN, A. Meio ambiente e vulnerabilidade a percepção ambiental de risco e o comportamento humano. **Revista Geografia**, Londrina, v. 18, n. 2, 2009.

LAVELL, A. Desastres y desarrollo: hacia un entendimiento de las formas de construcción social de un desastre: el caso de mitch en centroamérica. *In*: GARITA, Nora; NOWALSKI, Jorge. **Del desastre al desarrollo sostenible: huracán mitch en centroamérica**. San Jose, Costa Rica: BID, CIDHS, 2000.

LEANDRO, D.; QUADRO, M. S.; VIEIRA, D. S.; SILVA, L. A.; MARQUES, L. C.; ZIRBES, E. R.; ARAUJO, M. M. F.; PONZI, G.; CALDAS, L. B.; DUARTE, V. D.; CASTRO, A. S. **Desastres Naturais em Arambaré-Rs**. Coleção Diagnóstico dos Desastres Naturais na Metade Sul do Rio Grande do Sul. 2021.

LEANDRO, Diuliana. **Modelagem de fragilidade ambiental usando índices baseados em dados espaciais e com suporte de sistema especialista**. 2013.

LEICHENKO, R. Climate change and urban resilience. **Current opinion in environmental sustainability**, v. 3, n. 3, p. 164-168, 2011.

LEMOS, M. F. Planejamento urbano para enfrentamento de riscos ambientais, redução de vulnerabilidade sócio-climática e adaptação de cidades. **I Encontro Nacional da Associação Nacional de Pesquisa e Pós graduação em Arquitetura e Urbanismo**, p. 2, 2010.

LEMOS, P. F. I. Mudanças climáticas e responsabilidade civil por dano ao meio ambiente. **DIREITO e MUDANÇAS CLIMÁTICAS 2**, p. 60, 2010.

LI, Peiyue et al. Progress, opportunities, and key fields for groundwater quality research under the impacts of human activities in China with a special focus on western China. **Environmental Science and Pollution Research**, [s.l.], v. 24, n. 15, p.13224-13234, 10 mar. 2017.

LI, Xuehua *et al.* Screening and health risk of organic micropollutants in rural groundwater of Liaodong Peninsula, China. **Environmental Pollution**, [s. l.], v. 218, p. 739-748, nov. 2016.

LIMA, R. E. de *et al.* Proposta metodológica para mapeamento de risco de inundação no município de Curitiba (Paraná). **Caminhos de Geografia**, v. 22, n. 82, p. 01-12, 2021.

LIMA, S. M. S. A.; LOPES, W. G. R.; FAÇANHA, A. C. Desafios do planejamento urbano na expansão das cidades: entre planos e realidade. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, 11, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.e20180037>.

LOBLER, C. A.; SILVA, J. L. S. Vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas do município de Nova Palma, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Ambiente e Água** vol.10 no.1 Taubaté jan./mar. 2015.

LONDE, L. R.; SORIANO, E.; COUTINHO, M. P. Capacidades das instituições municipais de Proteção e Defesa Civil no Brasil: desafios e perspectivas. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 30, p. 77-95, 2015.

MACHIWAL, Deepesh *et al.* Assessment and mapping of groundwater vulnerability to pollution: Current status and challenges. **Earth-Science Reviews**, [s. l.], v. 185, p. 901-927, out. 2018.

MADROÑERO, Felix David Rivera. **Potencial risco à poluição antropogênica no sistema aquífero Dunas/Barreiras da região metropolitana de Natal**. 2022. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Programa Regional de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022.

MAIA, P. H. P.; CRUZ, M. J. M. Um novo método para avaliar a vulnerabilidade de aquíferos. **Braz. J. Aquat. Sci. Technol.**, 2011, 15(2):29-40. [Maria-Peixoto-Chrispim.pdf](https://www.marinho.gov.br/dados-do-smm-cartas-sinoticas/cartas-sinoticas?field_data_value%5Bvalue%5D%5Bday%5D=17&field_data_value%5Bvalue%5D%5Bmonth%5D=5&field_data_value%5Bvalue%5D%5Byear%5D=2022&field_horario_value=12HMG)> Acesso em: 15 jun. 2020.

MAITRA, S. **Financiamento de cidades resilientes: lições da Índia 2012**. Ano 9. Edição 73 - 28/08/2012 Shipra Maitra. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&view=article&id=2797:catid=28&Itemid=23. Acesso em: 27 de abril de 2021.

MARICATO, E. A cidade sustentável. *In*: **Congresso Nacional de Sindicatos de Engenheiros- CONSENGE**. 2011. p. 9-99.

MARINHA DO BRASIL. **Cartas Sinóticas**. Centro de Hidrologia da Marinha do Brasil. Disponível em: https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-smm-cartas-sinoticas/cartas-sinoticas?field_data_value%5Bvalue%5D%5Bday%5D=17&field_data_value%5Bvalue%5D%5Bmonth%5D=5&field_data_value%5Bvalue%5D%5Byear%5D=2022&field_horario_value=12HMG. Acesso em: 25 de agosto de 2022.

MARTINS, R. D. Almeida; FERREIRA, L. C. Oportunidades e barreiras para políticas locais e subnacionais de enfrentamento das mudanças climáticas em áreas urbanas: evidências de diferentes contextos. **Ambiente & Sociedade**, v. 13, p. 223-242, 2010. <https://www.scielo.br/j/asoc/a/hRN4f8tPbgZFSBFHS3gb7Gf/?lang=pt#>. Acesso em: 09 de abril de 2022.

MATOS, L. C. A.; SOUZA, G. B. de; ALMEIDA, I. F. de; SANTOS, N. J. Importância das estradas vicinais para a mobilidade rural em Feira de Santana (BA). **Semana Nacional de Ciência e Tecnologia**, n. 22, 2018. DOI <https://doi.org/10.13102/semic.v0i22.4030>

MENEZES, D. J. *et al.* Inventário de registro de inundações no estado do Rio Grande do Sul entre 1980 e 2010. **Desastres Naturais no Rio Grande do Sul. Editora da UFSM**, v. 1, p. 163-179, 2013.

MEURER, M.; WERNER FLACH, C. A Geomorfologia do município de Arroio do Padre – RS e as relações com as Alterações Geomorfológicas da Enxurrada de 15 de novembro de 2010. **Ciência e Natura**, vol. 37, núm. 3, set-dez, 2015, pp. 311-328.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL – BRASIL. **Noções básicas em proteção e defesa civil e em gestão de riscos**. Departamento de Minimização de Desastres. – Brasília, 2017. ISBN 978-85-68813-08-9

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria MS n.º 518/2004 / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental**. 1. ed. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2004. 34 p. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria_518_2004.pdf#:~:text=Portaria%20MS%20n.%C2%BA%20518%2F2004%20estabelece%2C%20em%20seus%20cap%C3%ADtulos,de%20abastecimento%20de%20%C3%A1gua%20destinada%20ao%20consumo%20humano. Acesso em: 7 março de 2022.

MINISTÉRIO DAS CIDADES - BRASIL. **Manual técnico para redução de riscos de desastres aplicado ao planejamento urbano**. Versão 1.1. Secretaria Nacional de Desenvolvimento Urbano, 2018. Disponível em: <https://www.jica.gov.jp/brazil/portuguese/office/publications/c8h0vm00001w9k8-att/volume6.pdf>. Acesso em: 25 de abril de 2022.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL - MDR (BRASIL). **Caderno Técnico GIRD +10**. Brasília, 2021. p. 108-117.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL - MDR (BRASIL). **Construindo Cidades Resilientes 2030**. Brasília, 2022.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL - SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO. **Plano Nacional de Saneamento Básico: Mais saúde com qualidade de vida e cidadania**. 1. ed. rev. Brasília: [s. n.], 2019. Disponível em: <https://ondasbrasil.org/wp-content/uploads/2020/09/Plansab-revisado-2019.pdf>. Acesso em: 10 de junho de 2022.

MOREIRA, Rafael *et al.* Resiliência do abastecimento de água no município de Arroio do Padre a eventos externos. **ANAIS XXXI - CIC - Congresso de Iniciação Científica**: [s. n.], 2022. Disponível em: https://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2022/MD_05459.pdf. Acesso em: 05 de novembro de 2022.

MOURA-BUENO, Jean Michel *et al.* Erosão em áreas de encosta com solos frágeis e sua relação com a cobertura do solo. **Scientia Agraria**, v. 19, n. 1, p. 102-112, 2018.

NARVÁEZ, L.; LAVELL, A.; ORTEGA, G. P. **La gestión del riesgo de desastres: un enfoque basado en procesos**. Secretaria General de la Comunidad Andina, Lima, 2009.

NGUYEN, A. K. *et al.* Zoning eco-environmental vulnerability for environmental management and protection. **Ecological Indicators**, v. 69, p. 100–117, 2016.

NSC. **Temporal deixa famílias ilhadas no sul do RS**. Disponível em: <https://www.nsctotal.com.br/noticias/temporal-deixa-familias-ilhadas-no-sul-do-rs>. Acesso em: 22 de agosto de 2022.

NUNES, L. H. Compreensões e ações frente aos padrões espaciais e temporais de riscos e desastres. **Territorium**, n.16, p.179-189, 2016.

OLIVEIRA, R. G.; BACANI, V. M, SILVA, V. R.; CUNHA, E. R.; FERREIRA, E. M. Análise da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do córrego São João MS utilizando geoprocessamento. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 1, n. 64, p. 15-24, fev. 2012.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Escritório das Nações Unidas para a redução de riscos de desastres. **Como construir cidades mais resilientes: um guia para gestores públicos locais**. Genebra, 2012.

PAIVA, C. R. **Saneamento básico**. [74 slides Issuu]. Goiás: Universidade Federal de Goiás, 2014. Disponível em: https://issuu.com/gersonborges6/docs/redes_de_distribui-cao_-_capitulo_9. Acesso em: 09 de outubro de 2022.

PANTALEÃO, C. C.; CORTESE, T. T. P. Capacidade de resiliência urbana: estudo de caso da cidade addis ababa na etiópia. **Revista de Gestão e Secretariado**, vol. 7, núm. 2, 2016, p. 166-189. DOI 10.7769/gesec.7i2.554

PENNA, N. A.; FERREIRA, I. B. Desigualdades socioespaciais e áreas de vulnerabilidades nas cidades. **Mercator (Fortaleza)**, v. 13, p. 25-36, 2014.

PENNA, Nelba Azevedo; FERREIRA, Ignez Barbosa. Desigualdades socioespaciais e áreas de vulnerabilidades nas cidades. **Mercator (Fortaleza)**, v. 13, p. 25-36, 2014.

PEREIRA JÚNIOR, Lindolfo Caetano; SOARES, Hugo Leonardo Trindade; CASTRO, Selma Simões de. Vulnerabilidade natural e risco de contaminação do aquífero Bauru no município de Rio Verde – GO. **ABAS: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas**, [s. l], v. 2, n. 29, p. 129-145, 2015.

PINHEIRO, E. G.; FERENTZ, L. M. S.; FONSECA, M. N. As Emergências Ambientais no Paraná e as Intersecções com o Sistema Estadual de Proteção e Defesa Civil. **Redes (St. Cruz do Sul Online)**, v. 24, n. 2, p. 81-98, 2019.

PLANO DE SANEAMENTO MUNICIPAL DE ARROIO DO PADRE. Institucional. 2015. Disponível em: <lei-1680-anexo-i-plano-municipal-de-saneamento.pdf> (arriodopadre.rs.leg.br). Acesso em: 11 de junho de 2022.

PLANO MUNICIPAL de Saneamento Básico (PMSB) do município de Arroio do Padre–RS. Caracterização geral do município. Laboratório de análise ambiental e geoespacial, 2015. Disponível em: <https://www.arriodopadre.rs.leg.br/leis/legislacao-municipal/leis/2015/lei-1680-anexo-i-plano-municipal-de-saneamento.pdf>. Acesso em: 10 de junho de 2022.

POLITIZE. Plano diretor: como é feito e para que serve?. *In*: POLITIZE. **Plano diretor: como é feito e para que serve?**. [S. l], 24 nov. 2017. Disponível em: <https://www.politize.com.br/plano-diretor-como-e-feito/>. Acesso em: 05 de abril de 2022.

PORTAL SANEAMENTO BÁSICO. Saneamento avança, mas drenagem e destinação do lixo ainda são desafios no PR. In: **Saneamento avança, mas drenagem e destinação do lixo ainda são desafios no PR**. [S. l.], 6 maio 2019. Disponível em: <https://saneamentobasico.com.br/drenagem/saneamento-drenagem-destinacao-lixo/#:~:text=Jogar%20lixo%20em%20rios%20e,nas%20esferas%20estadual%20e%20federal>. Acesso em: 15 jun. 2022.

PORTARIA, M. S. nº 518/2004. Série E. Legislação Saúde, Ministério da Saúde, Brasília, 2005.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. Em busca da gestão de recursos hídricos para a cidade resiliente. **Revista DAE**, nº 195, 2014, DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/dae.2014.124>.

PREFEITURA DE ARROIO DO PADRE. Disponível em: <https://www.arroiodopadre.rs.gov.br/portal>. Acesso em: março de 2021.

RAHMATI, Omid; POURGHASEMI, Hamid Reza; MELESSE, Assefa M. Application of GIS-based data driven random forest and maximum entropy models for groundwater potential mapping: A case study at Mehran Region, Iran. **Catena**, [s.l.], v. 137, p.360-372, fev. 2016. Elsevier BV.

RBSTV. **Emater Calcula Prejuízos Causados por Chuva de Granizo em Arroio do Padre, RS**. Disponível em: <http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2012/08/chuva-de-granizo-causa-prejuizos-nas-lavouras-de-arroio-do-padre-rs.html>. Acesso em 27 de março de 2021.

REBOUÇAS, A. C. Uso inteligente da água. São Paulo: Escrituras editora, 2004.

REGINATO, Pedro Antonio Roehé; AHLERT, Siclério. Vulnerabilidade do sistema aquífero serra geral na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul. **ABAS: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas**, [s. l.], v. 2, n. 27, p. 32-46, 2013.

Relatório técnico do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Pelotas – **Análise da qualidade da água na Bacia do Arroio do Padre: Subsídios para a Gestão de Recursos Hídricos**, 2018.

REZENDE, D. A.; ULTRAMARI, C. Plano diretor e planejamento estratégico municipal: introdução teórico-conceitual. **Rev. Adm**, v. 42, n.2, abr. 2007, DOI <https://doi.org/10.1590/S0034-76122007000200005>

RIBEIRO, A. S., do AMARAL, F. O. M., SILVA, J. M., Jr, COSTA, L. A., & OLIVEIRA, V. F. M. (2011). In A. S. Ribeiro (Coord.), Cidade Sustentável, bem-estar para todos: uso e ocupação do solo e seus impactos ambientais (p. 25). **Palmas: Ministério Público do Estado do Tocantins. Recuperado em**, v. 8, 2011.

RIBEIRO, D. M.; ROCHA, W. F.; GARCIA, A. J. V. Vulnerabilidade natural à contaminação dos aquíferos da sub-bacia do Rio Sirir, Sergipe. **Águas Subterrâneas**, v.25, n.1, p.91-102, 2011.

RIO GRANDE DO SUL. **Decreto nº 43.660, de 4 de março de 2005.** Homologa Situação de Emergência nos Municípios de Gramado dos Loureiros, Arroio do Padre, Santo Augusto, Três de Maio, São Valério do Sul, Santa Maria do Herval, Veranópolis, Crissiumal, Nova Ramada, Guarani das Missões, Campina das Missões, Travesseiro, Arroio do Meio, Bom Princípio, Arroio do Tigre, Capitão, Marques de Souza, Cruzeiro do Sul, Chiapetta, Miraguaí, Mato Queimado e Giruá. Porto Alegre, 2005. Disponível em: <https://leisestaduais.com.br/rs/decreto-n-43660-2005-rio-grande-do-sul-homologa-situacao-de-emergencia-nos-municipios-de-gramado-dos-loureiros-arroio-do-padre-santo-augusto-tres-de-maio-sao-valerio-do-sul-santa-maria-do-herval-veranopolis-crissiumal-nova-ramada-guarani-das-missoes-campina-das-missoes-travesseiro-arroio-do-meio-bom-principio-arroio-do-tigre-capitao-marques-de-souza-cruzeiro-do-sul-chiapetta-miragua-i-mato-queimado-e-girua>. Acesso em: 10 de junho de 2022.

RODRIGUES, Rodrigo Coelho. **O ordenamento territorial e a regulamentação do uso do subsolo na esfera municipal como instrumentos de gerenciamento e proteção das águas subterrâneas na área costeira de Santa Catarina.** Tese de Doutorado. Universidade do Vale do Itajaí. 2019.

RODRIGUEZ, José Manuel Mateo; SILVA, Edson Vicenti. **Planejamento e gestão ambiental: subsídios da geocologia das paisagens e da teoria geosistêmica.** Fortaleza: Edições UFC, 2013.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. **Revista do departamento de geografia**, v. 8, p. 63-74, 1994.

SÁ, I. B. *et al.* Processos de desertificação no Semiárido brasileiro. **Embrapa semiárido-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2010.

SABADINI, Samira da Conceição *et al.* Potencial de vulnerabilidade natural de aquíferos à contaminação no quadrilátero ferrífero, Minas Gerais e sua relação com a atividade minerária de ouro. **Caderno de Geografia**, [s. l], v. 27, n. 49, p. 340-352, 2017.

SACCARO JUNIOR, N.L.; COELHO FILHO, O. **Cidades Resilientes e o Ambiente Natural: Ecologia urbana, adaptação e gestão de riscos.** 2016. Disponível em: <<http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9183/1/Cidades%20resilientes.pdf>>. Acesso em: 10 de julho de 2021.

SALAMONI, G. A imigração alemã no Rio Grande do Sul—o caso da comunidade pomerana de Pelotas. **História em revista**, v. 7, n. 7, 2001.

SANTOS, A. N. dos; PRETTO, M. E. J.; ABREU, M. S. P. *et al.* **Saneamento Ambiental.** 1. ed. Cornélio Procópio: Editora Uenp, 2020. 290 p. v. 2.

SANTOS, A. R. dos. Enchentes e deslizamentos: causas e soluções. Áreas de risco no Brasil. São Paulo: Pini, 2012.

SANTOS, G. R. dos; KUWAJIMA, J. I.; DE SANTANA, A. S. **Regulação e investimento no setor de saneamento no Brasil: trajetórias, desafios e incertezas.** Texto para Discussão, 2020.

SANTOS, L. S.; SERAFIM, M. C. Quando o desastre bate à porta: Reflexões sobre a Ética da Gestão Pública de Riscos e de Desastres. **Administração Pública e Gestão Social**, vol. 12, núm. 2, 2020. Universidade Federal de Viçosa, Brasil. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=351562414007>.

SANTOS, R. F.; FERREIRA, R. C. Planejamento ambiental. **São Paulo: Oficina de Textos**, p. 71-135, 2004.

SCOTT, C. A. *et al.* Do ecosystems insecurity and social vulnerability lead to failure water security? **Environmental Development**, v. 38, p. 100606, 2021.

SENADO. Aumento da produção de lixo no Brasil requer ação coordenada entre governos e cooperativas de catadores. *In*: SENADO. **Aumento da produção de lixo no Brasil requer ação coordenada entre governos e cooperativas de catadores**. [S. l.], 7 jun. 2021. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/infomaterias/2021/06/aumento-da-producao-de-lixo-no-brasil-requer-acao-coordenada-entre-governos-e-cooperativas-de-catadores>. Acesso em: 05 de abril de 2022.

SEVERGNINI, Bianca Regina; BORTOLIN, Taison Anderson; REGINATO, Pedro Antônio Roehé. Avaliação do Sistema Aquífero Serra Geral com um modelo de dupla porosidade baseado na análise de testes de bombeamento. *Águas Subterrâneas*, v. 35, n. 1, p. 103-119, 2021.

SIEBERT, Cláudia. Resiliência Urbana: Planejando as Cidades para Conviver com Fenômenos Climáticos Extremos. **VI Encontro Nacional da Anppas**. Belém, 2012.

SILVA, A. O. **Estratégias para construir cidades resilientes**. 2018. 98Fp. Dissertação (Mestrado em Dinâmicas Sociais, Riscos Naturais e Tecnológicos, na Especialidade Ciência do Risco), Coimbra, Portugal. Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra. 2018. Disponível em: https://estudogeral.uc.pt/bitstream/10316/82388/1/AntonioSilva_Versaofinal.pdf. Acesso em: 05 de abril de 2021.

SILVA, L. A. da *et al.* **Mesorregiões centro oriental e centro ocidental do Rio Grande do Sul – um estudo de vulnerabilidade**. Multiplicidades do meio ambiente na contemporaneidade. e-Publicar. v.1. p. 322-339. 2022. DOI: 10.47402/ed.ep.c202296522115.

SILVA, L.; TRAVASSOS, L. Problemas ambientais urbanos: desafios para a elaboração de políticas públicas integradas. **Cadernos Metrópole** 19, 1º sem, pag. 27 - 47, 2008.

SISTEMA INTEGRADO DE INFORMAÇÕES SOBRE DESASTRES (BRASIL). **S2iD**. Brasília, 2022.

SKAR, Siv Lene Gangenes *et al.* Urban agriculture as a keystone contribution towards securing sustainable and healthy development for cities in the future. **Blue-Green Systems**, v. 2, n. 1, p. 1-27, 2020.

SNIS. **Painel de Saneamento**. Arroio do Padre. 2022. Disponível em: http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores/web/agua_esgoto/mapa-agua. Acesso em: 06 de abril de 2022.

SNIS. Sistema Nacional de Informações em Saneamento. (2021). **Diagnóstico anual de águas pluviais 2021** (ano de referência 2020). Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/snis>. Acesso em: 06 de abril de 2022.

SOBRAL, A.; FREITAS, C. M. D.; ANDRADE, E. V. D.; LYRA, G. F. D.; MASCARENHAS, M. D. S.; ALENCAR, M. R. F. D.; FRANÇA, R. D. F. **Desastres naturais** – sistemas de informação e vigilância: uma revisão da literatura. Fiocruz, 2010. Disponível: <http://www6.ensp.fiocruz.br/repositorio/sites/default/files/arquivos/Desastres.pdf>. Acesso em: 11 de julho de 2021.

SOBRINHO, A. F. C. *et al.* Uso do índice GALDIT para avaliação da vulnerabilidade à salinização do aquífero Boa Viagem - região metropolitana do Recife. *Águas Subterrâneas* (2015) 29(1): 116-128.

SOUZA, Christopher Freire; CRUZ, Marcus Aurélio Soares; TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Desenvolvimento urbano de baixo impacto: planejamento e tecnologias verdes para a sustentabilidade das águas urbanas. **Rbrh**: revista brasileira de recursos hídricos. Porto Alegre, RS. Vol. 17, n. 2 (abr./jun. 2012), p. 9-18, 2012.

SPÖRL, Christiane. **Metodologia para elaboração de modelos de fragilidade ambiental utilizando redes neurais**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2007.

STEFFEN, W. *et al.* Limites planetários: orientando o desenvolvimento humano em um planeta em mudança. **Ciência**, v. 347, n. 6223, pág. 1259855, 2015.

STEINMAN, M.; GUMERA, M. S.; FERRETTI, M.; ALMEIDA, C. I.; IOSHIMOTO, M. T. A.; GUSMAN, S.; CENDOROGLO NETO, M.; SANTOS, O. F. P.; KANAMURA, A. H.; LOTTENBERG, C. L. **Terremoto no Haiti**: uma experiência multiprofissional. 2011. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/eins/v9n1/pt_1679-4508-eins-9-1-0001.pdf. Acesso em: 05 de maio de 2021.

STORTO, C.; COCATO, G. P. Análise de Fragilidade Ambiental a partir de Técnicas de Geoprocessamento: Área de Influência da Hidrelétrica de Mauá-PR (Analysis of Environmental Fragility from Geoprocessing Techniques: Area of Influence of the Mauá Hydroelectric Plant–PR). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 5, p. 1694-1708, 2018.

TASCON-GONZALEZ, L. *et al.* Social vulnerability assessment for flood risk analysis. **Water**, v. 12, n. 2, p. 558, 2020.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. 3. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

TVSENADO. Saneamento básico: por que milhões estão sem água e esgoto tratado no Brasil?. *In*: TVSENADO. **Saneamento básico**: por que milhões estão sem água e esgoto tratado no Brasil?. [S. l.], 17 ago. 2021. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/tv/programas/em-discussao/2021/08/porque-a-falta-de-saneamento-basico-deixa-milhoes-sem-agua-e-esgoto-tratado-no-brasil>. Acesso em: abril de 2022.

TVSENADO. Saneamento básico: por que milhões estão sem água e esgoto tratado no Brasil?. *In*: **Saneamento básico**: por que milhões estão sem água e esgoto tratado no Brasil?. [S. l.], 17 ago. 2021. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/tv/programas/em-discussao/2021/08/porque-a-falta-de-saneamento-basico-deixa-milhoes-sem-agua-e-esgoto-tratado-no-brasil>. Acesso em: 15 de junho 2022.

UNISDR, UNOFDRR. **Terminology on disaster risk reduction**. Geneva, Switzerland, 2009.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION – UNDRR. Annual Report 2020. 2020. Disponível em: <https://www.undrr.org/publication/undrr-annual-report-2020>. Acesso em: 05 de maio de 2021.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (UNDRR). **Human Cost Disaster, An overview of the last 20 years, 2000-2019**. CENTRE FOR RESEARCH ON THE EPIDEMIOLOGY OF DISASTERS (CRED). 2020. Disponível em: https://www.preventionweb.net/files/74124_humancostofdisasters20002019reportu.pdf. Acesso em: 05 de maio 2021.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. **Making Cities Resilient Report 2012**. UNISDR, 2012.

VATISTAS, Christos; AVGOUSTAKI, Dafni Despoina; BARTZANAS, Thomas. A Systematic Literature Review on Controlled-Environment Agriculture: How Vertical Farms and Greenhouses Can Influence the Sustainability and Footprint of Urban Microclimate with Local Food Production. **Atmosphere**, v. 13, n. 8, p. 1258, 2022.

VEDOVELLO, R.; MACEDO, E. S. Deslizamento de encostas. *In*: SANTOS, R. F. (Org.).

Vulnerabilidade ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos? (p. 75-93). Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 2007.

VEYRET, Y. Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. *In*: **Os riscos**: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. 2007. pág. 319-319.

VEYRET, Y.; RICHEMOND, N. M. O risco, o risco: Definições e vulnerabilidades do risco. *In*: VEYRET, Yvette (Org.). **Os riscos**: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. Trad. Dilson Ferreira. São Paulo: Contexto, 2007. 23-80.

VILCKAS, M. **Os determinantes para a tomada de decisão sobre o que produzir: proposta de um modelo para unidades de produção rural familiares**. 2004. 143f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

VILLAR, P. C. **Gestão das águas subterrâneas e o Aquífero Guarani**: desafios e avanços. V Encontro Nacional da Anppas 4 a 7 de outubro de 2010 Florianópolis - SC – Brasil, Disponível em: <<http://www.anppas.org.br/encontro5/cd/artigos/GT9-461-411-20100902155823.pdf>> Acesso em: 15 jun. 2020.

VILLAS, P. C. As águas subterrâneas e o direito à água em um contexto de crise. **Ambiente & Sociedade**. São Paulo v. XIX, n. 1 n p. 83-102 n jan.-mar. 2016.

WATER, U. N. Water security & the global water agenda. **UN Water Analytical Brief**. Hamilton, Canada: UN University, 2013.

WEISS, R.; PIPPI, L. G. A. Análise multicritério na definição de vulnerabilidade ambiental. **Terr@ Plural**, v. 13, n. 3, p. 272-295, 2019.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION – WMO. **WMO Provisional statement on the state of the global climate in 2019**. 2019. Disponível em: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10108. Acesso em: 06 de maio de 2021.

WWAP – WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME. **The United Nations World Water Development Report 2018**: nature-based solutions for water. Paris: UNESCO, 2018. 139 p.

YEDA reforça apoio do Governo do Estado à comunidade atingida por temporal em Arroio do Padre. Governo do Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<https://estado.rs.gov.br/midia/audio/yeda-reforca-apoio-do-governo-do-estado-a-comunidade-atingida-por-temporal-em-arroio-do-padre>>. Acesso em: 11 de agosto de 2022.



ANA BEATRIZ GONÇALVES VAZ - Natural de Alegrete/RS. Licenciada em Ciências Biológicas pela UFSM, especialista em Gestão e Manejo Ambiental na Agroindústria pela UFLA, mestranda em Ciências Ambientais pelo Centro de Engenharias da Universidade Federal de Pelotas.



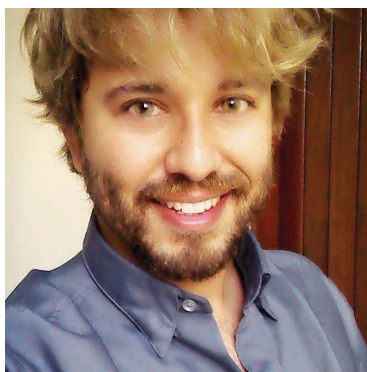
ANDRÉA SOUZA CASTRO - Natural de Pelotas/RS. Natural de Pelotas-RS. Engenheira Agrícola formada pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Mestrado e Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (IPH/UFRGS). É professora Associada do Centro de Engenharias (CEng) da UFPel e do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCamb-UFPel). Tem experiência na área de Engenharia Ambiental e Sanitária e Ciências Ambientais, atuando principalmente nos seguintes temas: drenagem, escoamento superficial, estruturas de controle na fonte, pavimentos permeáveis, telhados verdes e gestão ambiental.



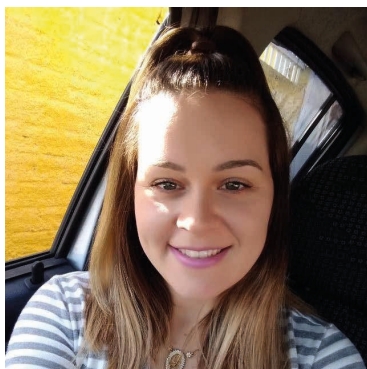
DIOVANA DA SILVA GUTERRES - Natural de Santana da Boa Vista/RS. Mestranda em Ciências Ambientais pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Pelotas. Graduada em Engenharia Ambiental e Sanitária na Universidade Federal de Pelotas.



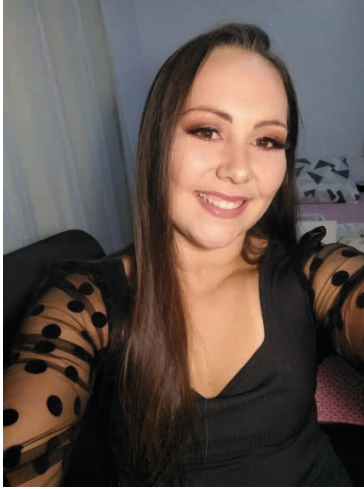
DIULIANA LEANDRO - Natural de Curitiba/PR. Engenheira Cartógrafa pela UFPR, mestre e doutora em Ciências Geodésicas (UFPR). Professora do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental e do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Atua principalmente nos seguintes temas: Posicionamento GPS, Sensoriamento Remoto, monitoramento ambiental, fragilidade e vulnerabilidade ambiental, desastres naturais, mapeamento ambiental.



EVERTON RODRIGUES ZIRBES - Natural de Carazinho/RS. Geotecnólogo graduado pela Universidade Federal de Pelotas (2022). Técnico em Meteorologia pelo Instituto Federal de Santa Catarina (2021). Bolsista de iniciação científica (PROBIC - FAPERGS) no Laboratório de Drenagem e Águas Residuárias (LabDAR), atuando também como pesquisador no Laboratório de Geoprocessamento aplicado a Estudos Ambientais (LGEA). Possui experiência na área de Geociências, com ênfase em Sensoriamento Remoto, Meteorologia e Climatologia, atuando principalmente nos seguintes temas: aplicação de Sistemas de Informações Georreferenciadas em Meteorologia de Mesoescala, Análise de Eventos Extremos, Sensoriamento Remoto, Análise Espacial, Monitoramento e Mapeamento Ambiental.



JÚLIA CELESTINO LUÇARDO - Natural de Pelotas/RS. Tecnóloga em Saneamento Ambiental formada pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense Câmpus Pelotas. Atua como técnica de laboratório de águas e efluentes na empresa CCO Análises Químicas e Ambientais em Pelotas/RS



LARISSA ALDRIGHI DA SILVA – Natural de Pelotas/RS. Engenheira Ambiental e Sanitarista formada pela Universidade Federal de Pelotas em 2021, atualmente aluna no programa de Pós- Graduação da Anhanguera em Engenharia de Segurança do Trabalho e mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (UFPeI), atuante em projetos e pesquisas voltadas para as geotecnologias, como auxílio de tomada de decisões no laboratório 201 do Centro de Engenharias da UFPeI (CEng).



LARISSA MEDIANEIRA BOLZAN - Natural de Santa Maria/RS. Professora Adjunta do Curso Superior de Engenharia de Produção, na Universidade Federal de Pelotas (UFPel) e Professora Colaboradora no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCamb/UFPel). É chefe da Seção e Apoio a Tecnologias Educacionais (SATE/PRE/UFPel) e atua no Grupo de Trabalho Metodologias Ativas de Ensino, da UFPel, que integra a Rede Brasileira de Aprendizagem Criativa. Pós-doutora em Administração, com pesquisas sobre Escalabilidade de Inovações Sociais, pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos). Doutora em Administração pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), com pesquisas sobre os Processos de Ensino, Aprendizagem e Avaliação no Ensino Superior. Realizou Estágio Doutoral no Instituto de Educação, da Universidade de Lisboa (ULisboa), com estudos sobre Pedagogia Universitária e Avaliação Formativa no Ensino Superior. Mestre e Bacharel em Administração pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), com pesquisas sobre Tecnologias de Informação e Sociedade. Tem como interesses de pesquisas: Metodologias Ativas de Ensino para o Ensino Superior, Metodologias de Cocriação com vistas a promover Inovação Social/Tecnologias Sociais e a utilização de Tecnologia de Informação pela Sociedade.



LUANA NUNES CENTENO - Natural de São Lourenço/RS. Doutoranda no PPG em Manejo e Conservação do Solo e da Água, Doutora em Recursos Hídricos na Universidade Federal de Pelotas, Mestre em Recursos Hídricos na Universidade Federal de Pelotas. Graduada em Tecnologia em Saneamento Ambiental, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense Câmpus Pelotas.



MAIARA MORAES COSTA - Natural de Rio Grande/RS. Engenheira Ambiental e Sanitarista, formada pela Universidade Federal de Pelotas. Atualmente é aluna no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais na Universidade Federal de Pelotas. E-mail: maiaraengambientalesanitaria@gmail.com



MAURIZIO SILVEIRA QUADRO – Natural de Jaguarão/RS. Graduado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Pelotas (2001), Mestre em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas (2004), na área de concentração de Solos, com ênfase na área de Descarte de Resíduos. Doutor em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2008), na área de concentração de Reaproveitamento de Resíduos e Dinâmica de Poluentes no solo. Especialista em Gestão de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Tem experiência na área de Engenharia Sanitária, com ênfase em Resíduos Sólidos, Domésticos e Industriais, atuando principalmente nos seguintes temas: Tratamento de resíduos sólidos e líquidos; Reaproveitamento de resíduos sólidos e líquidos; Minimização da geração de Resíduos.



MÉLORY MARIA FERNANDES DE ARAÚJO - Natural de Santana do Livramento/RS. Doutoranda em Manejo e Conservação do Solo e da Água pela Universidade Federal de Pelotas, bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES. Mestre em Engenharia Oceânica (2021), pela Universidade Federal do Rio Grande-FURG, realizando pesquisas na área de Engenharia Costeira ligada a reutilização de sedimentos de dragagem. Engenheira Hídrica pela Universidade Federal de Pelotas (2018). Participou de mobilidade acadêmica internacional entre a Universidade Federal de Pelotas e o Tecnológico Nacional de México, como bolsista no Programa BRAMEX (2016). Tem experiência em projetos nas áreas de: Dragagem, Saneamento Ambiental, Drenagem Urbana (bacias de detenção e retenção) e Sistemas de Abastecimento de Água e Esgoto, Mapeamento de Risco a Desastres Naturais com ferramentas sensoriamento remoto e Sistemas de Informação Geográfica (SIG).



OTTONI MARQUES MOURA DE LEON – Natural de Rio Grande/RS. Mestrando do curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Pelotas - PPGCAMB - UFPEL. Formado no Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental pela Universidade Federal de Pelotas - UFPEL. Integra o Laboratório de Geoprocessamento aplicado e Estudos Ambientais. Orientado pela Professora Diuliana Leandro e coorientado pela Professora Larissa Medianeira Bolzan. Possui por tema central de pesquisa a relação entre a cultura e o meio ambiente.



PAOLA MULINARI - Natural de Porto Alegre/RS. Graduada do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária na Universidade Federal de Pelotas (UFPEL). Bolsista de Iniciação à Pesquisa no projeto “Ciências geodésicas como suporte à gestão pública e aos desafios ambientais do ordenamento territorial”, sob orientação da professora Diuliana Leandro.



PRISCILA PEDRA GARCIA - Natural de Piratini/RS Advogada. Bacharela em Direito pela Universidade Federal de Pelotas. Pós-graduada em Direito Constitucional. Licenciada pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-riograndense, Campus Pelotas. Mestranda em Ciências Ambientais pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Pelotas.

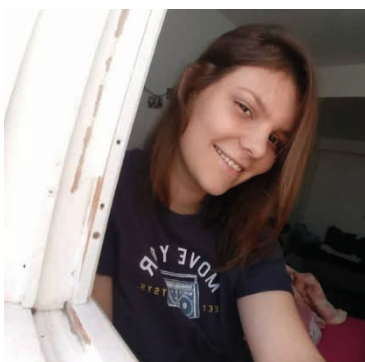


RAFAEL MOREIRA - Natural de Santo Ângelo/RS. Graduando do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária na Universidade Federal de Pelotas (UFPEL). Bolsista de iniciação à extensão do Laboratório de Geoprocessamento Aplicado a Estudos Ambientais (LGEA), orientado pela prof^a Dr^a Diuliana Leandro.



SAMANTA TOLENTINO CECCONELLO

- Natural de Lajeado/RSDoutoranda no Programa de Manejo e Conservação do Solo e da Água da UFPel, mestra em Ciências Ambientais pela UFPel. Desenvolve pesquisas em análise e modelagem de sistemas ambientais com ênfase nos processos hidrossedimentológicos em bacias hidrográficas e análise espaço-temporal dos recursos hídricos.



TAINÁ RHODEN SCHNEIDER

- Natural de Salvador do Sul/RS. Graduanda do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária na Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Bolsista de Iniciação Científica do Laboratório de Geoprocessamento aplicado a Estudos Ambientais (LGEA), sob orientação da prof^a Dr^a Diuliana Leandro.



VINICIUS D'AVILA DUARTE - Natural de Rio Grande/RS. Gestor Ambiental formado pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG) e graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária na Universidade Federal de Pelotas (UFPEL). Bolsista de Iniciação à Pesquisa no projeto “Ciências geodésicas como suporte à gestão pública e aos desafios ambientais do ordenamento territorial”, sob orientação da professora Diuliana Leandro.



A

Ações antrópicas 8, 77

Agricultura 12, 13, 18, 20, 21, 25, 27, 36, 50, 58, 63, 68, 80, 81, 94, 100, 103, 104, 117

Análise de risco 15

APP 62

Áreas de preservação 53, 61, 64, 75, 79, 80

B

Bacia 50, 74, 89, 90, 91, 111, 112, 114, 118, 123, 124

C

Calamidade pública 7, 16, 17, 32, 38, 59, 102, 113

Clima 9, 23, 32, 36, 64, 66, 67, 68, 79, 116, 120

Consumo 20, 34, 36, 49, 50, 54, 81, 94, 95, 99, 105, 112

D

Declividade 49, 51, 64, 65, 66, 74, 79, 89, 91

Degradação 42, 47, 48, 55, 58

Desenvolvimento Sustentável 100

Desperdício 98

E

Ecosistemas 6, 8, 13, 54, 82, 100

Educação ambiental 44, 58, 63, 105

Emissões 6, 12

Enxurrada 18, 22, 46, 47, 48, 68, 92, 103, 104, 122

Erosão 9, 25, 48, 49, 65, 66, 68, 69, 70, 71, 72, 74, 75, 80, 122

Estiagem 10, 11, 17, 18, 20, 21, 22, 30, 31, 36, 93, 94, 102, 103, 104, 105, 111, 115, 119

Eventos adversos 8, 16, 17, 18, 23, 38, 45, 63, 89, 90, 93, 104

F

Fragilidade 40, 48, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 88, 94, 105, 106, 107, 114, 116, 118, 120, 123, 125, 127, 130

G

Geração de resíduos 43, 54

Gestão 6, 9, 10, 13, 14, 38, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 48, 52, 53, 54, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 81, 82, 86, 93, 95, 100, 101, 104, 108, 109, 110, 112, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 128, 129, 133, 134, 135, 137

Granizo 8, 11, 16, 17, 18, 19, 22, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 36, 46, 57, 102, 103, 104, 115, 116, 118, 124

I

Infraestrutura pública 9, 18

Inundação 7, 75, 89, 90, 91, 92, 106, 110, 111, 112, 121

L

Lençol freático 50, 78, 82, 83, 84, 96, 100

Litologia 64, 72, 73, 74, 84, 86

Lixo 12, 43, 50, 54, 124, 126

M

Mapeamento 1, 39, 56, 61, 63, 64, 82, 83, 85, 86, 91, 104, 112, 114, 121, 130

Mde 89

Meio ambiente 5, 9, 12, 14, 43, 44, 54, 55, 57, 58, 59, 63, 77, 83, 94, 112, 120, 121, 126, 128, 134

Mobilidade social 9

O

Óbitos 26, 33, 45

Ocupação do solo 44, 51, 54, 55, 56, 57, 58, 63, 64, 82, 124

Ocupação humana 75, 77, 78, 79, 80

P

Pecuária 20, 21

PIB 3

Planejamento 9, 10, 14, 15, 38, 40, 41, 42, 44, 45, 51, 52, 54, 56, 57, 58, 59, 61, 63, 64, 82, 85, 86, 105, 110, 112, 115, 116, 119, 120, 121, 122, 124, 125, 127

Poços 20, 46, 49, 50, 54, 82, 83, 85, 87, 96, 97, 99, 100, 112

Precipitação 9, 10, 18, 46, 47, 48, 66, 67, 71, 74, 80, 84, 110

Prejuízo econômico 19, 20, 21

R

Resíduos sólidos 43, 44, 49, 50, 54, 110, 133

Resiliência 10, 11, 12, 13, 14, 35, 36, 39, 40, 41, 42, 60, 62, 94, 98, 101, 107,

109, 111, 117, 122, 123, 126

Rural 3, 9, 10, 18, 20, 46, 47, 48, 51, 55, 94, 95, 98, 105, 116, 121, 122, 128

S

Saneamento básico 13, 35, 42, 43, 44, 49, 54, 94, 97, 98, 106, 113, 122, 123, 124, 127

Saúde 6, 16, 36, 43, 44, 45, 47, 49, 50, 51, 52, 57, 61, 82, 93, 94, 98, 99, 101, 104, 111, 112, 114, 118, 119, 120, 122, 124

Seca 8, 10, 17, 20, 21, 36

Sensoriamento remoto 115, 130, 134

SIG 63, 134

Sistemas meteorológicos 23

Situação de emergência 11, 16, 17, 18, 20, 21, 31, 38, 46, 59, 111, 113, 115, 116, 125

Solos 54, 64, 68, 69, 70, 80, 83, 84, 116, 122, 133

U

Uso da terra 80

V

Vegetação 13, 20, 49, 70, 71, 75



Vulnerabilidade 6, 8, 9, 11, 13, 14, 30, 31, 32, 33, 36, 39, 40, 41, 42, 45, 47, 48, 57, 59, 60, 62, 63, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 89, 93, 94, 101, 104, 106, 108, 113, 114, 117, 120, 121, 123, 124, 125, 126, 128, 130



DESASTRES NATURAIS

EM ARROIO DO
PADRE-RS:

COLEÇÃO DIAGNÓSTICOS DOS DESASTRES NATURAIS
NA METADE SUL DO RIO GRANDE DO SUL


-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br



DESASTRES NATURAIS

EM ARROIO DO
PADRE-RS:

COLEÇÃO DIAGNÓSTICOS DOS DESASTRES NATURAIS
NA METADE SUL DO RIO GRANDE DO SUL

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br