

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ARQUITETURA, URBANISMO E PAISAGISMO**

Wellerson Pessotto

**ZONEAMENTO DE RISCO À INUNDAÇÃO DE DOM
PEDRITO-RS**

Santa Maria, RS
2020

Wellerson Pessotto

**ZONEAMENTO DE RISCO À INUNDAÇÃO DE DOM
PEDRITO-RS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo, Área de Concentração em Tecnologias e Sustentabilidade do Ambiente Construído, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM-RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo**.

Orientadora: Prof^a. Dra. Andrea Valli Nummer
Coorientador: Prof. Ms. José Leonardo Souza Castilho

Santa Maria, RS
2020

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Pessotto, Wellerson
ZONEAMENTO DE RISCO À INUNDAÇÃO DE DOM PEDRITO-RS /
Wellerson Pessotto - 2020
142 p.; 30 cm

Orientador: Andrea Valli Nummer
Coorientador: José Leonardo Souza Castilho
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo, RS, 2020

1. Inundação 2. Vulnerabilidade 3. Risco I. Feitosa, Flávia da Fonseca II. Pippi, Luis Guilherme Aita III.
Título.

© 2020

Todos os direitos autorais reservados a Wellerson Pessotto. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.

Endereço: Rua João Maria Pereira, Nº 50, Bairro Aparecida, Frederico Westphalen, RS, Brasil, CEP: 98400-000;

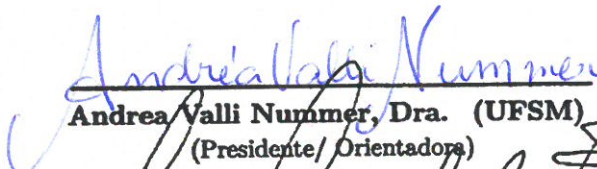
Endereço Eletrônico: wellerpessotto@gmail.com

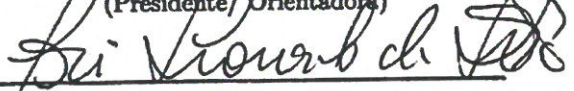
Wellerson Pessotto


ZONEAMENTO DE RISCO À INUNDAÇÃO DE DOM PEDRITO-RS

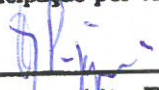
Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo, Área de Concentração em Tecnologias e Sustentabilidade do Ambiente Construído, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM-RS), como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo.

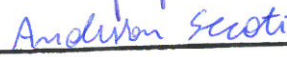
Aprovado em 19 de Março de 2020:


Andrea Valli Nummer, Dra. (UFSM)
(Presidente/Orientadora)


José Leonardo Souza Castilho, Ms. (URCAMP)
(Coorientador)


Flávia da Fonseca Feitosa, Dra. (UFABC-PG)
(participação por videoconferência)


Luis Guilherme Aita Pippi, PhD. (UFSM)


Anderson Augusto Volpato Scoti, Dr. (UFSM)

Santa Maria, RS
2020

Dedicado aos meus pais Clemir e Neusa Pessotto, meu irmão Henrique Pessotto, e minha tia e segunda mãe Mariléia Tibola.

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, pela dádiva da vida e por me oportunizar realizar tantos sonhos nesta existência. Obrigado por me permitir errar, aprender e crescer, por sua eterna compreensão e tolerância, por seu infinito amor, pela sua voz “invisível” que não me deixou desistir, mas sim seguir os caminhos que tens propostos para mim. Com certeza seus planos são maiores que os meus, então não tenho como mensurar tudo que fizeras por mim, desde a pesquisa, até as pessoas que tive ao meu lado nessa jornada.

A **Minha Família** meus pais **Clemir e Neusa Pessotto**, meu irmão **Henrique Pessotto** e minha tia e segunda mãe **Mariléia Tibola** por serem minha base, dos momentos mais difíceis aos impossíveis. Os valores que aprendi com vocês tornaram essa etapa muito mais fácil, todo esforço e dedicação seriam recompensados, e assim foi. Sem vocês nada disso teria acontecido, todos os conselhos e correções, cada momento de se despedir e também de se reencontrar me motivavam a não parar, apenas seguir, porque nunca me senti sozinho, mesmo a 300km de distância.

Minha namorada, Janine Giovanini da Silva, por estar segurando minha mão em cada passo que dei na vida desde o momento que a conheci. Todo apoio e partilha de momentos bons e ruins. Toda sua compreensão nesse período em que o mestrado nos afastou. Teu amor e carinho fez de mim uma pessoa melhor, me permitindo voos mais altos, te amo.

A **Professora Andrea Valli Nummer**, além de orientadora foi minha amiga. Sua dedicação e amor pela docência, por cada projeto de pesquisa, fazem de nós seus orientados privilegiados. A forma com que conduziu, orientou e “lutou” por mim e pela minha dissertação, caracteriza muito sua personalidade, uma mãe que mesmo diante de várias adversidades está lá, buscando o seu melhor para que seus “filhos” consigam alcançar seus objetivos. Faltarão palavras para expressar o quanto tu foi importante para mim nesse período, como orientadora, professora, mas também como amiga. Tenho um orgulho enorme de dizer que fui teu orientado, e tenho certeza que toda essa sua dedicação pela docência e pela educação formam profissionais e pessoas melhores para o nosso mundo que hoje passa por algumas inversões de valores. Muito obrigado mesmo, de coração.

Meu **Coorientador, Professor José Leonardo Souza Castilho**, por todo seu empenho e auxílio, que mesmo a distância sempre se mostrou solícito, atendendo a todos os pedidos, e compartilhando todo seu conhecimentos e experiências profissionais. Seu amor, dedicação e preocupação pelo município de Dom Pedrito e toda comunidade é inspirador.

Minha Banca, tanto na qualificação como na defesa final vocês foram perfeito. Fui muito feliz em tê-los nesses momentos tão desafiadores para um mestrando, pois, cada correção e conselho refinaram o meu trabalho e me fizeram crescer como profissional. Meu muito obrigado a vocês **Professora Flávia da Fonseca Feitosa** e **Professor Luis Guilherme Aita Pippi**.

Aos **amigos de Santa Maria**, os quais tive a honra de conhecer e dividir todos os momentos dessa minha jornada nessa bela cidade. Aqueles que foram minha família,

meus irmãos, seja pelo fato de dividir um apartamento e também por poder contar para todo e qualquer momento enfrentado, meu muito obrigado pela amizade e vivência que tive com vocês: Ana Flávia de Cezaro; Carlos Antônio de Souza; Carlos Miguel Klamt; Fernando Grassi; Junior Romani; Laísa Bisol; Leonardo Carvalho; Leonardo Cassol Bach; Leonardo de Cezaro; Maira Eliza de Souza; Mateus José Tiburski e Mariana Bandeira.

Meus **amigos do LAGEOLAM**, que dividiram todas as vivências do meu trabalho, me ajudando nas dificuldades e comemorando cada êxito. Você foram mais que amigos, foram muitas vezes inspirações, suas histórias de vida, e pesquisas foram meu norte nessa caminhada. São pessoas e histórias que ficarão eternamente guardadas em minha memória e coração, muito obrigado a todos vocês: Anderson Augusto Volpato Scoti; Glória Duran; Guilherme Cardoso da Silva; Indira Bruna Costa Moura Moraes; Lucas Rademann; Thomás Lixinski e Tiéli Cabral

Professores do LAGEOLAM, em especial aos Professores **Romario Trentin** e **Luís Eduardo de Souza Robaina** pela disponibilidade e ajudas técnicas que envolveram a minha pesquisa. Seus exemplos como docentes, e dedicação pela pesquisa são algo que levarei para vida. Muito obrigado.

Aos **professores e funcionários do PPGAUP**, programa que tive a honra de compor a primeira turma, a dedicação da coordenação juntamente com todos os professores em fazer um curso melhor nos motiva. Parabéns pelo trabalho que vem sendo desenvolvido e, obrigado pelas oportunidades e dedicação que tiveram comigo nesse período.

Colegas do PPGAUP, todos que de uma forma ou de outra tive um contato mais próximo, seja em sala de aula, trabalhos, artigos, eventos, comissões, jantas e barzinhos. Vocês me ensinaram muito, como arquiteto, urbanista, paisagista, mestrando e amigo. Andei com os melhores, tenho um carinho especial por cada pessoa e profissional que vocês são. Sei do potencial de cada um, e que posso contar com vocês, e suas qualidades. Muito obrigado por todos esses momentos e ensinamentos.

Minha família de um modo geral, que sempre esteve me apoiando, incentivando, aconselhando e mesmo a distância me passando bons pensamentos para que tudo desse certo. Em especial a minha cunhada **Fernanda dos Santos Turchetto**, que pelo fato estar em Santa Maria, me ajudou muito em momentos importantes da dissertação, e também a toda família da minha namorada, que sempre estiveram comigo nesse período, ajudando da melhor forma possível, e sempre passando ensinamentos que fizeram com que meu crescimento fosse cada vez maior.

Aos **amigos de Frederico Westphalen**, por sempre estarem me incentivando a continuar, e passando a certeza que eu estava no caminho certo. Todas conversas, visitas e troca de ideias foram de grande valia. Mas em especial gostaria de agradecer aos meus amigos e hoje colegas de escritório **Bruno Henrique Milani** e **Tiago Onuczak Ponce**, e aos amigos do CLJ **Leonardo Berta Dalla Nora** e **Luiz Henrique Natalli**.

À Universidade Federal de Santa Maria, pela excelência, e oportunidade de ter um ensino de qualidade. Também à CAPES e a FAPERGS pelo apoio financeiro.

“Para quem sonha alto, cada passo parece o primeiro. Então, esse é só o primeiro passo mais uma vez.”

Projota (2014)

“He that has eyes to see and ears to hear may convince himself that no mortal can keep a secret. If his lips are silent, he chatters with his fingertips; betrayal oozes out of him at every pore.”

Sigmund Freud

RESUMO

ZONEAMENTO DE RISCO À INUNDAÇÃO DE DOM PEDRITO-RS

AUTOR: WELLERSON PESSOTTO

ORIENTADORA: ANDREA VALLI NUMMER

COORIENTADOR: JOSÉ LEONARDO SOUZA CASTILHO

O Município de Dom Pedrito situa-se na Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul e possui uma população de 38.898 habitantes, sendo que 90% residem na área urbana. O perímetro urbano de Dom Pedrito está situado à margem direita do Rio Santa Maria e, 25,6% da cidade é atingida por eventos de inundação. Essa região é ocupada por edificações com diferentes usos como residências, comércio e serviços, que somam prejuízos a cada inundação. Esta pesquisa, portanto, tem como objetivo geral elaborar um Zoneamento de Risco das inundações para a zona urbana de Dom Pedrito-RS, o que poderá auxiliar o poder público no planejamento urbano e no que se refere a gestão e gerenciamento destes eventos. Os procedimentos metodológicos para a elaboração desta investigação compreendem: elaboração de um referencial teórico para embasar e sustentar os procedimentos adotados e auxiliar a caracterizar a área de estudo; e o levantamento de documentos da Defesa Civil sobre os eventos de inundação no município, no período de 1942 a 2019. Logo, para gerar o Mapa de Perigo, foram utilizados os cálculos de Tempo de Retorno (TR) dos eventos, que adotou os Tempos de Retornos (TR) <1 ano, 5, 25 e 75 anos. Para delimitar o perímetro suscetível à inundação, foi utilizado o TR 75 anos, juntamente com a realização de um levantamento topográfico para criação de uma Modelo Digital do Terreno (MDT), trazendo precisão aos resultados. A Vulnerabilidade Social foi avaliada considerando as seguintes variáveis: tamanho da edificação, número de pavimentos, material, estado de conservação da edificação, estado de conservação das aberturas, edificação elevada, esgoto ao céu aberto, lixo acumulado e reprodução do rural. À cada variável foi atribuída uma nota e pesos, considerando seu grau de importância, o que originou o Mapa de Vulnerabilidade Social. A elaboração do Mapa de Zoneamento do Risco foi obtida a partir do cruzamento espacial dos dados de Perigo e Vulnerabilidade Social, em que se obteve quatro graus de risco: muito alto, alto, médio e baixo. Os bairros Getúlio Vargas, Santa Maria e Sagrada Face encontram-se em Perigo Muito Alto e Alto. Com base no Mapa de Zoneamento de Risco foram propostas algumas medidas para erradicar ou minimizar a ameaça de inundação, como: diques de contenção, reflorestamento nas margens dos rios, educação ambiental, medidas de apoio à população, juntamente com outras ações complementares. Todas foram divididas em três classes considerando o tempo para sua implementação: curto, médio e longo prazo.

Palavras-chave: Inundação, vulnerabilidade, risco.

ABSTRACT

RISK ZONING TO THE FLOOD OF DOM PEDRITO-RS

AUTHOR: WELLERSON PESSOTTO
ADVISOR: ANDREA VALLI NUMMER
COADVISOR: JOSÉ LEONARDO SOUZA CASTILHO

The city of Dom Pedrito is placed on the West border of the Rio Grande do Sul state and has a population of 38.898 inhabitants, with 90% living in the urban area. The Dom Pedrito urban perimeter is placed at the right margin of the Santa Maria River and, 25,6% of the city is affected by flood events. This region is occupied by edifications with different purposes, like living, trade, and services, which at each event of flood are harmed. Therefore, this research has the general purpose of mapping the risk zones of floods in the urban area of Dom Pedrito-RS, which may help the government to manage these events and plan the urban area. The methodology procedures to elaborate this research lies on: build a theoretic reference, to ground and sustain the held procedures and help to characterize the study field, and also to make a document survey from the Civil Defense about the events of flood in the city in the period from 1942 to 2019. Thus, to elaborate the risk map, it was used the return time (RT) calculus of the events, which adopted the return times (RT) <1 year, 5, 25 and 75 years. To delimitate the flood susceptible perimeter, it was used the 75 years RT, along with the topographic survey realization to create a Land Digital Model (LDM), bringing precision to the results. The social vulnerability was assessed considering the following variables: edification size, number of floors, material, edification conservation state, apertures conservation state, elevated edifications, open sewer, accumulated garbage, and the rural reproduction. For each variable was attributed a grade and weight considering the level of importance, which lead to a social vulnerability map. The construction of the risk zones maps was obtained through space crossing of danger and social vulnerability data, which yielded in four degrees of risk: very high, high, medium and low. The Getúlio Vargas, Santa Maria, and Sagrada Face neighborhoods find themselves in high and very high danger. Based on the risk zone map were proposed some measures to minimize or eradicate the flood threat, as containment dikes, reforestation of the riverside, environmental education, population support measures, together with other complementary actions. All of these measures were divided into three classes, considering the time for its implementation: short, medium and long term.

Keywords: Floods, Vulnerability, Risk.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	– Sequência cíclica do gerenciamento de desastres	49
Figura 2.2	– Diferença entre enchentes e inundações.....	51
Figura 2.3	– Diferença entre enchentes, inundações e alagamento.....	51
Figura 2.4	– Esquema com tipos de inundação.....	53
Figura 3.1	– Localização de Dom Pedrito dentro da BHRSM	60
Figura 3.2	– Mapa de localização de Dom Pedrito-RS.....	61
Figura 3.3	– Imagem de satélite Praça General Osório e Avenidas Rio Branco e Barão do Upacarai.....	64
Figura 4.1	– Fluxograma metodológico.....	68
Figura 4.2	– Coleta de pontos altimétricos com GPS de precisão.....	73
Figura 4.3	– Pontos coletados em campo.....	73
Figura 4.4	– Processamento de dados para criação de MDT.....	74
Figura 4.5	– Metodologia para caracterização de cada face da quadra	76
Figura 4.6	– Nomenclatura utilizada na organização dos pontos coletados	77
Figura 4.7	– Classificação conforme tamanho da edificação.....	80
Figura 4.8	– Classificação conforme número de pavimentos.....	80
Figura 4.9	– Classificação conforme material da edificação	80
Figura 4.10	– Classificação conforme estado de conservação da edificação	81
Figura 4.11	– Classificação conforme ao seu nível de elevação	81
Figura 4.12	– Classificação conforme lixo acumulado, esgoto ao céu aberto e reprodução do rural.....	82
Figura 4.13	– Caderneta de campo.....	83
Figura 4.14	– Metodologia para criação de propostas para gestão e gerenciamento de risco.....	86
Figura 5.1	– Censos demográficos 1970 - 1980 (FEE, 2018).....	90
Figura 5.2	– Censos demográficos 1991 - 2000 (FEE, 2018).....	91
Figura 5.3	– Censo demográfico de 2010 (FEE, 2018).....	92
Figura 5.4	– Evolução temporal da mancha urbana de Dom Pedrito-RS.....	93
Figura 5.5	– Meses com maior ocorrência de inundação no período analisado.....	94
Figura 5.6	– Série histórica com registro de todos eventos ocorridos em Dom Pedrito-RS.....	96
Figura 5.7	– Gráficos com funções Exponencial com 2 termos, Fourier com 5 termos, Polinômio com 6 termos e Potência com 2 termos pelo aplicativo MATLAB [®]	98
Figura 5.8	– Cotas correspondentes aos TR escolhidos para pesquisa	100
Figura 5.9	– Mapa com Tempos de Retornos e sua área de abrangência.....	101
Figura 5.10	– Modelo Digital do Terreno e Curvas de Nível	102
Figura 5.11	– Mapa de Suscetibilidade.....	104

Figura 5.12 – Correção da área de risco com cota de 130 metros corrigida através de MDT	105
Figura 5.13 – Mancha Urbana	107
Figura 5.14 – Mapa de Perigo.....	108
Figura 5.15 – Mapa de Vulnerabilidade Social	111
Figura 5.16 – Mapa de Risco.....	113
Figura 5.17 – Propostas e ações para gestão e gerenciamento de risco.....	115
Figura 5.18 – Implantação perspectiva.....	120
Figura 5.19 – Implantação da proposta do parque linear e sua conectividade com a cidade	121
Figura 5.20 – Ligação entre o parque e a cidade através do dique e ciclovias	122

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	– Classificação de perigos naturais conforme sua origem, baseado em (ONU, 2004).....	34
Tabela 2.2	– Conceito de vulnerabilidade ao longo do tempo.....	37
Tabela 2.3	– Conceitos para compreender a vulnerabilidade urbana.....	39
Tabela 2.4	– Características que influenciam a Vulnerabilidade Social.....	40
Tabela 2.5	– Comparativo entre terremotos no Chile e no Haiti.....	45
Tabela 2.6	– Exemplos de medidas estruturais.....	56
Tabela 2.7	– Exemplos de medidas não estruturais.....	57
Tabela 3.1	– Área territorial e densidade demográfica dos municípios da Microrregião da Campanha Meridional (FEE, 2018).....	62
Tabela 3.2	– Produto Interno Bruto dos Municípios - 2015 (VAB agropecuária - Rio Grande do Sul) (FEE, 2018).....	62
Tabela 3.3	– PIB Municipal 2015 Dom Pedrito-RS (FEE, 2018).	63
Tabela 4.1	– Graus de perigo conforme Tempo de Retorno.....	75
Tabela 4.2	– Variáveis selecionadas para avaliação de Vulnerabilidade Social.....	78
Tabela 4.3	– Pesos e notas para Mapeamento de Vulnerabilidade Social.....	79
Tabela 4.4	– Graus de Vulnerabilidade Social conforme notas.....	83
Tabela 4.5	– Ilustração de método para criação do Zoneamento de Risco.....	85
Tabela 5.1	– Ranking das 10 maiores inundações no perímetro urbano de Dom Pedrito-RS.....	95
Tabela 5.2	– Dados obtidos através do aplicativo <i>Microsoft Office Excel</i> para cálculo do TR.....	97
Tabela 5.3	– Diferença entre amostra e TR estimado.....	99
Tabela 5.4	– Quantificação das áreas do Mapeamento de Suscetibilidade à inundação de Dom Pedrito-RS.....	105
Tabela 5.5	– Quantificação das áreas de perigo á inundação de Dom Pedrito-RS ...	106
Tabela 5.6	– Quantificação das áreas do Mapeamento de Vulnerabilidade Social à inundação de Dom Pedrito-RS.....	110
Tabela 5.7	– Quantificação das áreas do Mapeamento de Risco à inundação de Dom Pedrito-RS.....	112

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
S2ID	Sistema Integrado de Informações sobre Desastres
UN-ISDR	International Strategy for Disaster Reduction
LAGEOLAM	Laboratório de Geologia Ambiental
ONU	Organização das Nações Unidas
TR	Tempo de Retorno
SIG	Sistema de Informações Geográficas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IV	Índice de Vulnerabilidade
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano do Município
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
MDT	Modelo Digital do Terreno
MCM	Microrregião da Campanha Meridional
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
COREDE	Conselho Regional de Desenvolvimento
BHRSM	Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria
ZEIS	Zona Especial de Interesse Social
PIB	Produto Interno Bruto
VAB	Valor Adicionado Bruto
LABGEO	Laboratório de Geoprocessamento
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
URCAMP	Universidade da Região da Campanha
PPGAUP	Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo
ANA	Agência Nacional das Águas
IPH	Instituto de Pesquisas Hidráulicas
MDT	Modelo Digital do Terreno
FEE	Fundação de Economia e Estatísticas
APP	Área de Preservação Permanente
PPGEO	Programa de Pós-Graduação em Geografia
PPGEE	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	23
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	29
2.1 DESASTRES NATURAIS	29
2.1.1 Risco	31
2.1.2 Suscetibilidade	32
2.1.3 Perigo	33
2.1.4 Vulnerabilidade Social	35
2.2 RESILIÊNCIA, GESTÃO E GERENCIAMENTO	45
2.2.1 Gestão e gerenciamento de riscos	48
2.3 CONCEITOS: INUNDAÇÕES, ENCHENTES E ALAGAMENTOS	50
2.3.1 Conceituando Inundações	52
2.4 MITIGAÇÃO E MEDIDAS DE CONTROLE	54
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	59
3.1 HISTÓRICO E URBANIZAÇÃO	63
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	67
4.1 PRIMEIRA ETAPA	68
4.1.1 Procedimento de Laboratório 1	69
4.1.2 Procedimento de Campo 1	69
4.2 SEGUNDA ETAPA	70
4.2.1 Procedimento de Laboratório 2	70
4.2.2 Procedimento de Campo 2	72
4.2.3 Procedimento de Laboratório 3	74
4.2.4 Procedimento de Campo 3	82
4.2.5 Procedimento de Laboratório 4	83
4.3 TERCEIRA ETAPA	84
4.3.1 Procedimento de Campo 4	84
4.3.2 Procedimento de Laboratório 5	84
4.4 MATERIAIS	86
5 RESULTADOS	89
5.1 A INFLUÊNCIA DO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO NO RISCO À INUNDAÇÃO	89
5.2 HISTÓRICO DE INUNDAÇÕES	92
5.3 TEMPO DE RETORNO DAS INUNDAÇÕES	96
5.4 MAPA DE SUSCETIBILIDADE	101

5.5 MAPA DE PERIGO	106
5.6 MAPA DE VULNERABILIDADE SOCIAL	109
5.7 ZONEAMENTO DE RISCO	112
5.8 PROPOSTAS DE MEDIDAS PARA GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RISCO	114
5.8.1 Estratégias para escolha de medidas	114
<i>5.8.1.1 Curto Prazo</i>	116
<i>5.8.1.2 Médio Prazo</i>	117
<i>5.8.1.3 Longo Prazo</i>	118
5.8.2 Parque Linear Ponche Verde	120
6 CONCLUSÃO	123
REFERÊNCIAS	127
APÊNDICES	137

1 INTRODUÇÃO

Investindo no desenvolvimento industrial, desde meados de 1930, o Brasil consolida um modelo de desenvolvimento em que o homem do campo busca nas cidades uma qualidade de vida melhor (FRANCO; BONDUKI, 2016). Para Santos (2018) isso reflete numa desigualdade social, que engendra a desvalorização daqueles que vivem no campo, em função da péssima qualidade de vida.

Este modelo econômico e social do Brasil tem consequências diretas na problemática habitacional, transformando em alternativa de moradia as ocupações irregulares, formando núcleos de subabitação e de segregação territorial. Essa apropriação de áreas não adequadas ao uso habitacional, equivalentes à situação de risco aos moradores e degradação ambiental, feita de forma espontânea e desordenada, resulta na chamada “cidade informal”, influenciando negativamente no desenvolvimento urbano de uma cidade. (SANTOS, 2018, p. 46)

A ocupação de áreas de risco pela população carente deu origem a problemas que são de difícil solução, pois, as políticas públicas não têm dado conta de prevenir o risco ou diminuir a vulnerabilidade das pessoas. Veyret (2005), explica que as ações para redução do risco não dão a mesma visibilidade ao gestor público, ao contrário do que as ações de atendimento emergenciais que geram uma grande exposição na mídia.

Há uma tendência mundial no tocante ao aumento nos registros de desastres naturais desde 1970. Conforme Tominaga, Santoro e Amaral (2009), o número de desastres naturais no Brasil que antes era 50, em 2008 passou a 350, sendo que no ano de 2005 esse número chegou em 500 registros.

Da mesma forma, as populações em áreas de risco têm apresentado uma crescente. Para Tominaga, Santoro e Amaral (2009), 70 a 80 milhões de pessoas vivem nessas áreas, contudo, os autores destacam que mais de 90% dessa população está em países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, onde há menos possibilidades de recursos econômicos e maior exposição aos desastres.

O Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (CEPED/UFSC, 2013a) destaca o aumento dos registros de desastres na década de 2000, no Brasil. Os autores da pesquisa ainda apontam que no período de 1991 a 2012 ocorreram 38.996 registros, sendo que 21.741 (56%) desses foram na década 2000, e 8.740 (22%) nos anos de 2010, 2011 e 2012. Sendo assim, para os autores, não se pode afirmar que os desastres aumentaram 78% nos últimos 13 anos, pelo fato que a Defesa Civil não dispunha antigamente de um sistema para atualização destes dados. Dessa forma é apenas possível afirmar que os eventos estão em potencial crescimento e também que o compromisso governamental em registrar, aumentou.

Os principais eventos que ocasionam desastres no Brasil estão relacionados a dinâmica externa da terra, tais como: inundações e enchentes, escorregamentos de solos e/ou rochas e tempestades (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009).

Como o tema desta dissertação são as inundações ocorridas no município de Dom Pedrito-RS, e o risco associado, cabe apontar alguns dados referente a esse tipo de ocorrência no âmbito do Brasil e Rio Grande do Sul. Destaca-se que esse é o segundo tipo de evento que mais ocorreu no país entre 1991 e 2012, conforme CEPED/UFSC (2013a), sendo o primeiro, a estiagem.

No Brasil foram registradas, oficialmente, 4.961 inundações, entre os anos de 1991 e 2012. Segundo CEPED/UFSC (2013a) a região sul é a terceira com maior incidência, totalizando 22% total do país, onde a região sudeste é a maior com 34%. Assim, o número de pessoas expostas à desastres hidrológicos (inclusos alagamentos), no Brasil, é superior a 4,1 milhões. Aimon (2017) comenta que devido à abundância de recursos hídricos no Brasil, não há um município que não tenha áreas suscetíveis à inundações. Para Collins (2004 apud AIMON, 2017) mais de 29 milhões de brasileiros residem em área suscetíveis às inundações.

No estado do Rio Grande do Sul, há 413 registros oficiais de inundações entre o período de 1991 e 2012 (CEPED/UFSC, 2013b), atualizando estes dados conforme o Sistema Integrado de Informações sobre desastres (BRASIL, 2019), entre 1991 e 2018 ocorreram 521 registros. Ainda conforme os autores supracitados, quase metade dos municípios gaúchos foram atingidos por inundações durante o período avaliado (1991 - 2012). Destaca-se que os municípios de Dom Pedrito e de Estrela foram os mais afetados, ambos com oito inundações registradas. Na sequência, seguem os municípios de Quaraí e São Jerônimo, atingidos por seis inundações cada.

Respectivamente 1992, 2009, 2010 e 2002 foram os anos com maior incidência de inundações no Estado, totalizando 279 registros (67,55%). Grimm, Ferraz e Gomes (1998) salientam que no ano de 1992 onde houve 85 registros, a região Sul do Brasil esteve sob influência do fenômeno El Niño, onde as chuvas são abundantes e acima da média.

Nesse mesmo período analisado pelo Atlas Brasileiro de Desastre Naturais (CEPED/UFSC, 2013b), destaca-se que o número de pessoas afetadas por inundações no Estado ultrapassa os 800 mil, sendo que, entre os danos causados, foram registrados oficialmente, 16 óbitos, 375 feridos, 884 enfermos, 27.541 desabrigados, 89.733 desalojados e 10.672 pessoas atingidas por outros tipos de prejuízos.

Os danos causados ao ser humano e ao patrimônio são imensuráveis. Desta forma, se faz cada vez mais necessário, realizar estudos e propor ferramentas públicas para diminuição das perdas oriundas de desastres naturais. Porém, normalmente estudos referente a estes eventos são voltados as grandes cidades. Entretanto, é importante considerar que as metrópoles são modelos de urbanização acelerada, e é preciso considerar que esse processo ocorreu também em cidades médias e pequenas (BARRETO; FONTOURA, 2011).

O município de Dom Pedrito, no Rio Grande do Sul, tem como barreira natural as inundações do Rio Santa Maria, que atingem áreas ocupadas por construções notadamente ao oeste e a sul dos atuais limites urbanos. As inundações impedem a ocupação de uma extensa faixa de terras entre a cidade e o rio. Esses eventos estão presentes nas vidas dos Pedritenses, sendo que o sítio urbano teve sua mudança de localização devido às inundações.

Com a expansão urbana ocorrida no município nas últimas décadas, áreas inundadas pelo Rio Santa Maria foram ocupadas, principalmente por famílias oriundas do interior, caracterizando o que Lavell (1999) denomina como “cidade informal”, fazendo com que os administradores busquem soluções para essa situação. Castilho (2004) comenta que pelo fato de não possuir alagadiços permanentes, outros usos foram atribuídos as edificações, sendo esses comércio e serviços, o que acaba acarretando mais prejuízos a cada inundação.

Devido a recorrência de eventos de inundações no município, houve o interesse pela pesquisas e planos de gestão desses desastres, com o propósito de identificar e delimitar a área de abrangência desses eventos. Em 2004, no Programa de Pós-Graduação em Geomática da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), o arquiteto José Leonardo Souza Castilho, em sua dissertação, fez um estudo sobre a aplicação de técnicas de Geoprocessamento avaliando as áreas de risco na zona urbana de Dom Pedrito, abordando conceitos e métodos que disponibilizassem informações para que a administração municipal pudesse ter ações que trouxessem benefícios às famílias localizadas nessas áreas.

Na sequência do trabalho de Castilho (2004), a administração municipal buscou um projeto para definir a área de risco. Com o histórico de inundações e perdas a que o município tem sido afetado, ele acabou se encaixando no Programa do Governo Federal de Gestão de Riscos e Respostas a Desastres Naturais. A partir de então foi realizada a “Ação Emergencial para Delimitação de Áreas em Alto e Muito Alto Risco a Enchentes e Movimentos de Massa”, executada pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) em 2011, e pelo Grupamento de Bombeiros da 2^o Seção de Combate a Incêndio da Brigada Militar. A avaliação de risco à inundação em Dom Pedrito apontou que 25% do perímetro urbano do município está sujeita a esse tipo de evento.

Esta área de inundação é formada pelos bairros Santa Maria, Sagrada Face, São Gregório e uma pequena porção do Getúlio Vargas. Considerando os dados expostos acima, o setor delimitado como de risco está sujeito a cheia e inundação sazonal, que é condicionada pelo regime de chuvas que ocorrem na bacia hidrográfica do Rio Santa Maria.

Posterior à esta “Ação Emergencial” realizada em Dom Pedrito, a administração municipal, em seu plano diretor, como iniciativa para gestão de risco, no capítulo referente ao, Modelo Territorial Urbano, em seu Art. 23, inciso IV, determina a contenção da ocupação de parcelas nos territórios mais vulneráveis às enchentes.

Para o cumprimento deste quesito, mas, também de todos, em seu Art.24 o plano diretor estabelece a divisão da Área Urbana em Macrozonas, Corredores e Zonas Especiais, constituindo-se em unidades territoriais de planejamento para Dom Pedrito.

Os registros mais recentes, apontam oito inundações entre 1991 e 2012, contudo, conforme dados obtidos no trabalho de Castilho (2004) as inundações ocorreram anteriormente a essas datas, tendo dentre as maiores, a registrada no ano de 1959. Não obstante, aponta-se a existência de registros desde 1942. Tais inundações causam perdas econômicas e sociais. Somente no ano de 2017, foram registradas cinco inundações, sendo que a maior dessas, ocorreu no dia 13 de agosto e deixou desabrigadas mais de 2 mil pessoas.

Em 2018, a prefeitura de Dom Pedrito protocolou, no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S21D), do Ministério da Integração Nacional uma solicitação de verba pública para a realocação de 40 unidades habitacionais situadas em áreas de risco de inundações, e atingidas pelo evento ocorrido em 13 de agosto de 2017. A solicitação foi indeferida pelo Secretário Nacional de Proteção e Defesa Civil, o qual alegou: “que de fato se teve impressão de que, como tantas outras cidades, Dom Pedrito cresceu nas proximidades de um rio. Além disso, dada a disposição da cidade, a concentração de ocupação urbana na área mapeada como suscetível a inundações, parece difícil de ser desocupada, e talvez nem seja a medida mais adequada, porém isso só pode ser afirmado após estudos técnicos, sociais e econômicos aprofundados.”

Vale ressaltar que a Portaria Interministerial MI/MCID nº 1/2013, normativa que regulamenta a demanda habitacional proveniente de desastres, dispõem que é necessária a remoção de todos os imóveis das famílias que se encontram na área de risco e a reurbanização da área afetada pelo desastre.

Assim sendo, um estudo que estabeleça um Zoneamento de Risco, apontando prioridades e soluções para população envolvida se mostra fundamental, neste momento, para o município e seus gestores. Isso porque, o trabalho realizado pela CPRM não hierarquizou, apenas delimitou a área de risco, como um todo.

O estudo que se propõe nesta dissertação adquire importância na medida em que poderá auxiliar a administração municipal a definir um Zoneamento de Risco voltado a soluções específicas das comunidades localizadas nessas áreas, utilizando Mapas de Suscetibilidade, Perigo e Vulnerabilidade Social, possibilitando a criação de ações para auxiliar a gestão e gerenciamento desses eventos.

Desta forma, tem-se como objetivo geral desta pesquisa a elaboração de um Zoneamento de Risco as inundações para a zona urbana de Dom Pedrito-RS, que poderá auxiliar o poder público no planejamento urbano e no que se refere a gestão e ao gerenciamento destes eventos.

Para que o objetivo geral seja alcançado com êxito, o presente estudo busca atender os seguintes objetivos específicos:

- Organizar um inventário de inundações em Dom Pedrito-RS, estimando o Tempo de Retorno no período;
- Análise temporal da mancha urbana;
- Delimitar áreas suscetíveis à inundação e de perigo;
- Definir a vulnerabilidade social da população em área de perigo à inundação;
- Apontar medidas de gestão e gerenciamento de risco que visem mitigar as inundações, considerando os graus de risco obtidos a partir desta pesquisa.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Estudos sobre risco exigem uma revisão de conceitos que são fundamentais para a compreensão dessa temática. Assim, este capítulo irá abordar os seguintes tópicos: desastres naturais, suscetibilidade, perigo, vulnerabilidade social, resiliência, gestão e gerenciamento de risco. Como o objetivo desta pesquisa é elaborar um Zoneamento de Risco às inundações, será apresentada uma discussão sobre os conceitos referentes a essa temática, assim como medidas de controle para esse tipo de evento natural.

2.1 DESASTRES NATURAIS

Recorrentemente abordado com destaque pela mídia e pela população, o termo “desastres naturais” se faz presente cada vez mais na vida das pessoas. O senso comum associa a expressão com terremotos, tsunamis e furacões, contudo, existem outros eventos mais localizados tais, como as inundações, que podem ocorrer naturalmente ou pela ação antrópica (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009).

Para Robaina e Trentin (2013), a temática está mais presente no cotidiano das pessoas tanto pela difusão cada vez mais rápida das informações por meios de comunicação, como pela vivência com esses fenômenos. Para os autores, os organismos governamentais têm procurado criar uma maior consciência na população acerca desse problema, dando mais enfoque à prevenção do que à mitigação do dano.

Na primeira constituição Federal do Império do Brasil, datada em 24 de março de 1824, no artigo número 179, o termo “socorro público” é utilizado para tratar questões de risco (MARTINS, 2012). Segundo o autor, na primeira Constituição Brasileira, datada de 1891, (quando já não havia mais império), o artigo de número cinco destaca, que a responsabilidade de prestar socorro aos Estados seria da União, evidenciando de forma clara que os assuntos a respeito dos desastres e/ou riscos deveriam ser documentados e tratados sob responsabilidade do governo.

Segundo Marandola Jr. e Hogan (2004) geógrafos ingleses já utilizavam o termo *natural hazards*, desde a década de 1920, muito antes de haver uma maior consciência internacional acerca da degradação ambiental do planeta.

Em 1927 o governo americano solicita ao *U.S. Corps of Enginners* (Corpo de Engenheiros dos EUA) a realização de pesquisas e proposta de soluções às inundações urbanas e rurais. Gilbert F. White, um dos mais importantes pesquisadores e difusores desse tema, assim como vários outros profissionais, participaram da pesquisa, devido a amplitude do problema e suas inúmeras variáveis envolvidas (MARANDOLA JR.; HOGAN, 2004). Conforme Marandola Jr. e Hogan (2004), no trabalho de White foi analisado o comportamento estrutural no combate a riscos. Contudo, o próprio autor conclui que

essas medidas se tornam um problema para determinados riscos, pois, as mesmas podem repassar uma falsa sensação de segurança para a população.

O conceito de desastre natural adotado no Brasil consta no Glossário da Defesa Civil Nacional (CASTRO, 1998, p.57): “resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais. A intensidade de um desastre depende da interação entre a magnitude do evento adverso e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor afetado”. Desastre portanto, no tangente as ciências naturais, é sinônimo de evento físico extremo, tornando-se marcante quando comparado com os piores eventos que já aconteceram no local (MASKREY, 1998).

Para Gilbert (1998), a conceituação referente a desastres pode ser classificada em três grupos: o desastre como um agente externo ameaçador; o desastre como expressão social da vulnerabilidade; e, por fim, o desastre como um estado de incertezas geradas pelas próprias instituições.

Conforme Wisner et al. (2003), um desastre se caracteriza quando uma população enfrenta um perigo de origem natural ou antrópica e sofre perda. Ou, ainda, quando suas atividades passam por interrupções de tal forma que não seja possível uma recuperação sem auxílios externos. Para o autor, desastres se originam da combinação entre a atividade humana e dos perigos naturais. Corroborando isso, Tominaga, Santoro e Amaral (2009) abordam a conceituação apresentada pela International Strategy for Disaster Reduction - UN-ISDR (2009), que conceitua os desastres como uma interferência na vivência de uma comunidade, resultando em danos materiais e perda de vidas.

Para Prina (2015), o termo “desastres naturais”, no que tange a inundações, é considerado pela população como algo “comum”, pois sua ocorrência se dá por uma causa natural (chuvas), já o “desastre”, por haver população vulnerável habitando nessas áreas.

Outra vertente de estudiosos sobre a temática utiliza o termo “Desastre Socioambiental”. Grazia et al. (2001), definem um espaço socioambiental o local no qual vive e se articula indissolavelmente sociedade e meio ambiente. Para Jacobi (2004), desastres socioambientais compreendem situações de risco ambiental urbano que, conforme as circunstâncias, podem vir a trazer danos diretos à saúde, ao conforto, à qualidade de vida e ao patrimônio de uma sociedade.

Compreender o desastre como um evento, como um agente externo ameaçador, como algo conjuntural, seria muito mais viável do que considerá-lo como um processo social complexo e dinâmico. Outra implicação de abordá-lo como um evento estaria evidenciada na forma com que as organizações passam a defini-lo dentro de um mecanismo que visa sua autopreservação: a ênfase dada por elas não se remete à possibilidade de considerar as soluções mais adequadas para os problemas surgidos, mas sim à aplicação de soluções existentes na própria instituição de emergência. Assim, os problemas passariam a ser definidos de acordo com as soluções que tivessem em seu poder. O foco não estaria na realidade do desastre como um todo, mas sim na ênfase de aspectos dessa realidade que pudessem ser abarcados pela capacidade institucional de lhes prover soluções (MARCHEZINI, 2009, p. 51).

Os piores indicadores socioeconômicos são derivados de populações vulneráveis, habitando em zonas suscetíveis a processos de inundações e deslizamento de terra, pois, para o autor, estes desastres “socioambientais” se expressam a justaposição de problemas sociais e ambientais (LONDE et al., 2018).

Entende-se que todos autores estudados caracterizam desastres como uma ação de ordem natural ou antrópica, causando danos sociais e econômicos à determinada sociedade. Uma vez que o objetivo do presente trabalho é tratar do evento específico, sendo este, inundação, será adotado o termo “Desastre Natural”, entendendo que a origem do mesmo é de classe natural.

Na sequência, serão abordados conceitos importantes nos estudos de desastres naturais na quantificação do risco, como: suscetibilidade, perigo e vulnerabilidade.

2.1.1 Risco

Lavell (1999) caracteriza risco como a probabilidade de danos e perdas, estando intrinsecamente envolvido com outros dois conceitos: ameaças (perigo) e vulnerabilidade.

Para Coelho (2003), as cidades tiveram seu início nas margens dos rios, mas com a incidência de inundações, as classes médias e altas se afastaram destas áreas. Contudo a classe pobre permaneceu nesses espaços de riscos, sendo essas as pessoas que mais sofrem com esses processos.

Para Bertone e Marinho (2013, p. 7), “determinada população está em condição de risco quando ocupa um terreno suscetível a desastres, dada a condição geológica-geotécnica propícia, e de modo frágil, conforme o padrão construtivo das edificações, tornando-se, assim, vulnerável”. Fortalecendo este pensamento, Oliveira (2014) complementa que em países subdesenvolvidos as áreas de riscos se apresentam como um problema para as classes mais pobres, criando grupos segregados no espaço urbano que devido a sua renda diferenciada dos demais, acabam habitando terrenos com alta suscetibilidade aos processos superficiais.

Entretanto, há casos em que a população assume o risco de permanecer em um lugar suscetível por questões culturais, familiares, entre outras, isso é chamado de risco admitido, pois, mesmo tendo conhecimento do evento que possa ocorrer e, como consequência, perdas, as pessoas continuam resistindo a mudanças. Ademais, para Robaina (2013) as áreas de risco possuem elementos históricos, característicos do desenvolvimento e processo de ocupação, sendo esses oriundos das relações entre elementos naturais e sociais, permeadas pelo tempo e concretizadas no espaço.

A posteriori, deve-se encontrar métodos que possam mensurar essa propensão a risco de uma determinada área e/ou comunidade. Neste trabalho será utilizado método descrito pela equação 2.1 apresentada por Nogueira (2006, p.29), em que o autor, baseado em ONU (2004), procurou indicar que o impacto do evento se dá conforme as características das variáveis, dependendo da probabilidade e intensidade do perigo, bem como, das condições físicas, sociais, econômicas e ambientais dos elementos expostos.

Em seu trabalho no Guia para elaboração de políticas municipais do Ministério das Cidades/Cities Alliance do Ministério das Cidades, Nogueira (2006, p.29) apresenta o risco como a probabilidade de ocorrer algum dano para determinada população, expressada na seguinte equação:

$$R = P(fA) \times C(fV)g^{-1} \quad (2.1)$$

Um determinado nível de risco **R** representa a convolução da possibilidade ou probabilidade **P** de ocorrer um fenômeno físico **A**, em local e intervalo de tempo específicos e com características determinadas (localização, dimensões, processos e materiais envolvidos, velocidade e trajetória), causando consequências **C** (às pessoas, bens e/ou ao meio ambiente), em função da vulnerabilidade **V** (indicativa da suscetibilidade e do nível de resiliência dos elementos expostos), podendo ser modificado pelo grau de gerenciamento **g**, existente ou passível de ser implantado (NOGUEIRA, 2006, p.29).

Conforme o autor, mesmo complexa, a fórmula é de grande valia quando se tem como objetivo a gestão de riscos. Justifica-se que em estudos já realizados, esse foi o método aplicado por pesquisadores para avaliação de diferentes níveis de risco, sendo usado nos trabalhos de Prina (2015), Aimon (2017) e Menezes (2018), também empregada para análises de risco do grupo de pesquisa do Laboratório de Geologia Ambiental (LAGEOLAM) da UFSM.

2.1.2 Suscetibilidade

Uma variável importante para análise de inundações, a suscetibilidade é a base inicial para caracterização do risco. Prina (2015) atenta que o mapeamento de áreas

suscetíveis é de fundamental importância para diminuição dos problemas, sendo um dado relevante para tomadas de decisão do poder público.

Para Tominaga (2007) a suscetibilidade corresponde a probabilidade de um evento ocorrer em uma determinada área sem danos, já o perigo ocorre se esse evento ocorrer com consequências sociais e econômicas.

Segundo Santos (2012) a suscetibilidade tem relação a todo e qualquer evento que gera prejuízos ao ser humano em determinado local. Para o autor e também para Prina (2015) essa análise depende muito das características físicas do local, pois, cada lugar tem suas particularidades.

Já conforme Sousa (2012), suscetibilidade é o grau de probabilidade que os atributos naturais têm em condicionar, induzir ou acelerar a ocorrência de um determinado perigo. Para o autor supracitado, aponta o comportamento hidrológico da bacia de drenagem como um dos condicionantes naturais responsáveis pela suscetibilidade ao desenvolvimento de perigos hidrometeorológicos, sendo um deles, as inundações.

2.1.3 Perigo

Para Menezes (2018), é necessário que se faça a distinção entre os eventos extremos na natureza, que não são necessariamente perigosos para as pessoas, daqueles de caráter perigoso. Os eventos naturais ocorrem de forma independente das atividades humanas e são objeto de investigação científica de meteorologistas, hidrólogos e geólogos. Por outro lado, sistema social também pode ser considerado como parte operante desses eventos. A interação dos dois cria recursos e, também, perigos.

Para Castro (1998, p. 123) a caracterização de perigo se descreve como “qualquer condição potencial ou real que pode vir a causar morte, ferimento ou dano à propriedade. A tendência moderna é substituir o termo por ameaça”.

Nas pesquisas realizadas pela geografia dos riscos, o perigo é um evento que pode causar perdas graves no local onde acontece, sendo potencializado em ambientes habitados por pessoas, por causar danos a elas. Essa forma de interpretar o perigo, usando o ser humano como centro de sua definição, devido a sua localização, ação e percepção em relação aos fenômenos naturais, resulta na definição de perigo (CASTRO, 2000).

Para ONU (2004), perigos naturais envolvem todos fenômenos físicos da terra. Os perigos podem ser divididos em duas categorias conforme sua origem, sendo considerados naturais ou tecnológicos. Por sua vez, os oriundos de atividades naturais são divididos em três categorias, como apresentado na Tabela 5.5: perigos geológicos, hidrometeorológicos e biológicos. O tema desta dissertação configura-se em perigo natural de natureza hidrometeorológica conforme classificação da ONU (2004).

Tabela 2.1 – Classificação de perigos naturais conforme sua origem, baseado em (ONU, 2004)

Perigos Geológicos	Perigos Hidrometeorológicos	Perigo biológico
Processos ou fenômenos naturais que podem ser de origem endógena ou exógena.	Processos ou fenômenos naturais de natureza atmosférica, hidrológica ou oceanográfica.	Processo de origem biológica ou aqueles transmitidos por vetores biológicos, incluindo exposição aos micro-organismos patogênicos, tóxicos e substâncias bioativas.
<ul style="list-style-type: none"> - Terremotos, tsunamis; - Atividade e emissões vulcânicas; - Movimento de massa, escorregamento, queda de blocos rochosos, liquefação; - Colapso superficial, atividade de falha geológica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Inundações/enchentes, corridas de lama/detritos; - Ciclones tropicais, tempestades matinhas, ventanias, chuvas de tempestades, nevasca, relâmpagos; - Secas, desertificação, fogo, temperaturas extremas, tempestades de areia; - <i>Permafrost</i>, avalanches. 	<ul style="list-style-type: none"> - Eclusão de doenças epidêmicas, contágios de plantas ou de animais e infestação extensivas.

Fonte: Adaptado de Tominaga, Santoro e Amaral (2009).

São considerados todos aqueles associados com acidentes tecnológicos ou industriais, como rompimento de infraestrutura ou atividade humanas que podem causar perda de vidas ou ferimentos às pessoas, danos à propriedade, rupturas socioeconômicas ou degradação ambiental. Alguns exemplos de perigos tecnológicos são: poluição industrial, radioatividade, resíduo tóxico, queda de barragens, acidentes industriais, etc (ONU, 2004).

Corroborando o que diz a ONU (2004), Nelí Pires Magnanelli (2012) conceitua perigo como um indício de ameaça às pessoas, assim como aos seus bens e cita exemplos dos tipos de perigos: naturais (terremotos, tsunamis, ciclones, etc.) e os tecnológicos (provocados por doenças químicas).

Para Prina (2015) há uma confusão no entendimento conceitual sobre perigo, principalmente em bibliografias internacionais, em que alguns autores utilizam a terminologia *hazard* para traduzir o conceito de perigo, porém, há autores que utilizam o conceito de *hazard* e perigo de forma distinta, sem um ser tradução do outro. Sendo assim, Prina (2015) conclui que a problemática para o entendimento sobre o conceito em questão está atrelada à tradução correta da palavra (do inglês para o português).

De modo geral, Prina (2015) destaca que, para analisar o perigo de inundação, é necessário avaliar o tempo de recorrência dos eventos. Tanto Ayala-Carcedo (2000) quanto Monteiro e Kobayama (2013) apontam, em suas pesquisas, que é fundamental a utilização do Tempo de Retorno (TR) das inundações como variável primordial para a caracterização do grau de perigo.

A metodologia de Tucci (1993) compreende que a escolha do Tempo de Retorno é variável, dependendo a definição de um zoneamento novo. Assim, conforme o resultado no TR, o novo zoneamento estará ligado à essa questão (a cota altimétrica).

2.1.4 Vulnerabilidade Social

Com o intuito de estudar autores que tratam sobre a temática, em prol da melhor compreensão e conceituação de vulnerabilidade, será dissertado sobre as nomenclaturas e as formas de avaliação do tema, para que a pesquisa auxilie com êxito na busca de resultados no tocante à vulnerabilidade dos moradores das áreas de suscetibilidade às inundações de Dom Pedrito.

A vulnerabilidade se relaciona com a estrutura, forma e função das cidades, bem como com as características de cada grupo social nela existente, observando individualmente seus estilos de vida (LAVELL, 1999).

Para Cunha e Dimuccio (2002) no tocante a análises teórico/conceituais, as pesquisas urbanísticas têm dado preferência a estudos sócio espaciais das cidades. Devido a desigualdade social presente no mundo contemporâneo, tem-se utilizado, nesses estudos, o termo “segregação espacial da população de baixa renda”.

Conforme Cunha e Taveira (2011), no Brasil, há uma maior propensão em se estudar os processos de perigo ao invés de como a sociedade os recebe, lhes resiste ou deles se recupera. Deste modo, eles ressaltam que os termos risco, suscetibilidade e perigos, continuam sendo mais pesquisados que a vulnerabilidade.

Segundo Zuquette (1993), vulnerabilidade consiste em uma característica particular de um sistema exposto a algum evento perigoso, apresentando sua fragilidade em ser afetado e haver danos. Na mesma linha de pensamento Veyret (2005) usa o termo “alvo”, onde descreve que esse é formado por elementos ou sistemas sob ameaça à eventos de natureza variada, onde estes elementos estão suscetíveis a sofrer perdas.

O conceito atribuído pela UN-ISDR (2009), se assemelha ao de Veyret (2005), em que a vulnerabilidade é caracterizada como a tendência de uma sociedade exposta a algum perigo, sofrer perdas que alterem suas características físicas, sociais, políticas, econômicas, culturais e institucionais.

Considerando a inúmeras áreas que estudam as relações sociedade-natureza, Adger (2006) enfatizou a predominância de duas linhas teóricas na tentativa de conceituar a vulnerabilidade: uma, trata da vulnerabilidade social, com ênfase nas questões relacionadas à pobreza, enquanto, a outra, se refere à vulnerabilidade de sistemas socioecológicos.

Cutter (2011) descreve vulnerabilidade como sendo um potencial para perda, incluindo elementos expostos ao risco (dadas as especificidades que levaram o local ou a

população a isso), ou propensão (dadas as condições que aumentam ou reduzem a capacidade da população responder a um evento).

Para Cunha e Taveira (2011), o conceito de vulnerabilidade é complexo, envolvendo em, uma face, as pessoas e os bens, e, em outra, o grau de resistência e resiliência de uma população exposta a algum tipo de evento que produzirá danos, sendo chamada, assim, de vulnerabilidade social.

Para Feitosa e Monteiro (2012) a multidimensionalidade e flexibilidade do conceito de vulnerabilidade, que tem sido utilizado por diferentes pesquisas e para diferentes propósitos, o posicionam como uma definição mediadora. Para os autores, citando Mollinga (2008), conceitos mediadores são palavras que operam como concepções em diferentes disciplinas ou perspectivas, referindo-se ao mesmo objeto, fenômeno, processo ou estado, mas com significados distintos em cada uma das áreas. Ainda conforme os autores, a diversidade de significados que comumente se configura como problemática, é também o que revela a riqueza do conceito e potencializa seu uso como um mediador.

Autores como Feitosa et al. (2012), utilizam o termo “Vulnerabilidade Social”, semelhante ao utilizado por Ribeiro (1995) e Busso (2001). Para os autores, vulnerabilidade social tem suas próprias particularidades e características distintas a outros enfoques, sendo entendida como o resultado de um processo natural no desenvolvimento de uma sociedade. O conceito aplicado pelos autores segue o mesmo pensamento dos demais acerca do tema vulnerabilidade. A inserção da palavra “social” ocorre como explica Ribeiro (1995, p. 29): “é resultante do processo de articulação entre o sistema social e o ambiente construído, os riscos evidenciam fatores de exposição das sociedades aos desastres, isto é, as suas vulnerabilidades sociais. De acordo com Cunha et al. (2004):

Um dos consensos sobre o conceito de vulnerabilidade social é de que o mesmo apresenta um caráter multifacetado, abrangendo várias dimensões, a partir das quais é possível identificar situações de vulnerabilidade dos indivíduos, famílias ou comunidades (CUNHA et al., 2004, p. 4)

Conforme os mesmos autores, as dimensões das questões de vulnerabilidade estão relacionadas com as características próprias dos indivíduos e com o meio onde estão inseridos. Para autores como Zuquette (1993), Veyret (2005) e Cutter (2011), a aptidão para reagir perante situações de riscos e constrangimento é essencial para a caracterização e avaliação da vulnerabilidade.

Segundo Chardon (2008), o tema da vulnerabilidade das sociedades urbanas expostas a perigos de origem natural, pertencem na atualidade a um conjunto de temáticas complexas. Já que corresponde a um sistema de fatores multidisciplinares, o que dificulta, portanto, a formulação da problemática e, conseqüentemente, sua resolução. De acordo com a autora, esse problema se torna mais complexo nos países em desenvolvimento, onde os fatores não estruturais e pouco conhecidos, pertencentes ao campo social,

cultural, político e institucional, são os principais agentes da criação de uma situação vulnerável.

Chardon (2008) resume, na Tabela 2.2, a evolução do conceito de vulnerabilidade ao longo das décadas de 80, 90 e 2000, considerando o seu alto nível de complexabilidade.

Tabela 2.2 – Conceito de vulnerabilidade ao longo do tempo

	DÉCADA DE 80	DÉCADA DE 90	DÉCADA 2000
Não se concebe a vulnerabilidade	Se consideram vários tipos de vulnerabilidade sem se relacionar entre si	A vulnerabilidade como o resultado de um processo	A vulnerabilidade em um sistema complexo gerado por processos que interveem sobre fatores da vulnerabilidade
As reflexões se focam exclusivamente para ameaça natural	Anderson e Woodrow (1989): Vulnerabilidade do tipo físico-material, social-organizacional, e motivacional-atitudinal.	Ratick (1994): Vulnerabilidade gerada pela exposição, resistência, resiliência, recuperação, aprendizagem e adaptação.	Chardon (2002): A vulnerabilidade é um sistema complexo gerado por processos que interveem sobre fatores de vulnerabilidade físico-naturais, socioeconômicos, técnicos, políticos-institucionais e funcionais.
	Wilches Caux(1989): Vulnerabilidade do tipo física, econômica, social, política, técnica, ideológica, cultural, educativa, ecológica e institucional.	Blaikie et al. (1996): Vulnerabilidade causada por pressões dinâmicas e condições inseguras.	
		Cardona (2001) e Turner (2003): A vulnerabilidade depende da exposição, fragilidade social, e falta de resiliência	

Fonte: Adaptado de Chardon (2008).

Conforme a autora, anterior a década de 80, autores como White (1961) e Quarantelli (1968), por exemplo, passaram a relacionar a percepção do perigo e vulnerabilidade com a ocorrência de um desastre, isso é, uma influência direta de fatores antrópicos sobre a vulnerabilidade. Chardon (2008), propõe um conceito de vulnerabilidade com uma visão integral associada a um sistema complexo dinâmico. A vulnerabilidade, portanto, corresponde à probabilidade de um sujeito ou elemento, exposta a um perigo natural

tecnológico, antrópico ou sócio natural, sofra danos e perdas humanos ou materiais, no momento do impacto do fenômeno, tendo dificuldade recuperar-se dele, a curto, médio ou longo prazo. Isso significa que a vulnerabilidade considera antes, durante e depois do evento, isso implica que a vulnerabilidade também expresse a incapacidade de antecipar a inflexibilidade do elemento exposto, sua inaptidão em resistir ou absorver o impacto (resistência), e adaptar-se as mudanças a fim de recuperar-se e reestabelecer seus meios de vida (resiliência).

Dessa forma, considerando os autores citados nesta dissertação, o termo adotado para esta pesquisa será Vulnerabilidade Social, pois esse conceito envolve a organização e, principalmente, a composição social da população.

Conforme Feitosa e Monteiro (2012) vulnerabilidade era compreendida como um produto residual (impactos das mudanças climáticas menos adaptação), especialmente quando avaliada em relação a risco-perigo. Já as abordagens integradas, apresentam uma mudança importante, em que a vulnerabilidade passa a ser compreendida como um processo, uma propriedade ou estado dinâmico de um sistema socioecológico dotado de interações complexas e não-lineares. Conforme os autores, há necessidade de avanços na conceituação, embora essa transição de paradigmas reforce o caráter mediador do conceito e sua capacidade de viabilizar uma troca entre tradições de pesquisa que, mesmo distintas, se utilizam de elementos comuns ou complementares.

Segundo Feitosa e Monteiro (2012), para que um conceito mediador como o de vulnerabilidade seja materializado de maneira a subsidiar estratégias de planejamento e políticas pró-ativas, se faz necessário a utilização dos objetos mediadores representados, por exemplo, pelos mapas de vulnerabilidade, comumente elaborados no meio acadêmico e recebidos com atenção por parte de gestores públicos municipais e estaduais. Conforme os autores, os mapas, devido ao seu caráter estático (limitam-se a representar um estado de suscetibilidade do sistema investigado), são incapazes de capturar as interrelações entre vários processos, naturais ou sociais, individuais ou coletivos, que são relevantes para a compreensão das dinâmicas de vulnerabilidade compreendendo seus diferenciais e suas trajetórias nos territórios das cidades.

Considerando, portanto, a limitação dos mapas de vulnerabilidade, Feitosa e Monteiro (2012) sugerem a utilização de modelos de simulação computacional como objetos mediadores alternativos, capazes de superar limitações apresentadas pelos mapas e proporcionar novas perspectivas aos estudos de vulnerabilidade. Os modelos são, dessa forma, capazes de representar a emergência das propriedades de sistemas socioecológicos a partir das interações entre seus componentes e processos (JANSSEN; OSTROM, 2006 apud Feitosa e Monteiro (2012)). Tem como vantagem a possibilidade de integração de conhecimentos de diferentes especialistas, tomadores de decisão e representantes da sociedade, assim como permitem a simulação de consequências, sejam elas econômicas, ambientais, sociais ou políticas.

Nessa perspectiva, a Vulnerabilidade Social compreende uma série de fatores que podem ser medidos em diferentes dimensões para melhor condicionar e aumentar a capacidade de resposta de um elemento perante a eventos que afetam as condições de bem-estar da população (CUNHA et al., 2004).

Para a elaboração de um Zoneamento de Risco se faz necessário compreender as formas de mensurar a Vulnerabilidade Social (quais as escalas e variáveis). Alguns desses procedimentos serão apresentados a seguir.

Em sua pesquisa, Lavell (1999), traz que o princípio para diminuir os danos causados por quaisquer eventos, independentemente de sua natureza, é compreender a vulnerabilidade da população em exposição. Dessa maneira, o autor apresenta conceitos que permitem compreender a vulnerabilidade no meio urbano (Tabela 2.3).

Tabela 2.3 – Conceitos para compreender a vulnerabilidade urbana

A concentração, densidade e centralização	A concentração e densidade da economia e população são as definições de como o urbano se relaciona. Já a centralização define que os centros urbanos dominam os serviços urbanos.
A complexabilidade e a interconectividade da cidade	Quanto mais a cidade aumenta, mais complexa é a forma de lidar com seus problemas, sendo um destes a interconectividade, onde os vários setores precisam se conectar, como serviços fundamentais apresentam-se o saneamento básico e energia elétrica.
A cidade informal e a cidade dos camponeses	As pessoas saem do interior para buscar uma vida na cidade, contudo eles acabam utilizando os lotes com menor valor imobiliário que também são os mais inseguros em uma perspectiva ambiental.
A degradação ambiental e a estrutura vulnerável	A degradação não atinge apenas o ambiente natural, mas também o ambiente construído, devido a má práticas construtivas exibidas nas cidades de países pobres.

Fonte: Lavell (1999).

A avaliação proposta por Lavell (1999) caracteriza a vulnerabilidade em uma macro escala, avaliando como um todo, entendendo como a mesma ocorreu e quais os problemas sociais e econômicos da sociedade e cidade. Essa avaliação apresenta os principais conceitos que devem ser considerados ao avaliar a vulnerabilidade e, destes conceitos, é que se deve extrair as variáveis a serem trabalhadas em cada estudo a ser desenvolvido.

Conforme Chardon (2008), para analisar a vulnerabilidade de maneira global, precisa e heterogênea, deve-se elaborar uma ferramenta específica que contenha três objetivos: i) realizar um estudo espacial qualitativo e quantitativo; ii) integrá-los e demonstrar suas interrelações e iii) seus resultados, devem mostrar de maneira detalhada a situação de risco, a fim de facilitar as decisões de medidas de mitigação, não somente em relação ao ordenamento territorial, mas, também, na área social e política.

Cutter (2011) apresenta métodos para avaliação de Vulnerabilidade Social. Para a autora, a ciência da vulnerabilidade fornece a base empírica para a elaboração de políticas de redução de riscos através do desenvolvimento de métodos e métricas para analisar a

Vulnerabilidade Social aos riscos ambientais e aos acontecimentos extremos. Por meio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) é possível delimitar áreas de riscos, assim como suscetibilidade, perigo e vulnerabilidade independente da escala.

Conforme Cutter (2011), a propensão ao risco está relacionada às características específicas da população, que podem aumentar ou diminuir a capacidade de resposta e recuperação de um evento perigoso ou desastre.

Existe um número significativo de estudos sobre vulnerabilidade em que a maioria se baseia em estudos *Ex-Post Facto* (CUTTER, 2011), realizados na área das ciências sociais. A Tabela 2.4 apresenta algumas das características que influenciam na Vulnerabilidade Social como o conceito, a fundamentação, as variáveis envolvidas e a natureza da influência de cada uma delas.

Tabela 2.4 – Características que influenciam a Vulnerabilidade Social

Conceito	Fundamentação	Variável	Natureza da influência
População com necessidades especiais.	Difíceis de identificar (doentes ou temporárias) muitas vezes invisíveis nas comunidades.	População sem abrigo Residentes em lares	Aumenta
Idade.	Afeta a mobilidade: requer cuidados especiais; Maior suscetibilidade para se machucar.	Idosos Crianças	Aumenta Aumenta
Estatuto socioeconômico	Capacidade de absorver danos e se recuperar; Mais bens materiais a perder.	Ricos Pobres	Diminui Aumenta
Raça e etnia	Barreiras linguísticas e culturais; Falta de acesso a recursos pós-desastres; Tendência para ocupar zonas de perigosidade elevada.	Hispânicos (nos EUA)	Aumenta Aumenta Aumenta
Sexo/gênero	Empregos com altas taxas de feminização poder ser afetados; Salários mais baixos; Tarefas de prestação de cuidados.	Mulheres	Aumenta
Tipo de habitação e título da propriedade	Com frequência, os inquilinos não têm seguro e nem investem na comunidade; Tipo de habitação e construção.	Inquilinos Habitação	Aumenta Aumenta

Fonte: Cutter (2011).

Ao analisar a tabela proposta por Cutter (2011), observa-se que algumas variáveis contribuem para o aumento da vulnerabilidade como: populações com necessidades especiais (doentes, moradores de abrigos, etc.); idade (idosos e crianças); condições socioeconômicas (pobreza); sexo (mulheres); e tipo de habitação e construção (ocupação irregular, baixo padrão construtivo). No caso americano do desastre do Furacão Katrina (New Orleans) foi incluída a raça (negros e hispânicos) como uma variável associada ao aumento da vulnerabilidade.

Entretanto, classes como estatuto socioeconômico; raça e etnia; e sexo, ficam, de certa forma, menos complexos pela maioria desses dados serem de interesse público, havendo assim, um controle mais preciso da administração sobre essas variáveis.

Das visitas a campo para reconhecimento da área de estudo, em Dom Pedrito, foi possível perceber, de forma intuitiva, que havia uma vulnerabilidade maior da população que reproduzia a forma de viver do meio rural como por exemplo: criação de animais como galinhas e cavalos (utilizados para serviço) e extrativismo de areia do rio de forma rudimentar, utilizando pás e baldes com o auxílio de uma pequena embarcação de madeira. A areia extraída é armazenada nas margens do Rio Santa Maria e, posteriormente, transportada por carroças para ser vendida (em volumes pequenos) principalmente para os próprios vizinhos.

Percebendo essas características como uma vulnerabilidade, buscou-se na literatura autores que pudessem dar suporte a esta hipótese. Em Oliven (2009) e Oliven (2010) foi possível encontrar uma explicação para a variável que foi denominada nesta dissertação como “reprodução do rural”.

Conforme Oliven (2009), visando a maiores oportunidades sociais, econômicas ou culturais, as pessoas abandonam o campo e dirigem-se à cidade. Para esta, os indivíduos trazem seus antigos hábitos e padrões que nela persistem. A própria maneira de perceber a nova realidade é feita com os antigos padrões. O ajustamento à cidade vem acompanhado de dificuldades características das fases de transição e, até que ocorra a aceitação e integração de novos padrões e valores, é frequentemente caracterizado por um processo de anomia pessoal e social. Entende-se por anomia o estado de espírito de alguém que foi arrancado de suas raízes morais, que não segue regras ou quaisquer padrões mas somente necessidades avulsas.

Para Oliven (2009), uma das principais características do meio rural é a sensação de pertencer a algo. No campo, o indivíduo, qualquer que seja sua posição social, tem nítida consciência de fazer parte de grupos. A família é um grupo sólido, a vizinhança também o é. Igualmente, a posição individual dentro da comunidade é bem definida. As relações particulares baseiam-se predominantemente em contatos primários e diretos. A cidade, entretanto, faz com que os antigos vínculos do indivíduo sejam enfraquecidos ou rompidos sem oferecer uma alternativa que compense imediatamente esta perda.

Com o êxodo rural, a família, grupo primário por excelência, é acentuadamente modificada. Os grupos aos quais o indivíduo se filia são divergentes, pois, cada um deles, atende a uma necessidade ou interesse específico, envolvendo apenas um aspecto de sua personalidade e contribuindo, por conseguinte, para sua fragmentação e marginalidade psicossocial.

Nas comunidades rurais ou nas sociedades menos diferenciadas, os grupos aos quais o sujeito deve fidelidade, obedecem a uma ordenação hierárquica. Como, na cidade, os grupos aos quais a pessoa está tipicamente filiada são tangenciais uns aos outros ou se entrecortam de forma altamente variada e nenhum grupo isolado é possuidor de fidelidade exclusiva do indivíduo, este fica desorientado, sem saber a que grupo pertence integralmente.

Essa desorientação, nada mais é, do que a dificuldade de perceber e compreender a nova estrutura na qual está vivendo. E como a principal característica dessa estrutura (a cidade) está o seu rápido ritmo de auto-transformação, e se torna impossível captá-la no seu sentido estático. São os antigos padrões de percepção que impossibilitam ao indivíduo perceber a nova realidade dinâmica.

Para Oliven (2010), a transformação do Brasil em uma sociedade cada vez mais “urbana” ocorre através de vários processos. O primeiro é constituído de relações capitalistas no campo que causa a proletarianização dos camponeses e agricultores mais pobres que acabam migrando para as cidades em busca de trabalho. O segundo se manifesta pela pressão sobre a terra causada em certas áreas rurais, com melhoramentos sanitários e higiênicos (vacinas, antibióticos, etc.) que ocasionam uma diminuição da mortalidade infantil e um conseqüente aumento de população que não é absorvida por causa das limitações sociais e físicas do meio rural. Ainda conforme o autor, o terceiro processo consiste na expansão das fronteiras agrícolas às quais pessoas atingidas pelos dois processos anteriores migram em busca de novas terras e, finalmente, o quarto processo que é representado pela atração que a cidade exerce sobre as populações rurais, através da expectativa de melhores condições de vida e trabalho, o que é fomentado pela constante difusão de imagens e valores urbanos através do país pelos meios de comunicação.

Conforme Oliven (2010), existe uma defasagem entre a carência de empregos em cidades de desenvolvimento industrial mais fraco e o rápido crescimento de suas populações. Nessas cidades, uma grande parte da população está geralmente desempregada (o que ocorre também em Dom Pedrito) ou subempregada num setor pseudoterciário e forma o que é frequentemente chamado de população “marginal”, embora esse fenômeno também esteja presente nas cidades mais dinâmicas. Segundo o autor, é importante dar-se conta que, por piores que sejam o nível e condições de vida nestas áreas, eles são melhores que os prevalecentes no campo, onde a vida é, algumas vezes, ou, na maioria das vezes, ainda pior para as classes baixas.

As cidades são centros mais dinâmicos da economia brasileira, entretanto, como essa economia está baseada na exploração de uma força de trabalho sujeita a salários muito baixos e não consegue incorporar toda a população urbana ao mercado formal de trabalho, existe um grande setor que não tem empregos regulares. Embora esse setor “marginal” seja frequentemente descrito em termos ecológicos como se constituindo num problema habitacional, na realidade, ele se caracteriza por formas de desemprego e subemprego e, como tal, reflete a incapacidade do sistema econômico de oferecer empregos regulares à sua população em idade de trabalhar (OLIVEN, 2010).

Buscando ampliar o conhecimento de métodos utilizados por diferentes autores que trabalham com o tema, encontrou-se, em alguns artigos científicos metodologias diferenciadas para avaliação da vulnerabilidade. Dependendo da escala de trabalho (área estudada) a escolha e avaliação dessas variáveis se deu pela disponibilidade e utilização dos dados censitários, entrevista com a população envolvida ou observação de características das edificações e equipamentos urbanos ou uma combinação dessas.

Em um trabalho sobre uma proposta metodológica para mapeamentos de risco, estudo de caso no município de Rio Negrinho-SC, Goerl, Kobiana e Pellerin (2012), utilizam dados censitários para caracterização de vulnerabilidade, com base nas características socioeconômicas coletadas durante o Censo de 2000 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Justifica-se a utilização destes dados, que mesmo estando desatualizados, os mesmos se apresentam mais completos e representativos diante dos demais disponibilizados.

Para definição da vulnerabilidade através de dados do censo 2000, foram utilizadas variáveis sociais (educação, renda) e econômicas. No total, avaliaram seis variáveis para definição do Índice de Vulnerabilidade (IV), aplicado a uma equação.

As variáveis utilizadas por Goerl, Kobiana e Pellerin (2012), densidade demográfica, número de moradores no setor, média de moradores por residência, taxa de dependência (idosos e jovens), educação (analfabetos acima de 12 anos), renda (responsável sem rendimento ou com até 1 salário mínimo) e Índice de Desenvolvimento Humano do Município (IDHM).

Utilizando dados censitários para avaliação de vulnerabilidade Feitosa et al. (2012), agregaram o uso de um modelo baseado em autômatos celulares para simulação de dinâmicas de ocupação urbana em Caraguatatuba - SP, incluindo a caracterização de famílias em diferentes situações de vulnerabilidades sociais.

Na avaliação apresentada pelos autores, as variáveis utilizadas foram oriundas dos Censos Demográficos de 1991, 2000 e 2010. Esse conjunto foi definido a partir do trabalho de Anazawa, Feitosa e Monteiro (2012), que selecionaram um conjunto de variáveis relevantes na caracterização das condições de vulnerabilidade das famílias.

Da mesma forma que Goerl, Kobiana e Pellerin (2012), estas variáveis são de ordem social e econômica, sendo: renda, escolaridade, alfabetização dos jovens, razão de

dependência, mulheres chefes de família e sem instrução e domicílios próprios. Contudo, no decorrer das análises, o indicador “domicílios próprios” foi excluído, pois, conforme relatam os autores, há uma dificuldade de sua utilização tendo em vista a discriminação de grupos de vulnerabilidade.

Dispondo de um método diferente aos autores já citados, Prina (2015), recorreu à observação para caracterizar os graus de vulnerabilidade em sua Dissertação. Após essa análise, o autor gerou uma modelagem por meio do algoritmo *Natural Neighbor* (do ArcGIS), com os dados de cada uma das residências obtendo, ao final, um arquivo matricial sobre a vulnerabilidade na área urbanizada e suscetível à inundação de Jaguari-RS. O autor analisou casa por casa, registrando cada uma com fotografias, para uma segunda análise em laboratório. Para realizar o mapeamento da vulnerabilidade Prina (2015) utilizou cinco variáveis: o acabamento das construções, a condição das construções, o tipo de material das construções, a densidade de construções e o número de andares das residências.

Juntamente com essa análise, foi atribuído um peso e uma nota para cada variável, pois, conforme comenta o autor: “As variáveis ‘Acabamento das construções’ e ‘Condição da construção’ foram as que receberam os maiores pesos (30% cada uma das variáveis), pois, para a área de estudo essas são as variáveis que refletem as principais características da vulnerabilidade” Prina (2015, p.76).

Na sequência do trabalho, com essas análises realizadas, com os pesos e notas de cada variável definidas, o autor lançou os resultados no *software* ArcGIS, onde foi realizada a categorização em três classes de vulnerabilidade: alta, média e baixa. Da mesma forma que no trabalho de Feitosa et al. (2012), a utilização da ferramenta computacional, neste caso SIG, permitiu que o resultado dessa análise pudesse ser visualizado em forma de mapas, com diferentes escalas, apresentando resultados satisfatórios.

Contudo, Reis e Lay (1994), apresentam um método alternativo para esse tipo de avaliação, sendo o questionário, em que os autores dizem fornecer de forma considerável uma margem de segurança, permitindo descrever, explicar e testar as relações e correlações existentes entre as variáveis analisadas. Porém, Reis e Lay (1994) orientam que este não deve ser o único método, devendo ser complementado com outros, como, por exemplo a observação.

Assim sendo, o conhecimento e os exemplos de diferentes métodos de análise se fizeram de grande valia para definição da metodologia a ser utilizada neste trabalho, pois, conforme destaca Oliveira (2014), um país como o Brasil, dotado de variantes naturais e sociais, cuja população que ocupa as cidades possui diferentes graus de vulnerabilidade, tende a responder de forma diferenciada diante de um evento potencialmente adverso.

2.2 RESILIÊNCIA, GESTÃO E GERENCIAMENTO

O termo resiliência é utilizado em várias áreas do conhecimento, como na arquitetura, engenharias, física, geografia, medicina, psicologia, entre outros. Nas ciências exatas, em especial na física, resiliência representa a capacidade de um elemento retornar ao seu estado original após um evento que lhe fez passar por perturbações. Essa conceitualização permite a análise da potencialidade de algum sistema, enfrentar e recuperar, seja utilizando sua capacidade de absorção, organização interna, ou, em relação com outros sistemas, mas visando encontrar um novo estado de equilíbrio (HOLLING, 1973). Já Pelling (2003) conceitua resiliência como a capacidade de um objeto em lidar ou se adaptar aos perigos.

Tocante ao meio social, resiliência é conceituada por Mendonça (2017) como a capacidade de se adaptar, seja individual e/ou coletivamente, em resposta a fatores de risco, esses, relacionados ao ambiente ou à sociedade poderem retornar a seu estado “original” após enfrentar um evento que possa ter causado danos e perdas.

Para o autor a resiliência se torna mais importante em países não desenvolvidos, pois, as grandes cidades cresceram de forma desorganizadas, criando vários problemas em relação à vulnerabilidade e riscos, gerando dificuldades para os administradores identificarem esses fatores. Um exemplo que mostra a importância da resiliência no que tange a países e cidades, é o que traz Freitas et al. (2012). Os autores apresentam eventos, em alguns países, com suas magnitudes e potências de danos, esses que vão da parte econômica até perda de vidas humanas.

Os autores referenciados acima apresentam dados que possibilitaram um comparativo entre os terremotos que aconteceram no Chile e no Haiti, nos anos de 2010 e 2011, respectivamente. A magnitude do terremoto que ocorreu no Chile foi superior a do Haiti (Tabela 2.5).

Tabela 2.5 – Comparativo entre terremotos no Chile e no Haiti

Local	Chile	Haiti
Ano	2010	2011
Renda per capita	US\$ 9.800,00 / ano	US\$ 650,00 / ano
Evento	Terremoto	Terremoto
Magnitude escala Richter	8.8	7.0 a 7.3
Tempo de duração	3 minutos	35 segundos
Vítimas fatais	550 vítimas	222.570 vítimas

Fonte: Adaptado de Freitas et al. (2012).

Avaliando os dados da tabela é possível verificar que no Chile ocorreu um terremoto de maior magnitude e duração de tempo maior (3 minutos) do que no Haiti. No Chile, o número de vítimas foi muito menor do que no Haiti, indicando, entre outras coisas, que o Chile está mais bem preparado para lidar com os desastres e, portanto, possui uma resiliência maior, considerando, também, a situação econômica dos países.

Mesmo a resiliência sendo considerada, por pesquisadores, como a capacidade de uma cidade em resistir, se adaptar e se recuperar da exposição às ameaças, isso vai além de um plano de governo para gestão de riscos, tem a ver com a estruturação de um país, desde o ponto de vista econômico até o social. No exemplo da Tabela 2.5, vê-se a diferença da renda per capita entre o Chile (muito maior) e o Haiti, o que resulta em planos de gestão mais eficientes e numa cidade mais resiliente.

Resiliência urbana, ou, cidades resilientes, são definições que as organizações governamentais usam para poder dar suprimento para que os países consigam trabalhar em situações de risco, seja ele da ordem que for. Para Freitas et al. (2012), essa diferença entre os termos não é derivada da interpretação do conceito resiliência, mas, sim, do ato no qual ela está sendo aplicada.

Enquanto a “resiliência urbana” remete aos esclarecimentos do campo teórico-conceitual, a “cidade resiliente” serve para caracterizar o conjunto de políticas públicas a serviço desta finalidade. Assim, essas expressões se complementam para caracterizar um programa de ação detalhado, cujo alcance se estende para as áreas da gestão urbana e ambiental, das infraestruturas, finanças, planejamento urbano e desenvolvimento socioeconômico (FARIAS, 2017, p. 6).

Contrapondo a isto Bornstein (2007) e Hall e Lamont (2013), preferem o termo “resiliência comunitária” ou “resiliência social”, ao invés de “resiliência urbana”, pois o importante é a vida humana, social, e não a cidade, o bem material.

Deve-se considerar que, independente do termo empregado junto com a resiliência, ambos terão incompatibilidade em sua definição teórica. Deve-se entender que hoje a maior dificuldade está sendo colocar em prática essa resiliência, seja por falta de métodos, incentivos ou outros fatores, como a pouca visibilidade na mídia para os gestores, que dão preferência a planos e ações que causam essa visibilidade.

Buscando deixar esse conceito claro, em 2010, a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura UNESCO (2010) lançou internacionalmente a campanha: “Construindo Cidades Resilientes”, em que apresenta algumas diretrizes e conceitos que caracterizam cidades resilientes, com o objetivo de apresentar aos administradores públicos um quadro para redução de risco e boas práticas, dando exemplos práticos de lugares que tiveram êxito nesse propósito. Esse guia traz alguns conceitos e diretrizes de caracterização e construção de um município resiliente a desastres, sendo estes:

- É um local onde os desastres são minimizados porque sua população vive em residências e comunidades com serviços e infraestrutura organizados e que obedecem a padrões de segurança e códigos de construção; sem ocupações irregulares construídas em planícies de inundação ou em encostas íngremes por falta de outras terras disponíveis;
- Possui um governo local competente, inclusivo e transparente que se preocupa com uma urbanização sustentável e investe os recursos necessários ao desenvolvimento de capacidades para gestão e organização municipal antes, durante e após um evento adverso ou ameaça natural;
- É onde as autoridades locais e a população compreendem os riscos que enfrentam e desenvolvem processos de informação local e compartilhada com base nos danos por desastres, ameaças e riscos, inclusive sobre quem está exposto e quem é vulnerável;
- É onde existe o empoderamento dos cidadãos para participação, decisão e planejamento de sua cidade em conjunto com as autoridades locais; e onde existe a valorização do conhecimento local e indígena, suas capacidades e recursos;
- Preocupa-se em antecipar e mitigar o impactos dos desastres, incorporando tecnologias de monitoramento, alerta e alarme para a proteção da infraestrutura, dos bens comunitários e individuais “incluindo suas residências e bens materiais”, do patrimônio cultural e ambiental, e do capital econômico. Esta também apta a minimizar danos físicos e sociais decorrentes de eventos climáticos extremos, terremotos e outras ameaças naturais ou induzidas pela ação humana;
- É capaz de responder, implantar estratégias imediatas de reconstrução e reestabelecer rapidamente os serviços básicos para retomar suas atividades sociais, institucionais e econômicas após um evento adverso;
- Compreende que grande parte dos itens anteriores são também pontos centrais para a construção da resiliência às mudanças ambientais, incluindo as mudanças climáticas, além de reduzir as emissões dos gases que provocam o efeito estufa.

Nessa perspectiva, resiliência urbana é definida pela capacidade que a cidade possui de conviver com o perigo, diminuindo seus impactos e de como ela faz a gestão dos riscos aos quais é submetida, o que permite o desenvolvimento de ferramentas para diagnóstico e monitoramento dos riscos.

Em uma abordagem sistêmica, a resiliência vem para auxiliar na identificação e caracterização dos pontos críticos do sistema urbano e, conseqüentemente, priorizar as soluções adaptativas necessárias. Nesse entendimento, as redes técnicas têm um lugar

especial, pois permitem estabelecer relações entre os diversos componentes do sistema. Um exemplo disso é a rede de transportes que utiliza as de telecomunicações para lidar com o sistema rodoviário e controle automatizado do trânsito (FARIAS, 2017).

Dentro dessa perspectiva holística, o conceito de resiliência fornece condições para uma série de intervenções no sistema urbano com base na compreensão das inter-relações nas escalas (organizacional, espacial, física, funcional) e nos riscos (naturais, tecnológicos, sociais).

2.2.1 Gestão e gerenciamento de riscos

Presentes nos estudos sobre áreas de riscos, termos como, gerenciamento e gestão, são empregados sem a devida cautela com o seu real significado. Pelo fato de ser usado no vocabulário de vários profissionais, muitas vezes são erradamente utilizados como sinônimos (OLIVEIRA, 2014).

Nogueira (2002) conceitua gestão como um conceito mais amplo, sendo que esta é responsável pela gestão urbana, incluindo o gerenciamento de risco, e todas as medidas políticas públicas, inclusão social, habitação e desenvolvimento urbano. Contrapondo a isso, Souza e Rodrigues (2004) definem gestão como uma atividade que se associa ao presente, uma situação imediata.

Para haver uma gestão de risco eficaz, é necessário um entendimento sobre o evento potencial ao dano, assim como a ação humana que possa aumentar o risco. Desse modo, também é preciso o conhecimento de como a população está distribuída nesta área suscetível ao risco (REBELO, 2003).

Dessa forma, nesta dissertação, o conceito de gestão de risco engloba todas as medidas da administração das políticas públicas, desde o gerenciamento de risco até instrumentos que regulamentam o uso de zonas de risco, baseado em uma análise do espaço urbano e da população mais vulnerável a esses processos potencialmente perigosos.

Numa visão institucional, se fazem necessárias diretrizes para um bom gerenciamento de risco, em que cada uma das diretrizes se relacionem de forma cíclica, sendo que cada etapa complementa a anterior. Destaca-se que cada uma deve ser tratada de forma coerente e específica, sendo estas etapas: Prevenção, Mitigação, Preparação, Alerta, Resposta, Reabilitação, Reconstrução e Desenvolvimento (CARDONA, 1996).

Entender o risco e mensurá-lo, além de analisar seu contexto social e sua expansão urbana, é importante não apenas para a prevenção, mas também para mitigação. A chave para redução dos riscos está no seu entendimento, e a participação nas decisões e comprometimento de todos os agentes sociais, privados e públicos (LAVELL, 1999).

O tema em questão é algo pertinente a ser tratado pelas gestões, seja no âmbito municipal como federal, pois gera situações que conforme Lavell (1999) estão ligadas entre si, sendo estas:

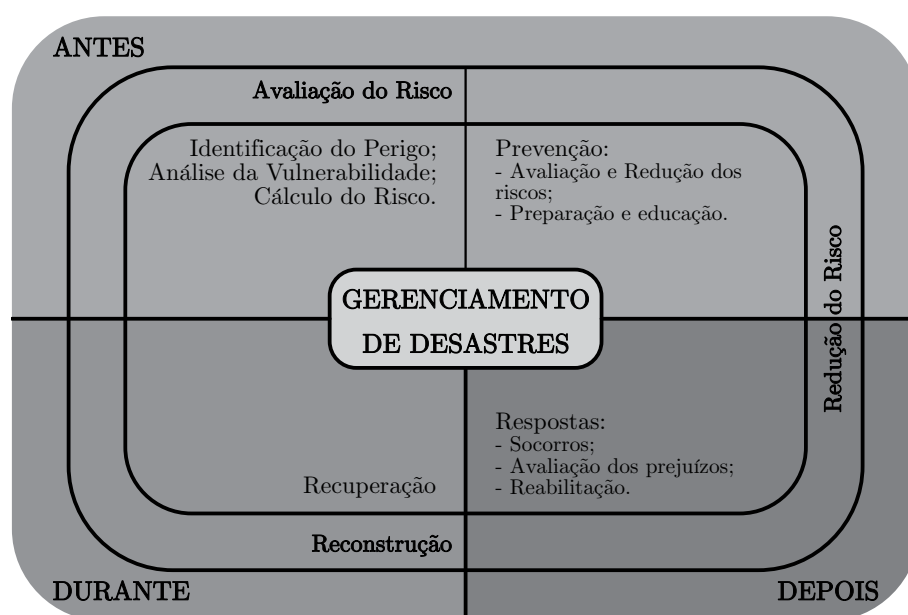
- Fatores que causam o risco (Eventos e Perigos);
- Resposta da sociedade quando ocorrido a situação de risco, e os condicionantes de cada cidade para esta ação (Gestão e Gerenciamento);
- Reconstrução urbana após o evento (Resiliência).

Para o autor referido, essas três questões podem ser decisivas na gestão e gerenciamento de risco, assim como a Vulnerabilidade Social, aumentando a qualidade de vida nas cidades, e o tempo de resposta rápido para esses eventos.

Corroborando essa ideia Nogueira (2002, p.77), define gerenciamento de risco como um dos instrumentos da gestão urbana, que junto com outras políticas públicas, tem o intuito de reduzir, prevenir e controlar os risco para a sociedade. Conforme o autor, “gerenciamento envolve o conjunto de medidas de organização e operação institucional para o tratamento de situações de risco existentes no âmbito da competência e atribuição do órgão público que o executa.”

Cada etapa tem o intuito de precaver os eventos danosos, conter as perdas, criar estratégias para os danos, atender situações emergenciais e se recuperar dos danos causados (FARIAS; SANTORO, 2009). O gerenciamento deve estar presente nos três momentos do evento, antes, durante e depois, conforme ilustrados na Figura 2.1.

Figura 2.1 – Sequência cíclica do gerenciamento de desastres



Fonte: Adaptado de Farias e Santoro (2009).

Para Dal-Vesco, Fernandes e Roncon (2014) o gerenciamento de risco é o responsável por fornecer diretrizes para a estruturação de uma estratégia efetiva para o êxito do projeto de gestão de riscos, pois, as ações de identificação do perigo, análise de vulnerabilidade e cálculo do risco são tomadas no gerenciamento de risco na etapa que antecede o evento.

Para esta pesquisa o conceito de gerenciamento de risco compreende todas as diretrizes elaboradas para prevenir, mitigar, agir (no momento do evento) e recuperar-se dos danos que não são possíveis de serem evitados.

2.3 CONCEITOS: INUNDAÇÕES, ENCHENTES E ALAGAMENTOS

Todo desastre está associado a algum evento de ordem natural ou antrópica, que causa danos ao meio ambiente ou a uma sociedade. Nesse contexto, inundação será o evento (de ordem natural) abordado nesta pesquisa e, por isso, serão apresentados, a seguir, alguns conceitos relacionados a essa temática.

Apesar do senso comum tratar enchentes, inundações e alagamentos como sinônimos, esta pesquisa traz autores que conceituam e caracterizam esses eventos com base na sua magnitude, abrangência e evolução dos transbordos de água dos leitos hídricos.

Os principais equívocos ocorrem em relação à inundações e enchentes, assim, resumidamente, Veyret (2005) diferencia os dois fenômenos de acordo com o leito do rio, ou seja, quando a água atinge o nível do leito menor tem-se enchente, quando ocorre o transbordo e espalhamento da água para o leito maior, ocorre a inundação.

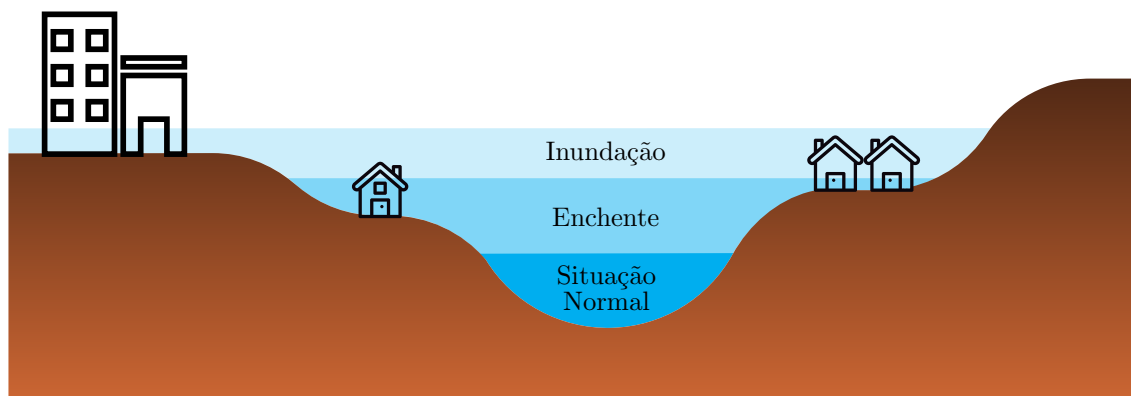
Assim como Veyret (2005), Carvalho, Macedo e Ogura (2007) classificam enchentes ou cheias através da elevação do nível de água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão, atingindo sua cota máxima, porém, sem extravasar. Diferentemente do que ocorre em outro fenômeno classificado como inundação, onde a água ultrapassa a cota máxima do canal (Figura 2.2).

As inundações são caracterizadas pelo seu potencial de causar danos à população. Para Eckhardt (2008), as enchentes se constituem em um estágio mais avançado da cheia, atingindo o nível superior ao leito menor do rio ou da planície de inundação.

Conforme Amaral e Ribeiro (2009), a principal característica das inundações é o transbordamento das águas, atingindo a planície de inundação, também conhecida como “área de várzea”, que muitas vezes possui domicílios e ocasiona prejuízos a várias famílias.

Seguindo este pensamento, Sousa (2012) afirma que todas as cheias podem provocar inundações, mas nem todas as cheias podem ser enquadradas como inundações. Pode ocorrer de algumas enchentes atingirem determinada população por estarem habitando de forma irregular, abaixo da cota mais alta do leito do rio, sendo este um fator que acaba ocasionando a comparação entre esses dois eventos. Mesmo assim, esses fenômenos

Figura 2.2 – Diferença entre enchentes e inundações

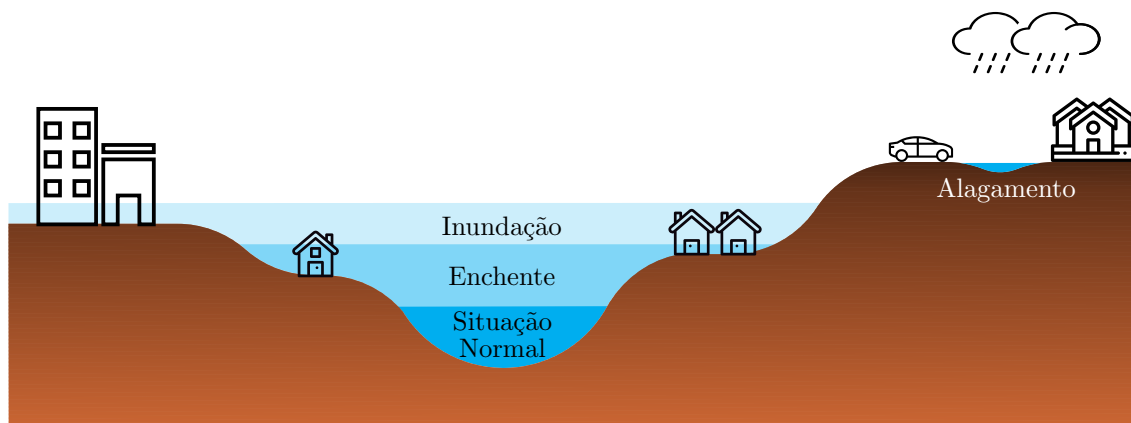


Fonte: Adaptado de Carvalho, Macedo e Ogura (2007).

podem ser confundidos como alagamentos, por envolver grande densidade de água em uma porção de terra habitada.

Com o intuito de distinguir conceitos entre enchentes, inundações e alagamentos, Tucci e Bertoni (2003) definem alagamento como acúmulo momentâneo de águas em uma dada área por problemas no sistema de drenagem, podendo ter, ou não, relação com processos de natureza fluvial, considerado fruto da água acumulada no leito das ruas e no perímetro urbano por altas precipitações pluviométricas (Figura 2.3).

Figura 2.3 – Diferença entre enchentes, inundações e alagamento



Fonte: Adaptado de Carvalho, Macedo e Ogura (2007).

Com a finalidade de estudar os eventos fluviais recorrentes no município, destaca-se que, neste trabalho, adotar-se-á o conceito de inundação, pois sua conceituação se caracteriza com o evento que ocorre em Dom Pedrito. Depois da explanação sobre os conceitos principais, ter-se-á como o conceito de inundação, o evento que gera um extravasamento dos canais fluviais, de forma gradual ou brusca, mas que ocasiona prejuízos a uma população.

2.3.1 Conceituando Inundações

Ribeiro e Lima (2011) afirmam que, as inundações são eventos que estão presentes há muito tempo no planeta. No passado, elas não eram consideradas algo negativo, mas sim benéfico. Por meio de registros históricos, Castro (2000) destaca que um exemplo é a civilização egípcia no rio Nilo. Devido ao seu material rico em nutrientes e desejáveis à agricultura, as inundações não eram caracterizadas como um desastre ou algo prejudicial à população, e sim, um evento propício para sociedade rural (MARTINS, 2015). Os egípcios aproveitavam essa circunstância para sua agricultura, pois, após as inundações do Nilo, quando o rio voltava ao seu leito normal, as terras estavam férteis para o plantio.

Já na atualidade, esse fenômeno tem provocado impactos em diferentes aspectos, com prejuízos significativos ao uso do solo, perdas de vidas humanas e animais. Quando o ser humano ultrapassa os limites impostos pela natureza, as inundações acabam se tornando um problema social, econômico e ambiental. Conforme Martins (2015), em habitações às margens de rios, esse evento se torna catastrófico, causando diversos danos.

Tucci e Bertoni (2003) destacam dois processos em que a inundação está correlacionada, processos esses, que podem ocorrer de forma integrada ou separada, sendo de origem natural (localizados na área de várzea) e as inundações ocorridas devido a urbanização. No primeiro caso, a população habita áreas inundadas e, o segundo, ocorre quando os eventos extremos atingem áreas urbanizadas.

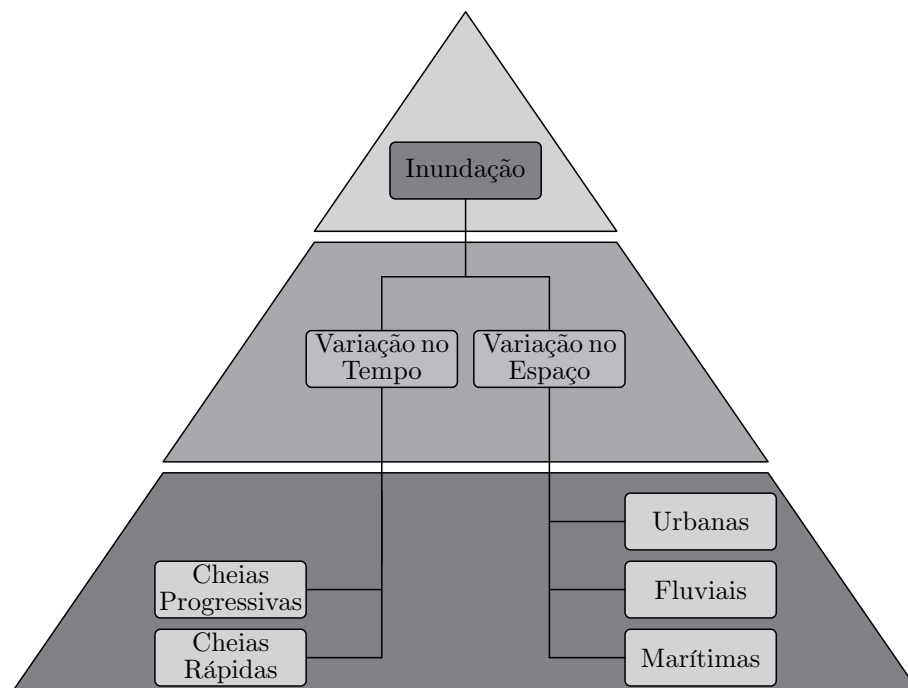
A drenagem urbana, antes controlada pelo processo natural de permeabilização dos solos, com a implantação de redes de galerias com macrodrenagem e canalização dos rios, ocasiona a aceleração e aumento do volume de escoamento e, conseqüentemente, a ampliação da frequência das inundações (TUCCI, 2005).

Esse evento, por alguns autores denominado como inundações urbanas, ocorre de forma natural, devido ao grande índice pluviométrico, o que se agrava pela urbanização. Todas as ações são influenciadas pela ação antrópica, devido ao processo de urbanização, o que gera a impermeabilização da superfície (ruas, calçadas, etc.) e a canalização hidrográfica (RIBEIRO; LIMA, 2011).

Na literatura internacional, existem algumas categorias para as inundações, sendo que a escolhida para o presente trabalho trata-se da classificação proposta por Jacinto (2011), conforme Figura 2.4. Seguindo essa categorização, as inundações estudadas para o município de Dom Pedrito são as do tipo “urbanas”, pois seus danos se dão apenas nessa zona do município, e que ocorre de maneira “rápida” ou “progressiva”.

Aimon (2017) conceitua as inundações progressivas como intrinsecamente relacionada aos eventos pluviais prolongados, ocorrendo saturação dos solos e que provocam o extravasamento do leito menor do rio de forma lenta e contínua. Essa tipologia é muito comum e ocorre, em sua maior parte, em grandes bacias como a do Rio Santa Maria.

Figura 2.4 – Esquema com tipos de inundação



Fonte: Adaptado de Jacinto (2011).

Portela (2000) caracteriza as cheias rápidas considerando o curto intervalo de tempo que decorre entre o acontecimento pluvial e a cheia. Alguns autores afirmam que seu tempo de concentração pode chegar a 6 horas, ou 12 horas, segundo outros. Essas cheias repentinas são ocorrem em sua maioria, em pequenas bacias hidrográficas, contudo, podem ter um grande poder de destruição.

Independentemente da bibliografia a ser citada, um dos problemas relacionados às inundações, é o adensamento populacional, o qual, principalmente, se mostrou acentuado e em crescimento nas últimas décadas. A ocupação em áreas de risco se torna um problema para administração municipal. Prina (2015) explana que ela ocorre de forma totalmente desorganizada, fugindo do controle público, pois, esse só consegue ter domínio das áreas com valor significativo no mercado imobiliário, denominada por Tucci (2005) como cidade formal.

Prina (2015) comenta que outro fator negativo da urbanização se refere ao aumento da produção de lixo, pois, em sua maioria, é depositado em locais impróprios, localizados, por exemplo, nas proximidades ou nos cursos de águas em áreas urbanas, e, na ocorrência de inundações, esse material acaba gerando consequências desagradáveis.

A precipitação é outra variável significativa ao analisar a dinâmica das inundações e não tem como prevenir ou antecipar, pois, esse fato é aleatório, um processo de origem climática, com formação local e/ou regional (PRINA, 2015). Além disso, não é possível

saber se dessa precipitação ocorrerá uma inundação e a magnitude que a mesma atingirá, pois, sua ocorrência é de forma aleatória (PISTRIKA; TSAKIRIS, 2000).

Santos (2012) lista alguns pontos que podem ser caracterizados para melhor entendimento sobre a inundação, sendo estes: relevo, o clima e a impermeabilização do solo. Contudo, o autor destaca que é necessário obter informações complementares do meio físico, a partir de dados altimétricos um Modelo Digital do Terreno (MDT) e, atrelando a ele, um banco de dados georreferenciado.

Dessa forma, a bacia hidrográfica é outro condicionante natural que está associado à ocorrência de inundações. Prina (2015) traz como um exemplo dessa situação a relação com a declividade, que, quanto maior, mais acentuada será a tendência de escoamento superficial, e, quanto menor, maior será a tendência de formação de alagues.

2.4 MITIGAÇÃO E MEDIDAS DE CONTROLE

Uma das respostas às inundações é a mitigação, pois, conforme Jacinto (2011) com o intuito de responder os riscos oriundos de mudanças ou fenômenos climáticos são necessárias medidas de mitigação e adaptação. Cabe salientar que as duas devem ser vistas como um complemento de uma estratégia maior, buscando associá-las em seu gerenciamento de risco.

Nesta seção será tratado sobre a mitigação, e toda sua conjuntura conceitual no tocante a gestão e gerenciamento de risco, em que serão apontadas algumas medidas de controle encontradas na bibliografia estudada.

A mitigação é uma etapa que dentro de um gerenciamento de risco deve ocorrer antes do desastre, devido a seu objetivo ser minimizar o evento, mesmo que muitas vezes não seja possível evitar sua ocorrência (CARDONA, 1996).

Para que essa mitigação seja eficiente, medidas de controle devem ser tomadas e tais decisões devem ser baseadas em estudos e autores que abordem essa temática. Barbosa (2006) comenta que essas medidas podem ser classificadas em estruturais e não-estruturais, sendo, respectivamente, quando o ser humano modifica o rio e, quando o ser humano convive com o rio.

Semelhante ao que aborda Cardona (1996), Barbosa (2006) afirma que não se pode acreditar que as medidas irão eliminar com as inundações, essas ações buscam controlar o evento, a fim de se ter um número menor de prejuízos, para que a recuperação seja mais rápida.

Farias e Santoro (2009), salientam que, evitar a ocorrência do desastre, com a intervenção direta do perigo, seria uma medida mitigatório, pois, estará sendo impedida a causa primária do desastre. Da mesma forma Farah (2003) fala que mitigar significa

reformular as ocupações existentes, criando ou reformando as estruturas que resistem ao fenômeno ou evento causado de desastre.

Muitas vezes medidas estruturais, como diques e barragens, passam uma impressão de excessiva “segurança”, porém, elas não são suficientes para erradicar o risco, por isso, a conscientização da população residente nessa zona de risco deve ser uma das diretrizes na gestão de risco (FARIAS; SANTORO, 2009).

Nakanome (2005) classifica as medidas mitigadoras conforme sua conceituação em: soluções convencionais ou tradicionais e soluções não convencionais, alternativas ou compensatórias. O autor faz, também, uma classificação quanto ao local de intervenção:

- Na fonte ou distribuídas: atuam próximo ao local de formação do escoamento superficial, sobre lotes ou áreas primárias de desenvolvimento;
- A jusante: tratam de vazões de maior porte, sobre os principais cursos d’água urbanos.

Para Cardona (1996), Barbosa (2006) e Müller (2005) assim como para (CANHOLI, 2015) e diversos outros autores, as medidas de correção e/ou prevenção visam minimizar os danos causados pelas inundações, porém, cabe ressaltar que ambas estão caracterizadas quanto a sua natureza, em medidas estruturais e não estruturais.

As medidas estruturais são obras da engenharia que visam a melhoria do escoamento da drenagem através de canalização ou retenção dessas águas em bacias que ficam em uma cota superior a área afetada. Sua intenção é minimizar o transbordo dos cursos d’água que afetam as atividades humanas. Contudo, destaca-se que essas medidas exigem um capital financeiro elevado Tucci (1997).

Além disso, cabe destacar que ao adotar essas medidas, modifica-se o sistema fluvial natural, podendo ocorrer inundações na continuidade do rio, passando o problema apenas para outro local.

Barbosa (2006) apresenta alguns exemplos de medidas estruturais conforme ilustra a Tabela 2.6 como, por exemplo: reservatório e bacia de amortecimento; diques; alargamento da calha principal do rio e reflorestamento nas margens dos rios. O autor destaca que é preciso considerar os riscos associados a implantação dessa estruturação, sendo alguns desses já abordados nas discussões do capítulo, como alteração no curso do rio, degradação de ecossistema e extinção de espécies, danos ao patrimônio cultural, entre outros.

As medidas estruturais apresentadas por Barbosa (2006), na Tabela 2.6, são propícias para análise, pois, é preciso verificar a interação sobre os itens abordados. Um deles diz respeito aos reservatórios e bacias de amortecimento, sendo que, ambos, acabam necessitando uma grande área para sua execução, logo, se forma um ponto negativo, além do seu alto custo de construção.

Tabela 2.6 – Exemplos de medidas estruturais

Medida	Objetivo
Reservatório e bacias de amortecimento	Amortecer o pico de cheias para um evento chuvoso intenso, garantindo o controle para jusante das áreas vulneráveis; Armazenamento de água para abastecimento, irrigação e outros fins.
Diques	Aumento da capacidade de descargas dos rios e corte de meandros.
Alargamento da calha principal do rio	Aumento da capacidade de descarga e consequente diminuição do nível da água.
Reflorestamento nas margens dos rios	Amortecimento da vazão e controle da erosão; Preservação do meio ambiente.

Fonte: Adaptado de Barbosa (2006).

Outra observação referente a tabela de Barbosa (2006), se faz em relação aos diques, que mesmo apresentando alto grau de proteção, caso falhe, causa grandes danos à população. O reflorestamento, mesmo sendo uma solução vista com bons olhos pela comunidade, a mesma acaba se tornando inviável em grandes áreas devido a questão orçamentária.

As medidas não estruturais, de acordo com Tucci (1997), incluem modelagens computacionais, mapeamentos, a previsão e o planejamento ou a promoção de políticas de conscientização da população.

A ocorrência de eventos que venham ocasionar desastres, acaba de certo modo, contribuindo para a reorganização e melhoria do sistema de gestão das cidades (VEYRET, 2005). Após o resultado das perdas, ocorre o processo de comoção da população através da mídia, onde os governos conseguem recursos para mitigação.

Tais medidas propõem intervenções a médio e longo prazo que passam pelo planejamento, gestão territorial, implantação de sistemas de alerta e ações junto à população afetada, como toda a comunidade, tendo como base o desenvolvimento de percepção de riscos e, assim, a busca pela sua mitigação. Envolvem também a implementação de políticas públicas que visem às melhorias em habitação e aspectos socioeconômicos dos contingentes populacionais mais segregados, reduzindo a população que está sob risco (AIMON, 2017, p. 47).

O autor ainda comenta que essas ações têm um menor custo e maior chance de êxito, pois as inundações são naturais, com probabilidade de recorrência. Contrapondo a essa visão, Barbosa (2006) explana que essas medidas não são projetadas para dar uma proteção eficaz, pelo fato de não ser possível prever o maior evento possível. Contudo o autor faz uma ressalva que para essas medidas realmente funcionarem, segundo ele, é necessário que haja uma participação conjunta entre o poder público e a comunidade, de

modo que sejam diminuídas as perdas materiais mas, principalmente, perdas humanas. Alguns exemplos disso são citados por Enomoto (2004), seguindo descrição da Tabela 2.7.

Tabela 2.7 – Exemplos de medidas não estruturais

Medida	Características	Objetivo
Plano Diretor	Planejamento das áreas a serem desenvolvidas e a densificação das áreas atualmente loteadas.	Evitar ocupação sem prevenção.
Educação Ambiental	Para ser realizado junto à população. A conservação das margens dos rios, sua vegetação típica e taludes são essenciais.	Conscientizar a população que sofre ou poderá sofrer com as inundações.
Medidas de apoio à população	Programa de orientação da população sobre as previsões de enchentes para que ela aprenda a se prevenir contra as cheias.	Aprimorar a qualidade da assistência externa e a reduzir falhas como a falta de informações, a má avaliação das necessidades e formas inadequadas de ajuda.
Reassentamento	Reassentamento de residentes ilegais ocupantes das margens de rios, e de residentes legais nas áreas de enchente.	Retirar a população dos locais de risco.
Construções a prova de inundações	Pequenas adaptações nas construções.	Reduzir as perdas em construções localizadas nas várzeas de inundação.
Sistemas hidrológicos	Histórico hidrológico da bacia e modelos que mostram o comportamento hidráulico e hidrológico do sistema do rio.	Fornecer subsídios para os estudos de comportamento da bacia, assim como previsão de cenários futuros.

Fonte: Adaptado de Enomoto (2004).

Indicada por pesquisadores, essas ações são as opções mais utilizadas na administração pública, já que o investimento inicial é menor. Contudo, o seu tempo de operação, para que haja algum resultado, é demorado. No entanto, muitas vezes essas medidas não são executadas até o final.

Itens elencados por Enomoto (2004) na Tabela 2.7, como plano diretor, educação ambiental e medidas de apoio à população são os primeiros a serem realizados em municípios com eventos que trazem danos às comunidades, pois, é preciso que hajam instrumentos legais que impeçam novas moradias em áreas suscetíveis a algum perigo e, também, que as pessoas tenham consciência de sua suscetibilidade e vulnerabilidade perante a essas situações.

Cabe fazer um adendo sobre a questão do reassentamento. Para a maioria das autoridades, remover a população das áreas de risco seria a melhor solução, todavia, essa prática não é bem recebida pelos habitantes e também por alguns autores. Santos (2018) traz um exemplo nacional que hoje se torna modelo no mundo, ela destaca: “A

Sehab, sob a coordenação de Elizabete França, que exerceu o cargo de secretária adjunta e superintendente de Habitação Popular da Sehab, no período de 2005 - 2012, conduziu seus trabalhos a partir do reconhecimento e da alegação de que as favelas são uma parte daquilo que constitui a realidade urbana da capital paulista, abrindo, desta forma, uma nova perspectiva na administração do crescimento populacional em São Paulo, segundo a qual não se deve eliminar a ‘cidade informal’, na esperança de fazê-la desaparecer, mas trabalhar para melhorá-la”.

Santos (2018) destaca, ainda, que o sucesso desse projeto se deu por dois fatores: dinheiro e técnica. De forma que, para aumentar os recursos, a organização das intervenções urbanas foram direcionadas pelo desenho dos rios, com a finalidade de utilizar os recursos destinados às áreas de mananciais em loteamentos irregulares.

Construções à prova de inundações são relevantes como forma de diminuir os danos provocados por esse tipo de evento, contudo, antes dessa alternativa, e também de um possível reassentamento, se faz necessário um estudo histórico de inundações e o sistema hidrológico do rio, conforme aponta o último item da Tabela 2.7.

Com essa pesquisa juntamente com Tempo de Retorno, Mapa de Suscetibilidade, Perigo e Vulnerabilidade Social, além de um Zoneamento de Risco, se fazem indispensáveis para tomada de decisões, seja referente a medidas estruturais ou não-estruturais.

Para Müller (2005), independentemente das medidas serem estruturais, elas são práticas complementares a um projeto de gerenciamento de risco, em que a gestão da inundação obtida por meio de sua combinação, deve minimizar as perdas para a população ribeirinha e também uma convivência harmônica com o rio.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Dom Pedrito, com 5.192,10 km² de área, situa-se na Microrregião da Campanha Meridional (MCM), Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, entre os meridianos 54° e 55° (oeste), e entre os paralelos 30° e 32° (sul) conforme aponta a Figura 3.1. Se localiza a 439 km da capital do estado, Porto Alegre, pelo percurso rodoviário, hoje único meio de ligação com outras cidades. Segundo o Censo Demográfico realizado em 2010, o município tinha uma população em torno de 38.898 habitantes e, conforme apontamento do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), uma estimativa de 39.461 habitantes para ano de 2019, datado do censo de 2010.

Dom Pedrito faz fronteira com a República Oriental do Uruguai ao sul, e com as cidades gaúchas de Santana do Livramento a oeste, Rosário do Sul, São Gabriel e Lavras do Sul ao norte, e com Bagé a leste. É o quarto município do Rio Grande do Sul em extensão territorial. Conforme a Política de Desenvolvimento do Estado do Rio Grande do Sul, Dom Pedrito faz parte do Conselho Regional de Desenvolvimento (COREDE) da Campanha, junto com os municípios de Lavras do Sul, Caçapava, Bagé, Aceguá, Candiota e Hulha Negra.

O sítio urbano de Dom Pedrito está localizado em terreno praticamente plano e não apresenta barreiras topográficas notáveis que possam impedir a expansão da cidade. As elevações a leste da área urbana se constituem de coxilhas pampeanas que não ultrapassam 20 metros acima do nível médio da cidade, que é de 140 metros acima do nível médio dos mares (CASTILHO; GIOTTO, 2004).

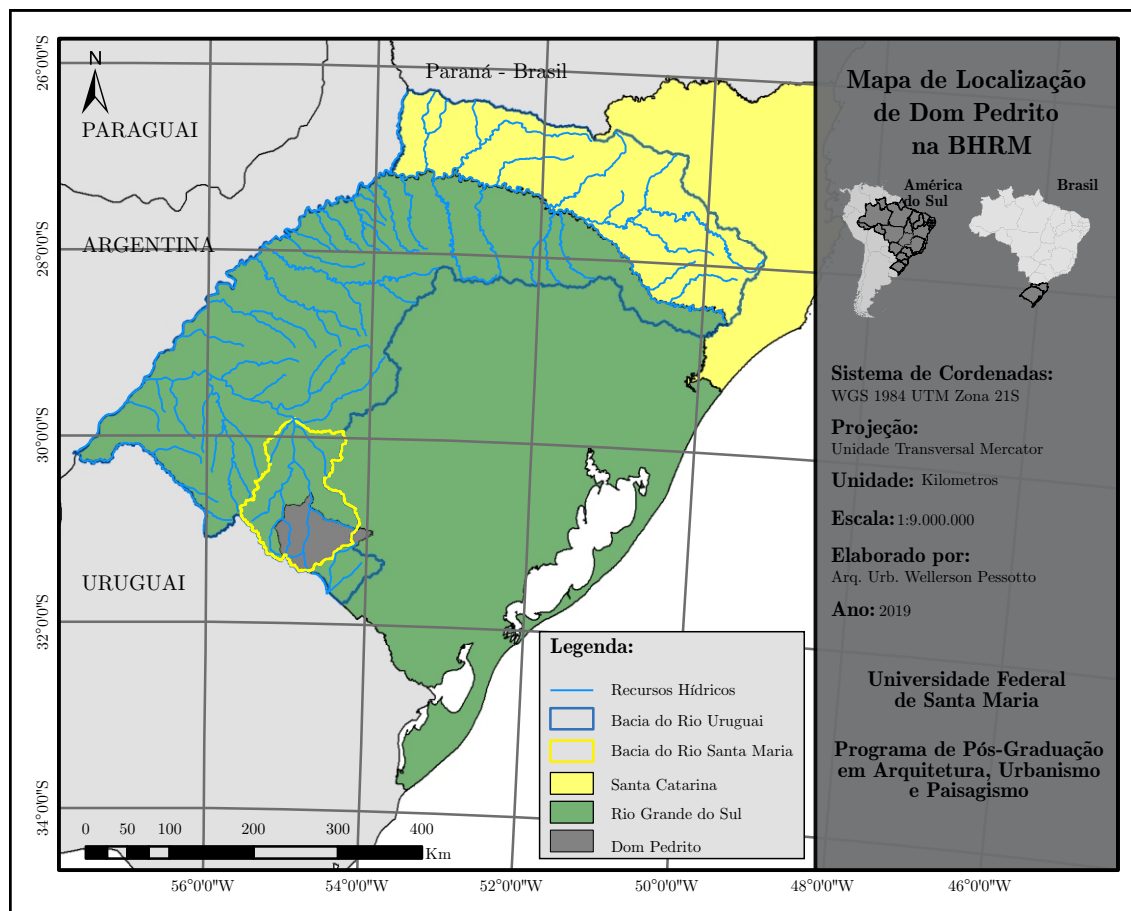
No tocante a questão hídrica, o perímetro urbano de Dom Pedrito está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria (BHRSM) (Figura 3.1), margeado pelo rio Santa Maria a oeste e sul, existentes dois importantes afluentes, a Sanga das Piugas e Sanga da Charqueada, mais ao norte com menor influência o Arroio Marli Cassol.

Para Castilho e Giotto (2004) o fenômeno significativo como barreira natural são as cheias do Rio Santa Maria que atingem áreas ocupadas por construções notadamente a oeste e a sul dos atuais limites urbanos. Essas cheias comprometem a ocupação de uma extensa faixa de terras entre a cidade e o rio.

Segundo Menegon (2018), no município de Dom Pedrito, são encontradas unidades geológicas do Escudo Sul-Riograndense denominadas informalmente de Embasamento Cristalino, da Bacia do Camaquã, e unidades sedimentares pertencentes à Bacia do Paraná.

Cavalcanti et al. (2009) trazem que o clima da região se caracteriza como úmido e subúmido, onde a precipitação pluviométrica anual varia de 1300mm a 1500mm. Nos meses de dezembro a março, ocorre uma deficiência hídrica, e os meses de junho, setembro e outubro costumam ser os mais chuvosos conforme Menegon (2018).

Figura 3.1 – Localização de Dom Pedrito dentro da BHRSM



Organização: Autor.

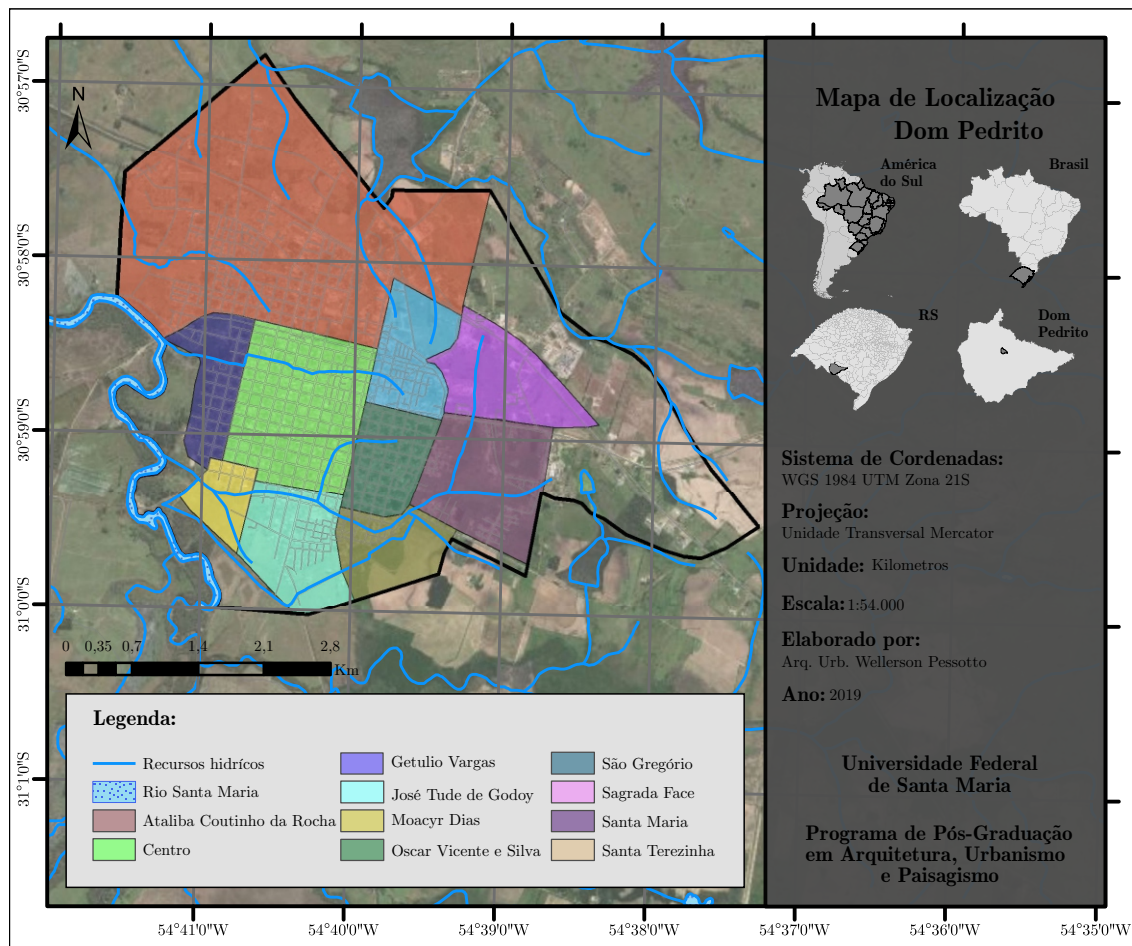
Ainda baseado em dados oriundos do Censo de 2010, Dom Pedrito tem a segunda maior população da MCM número inferior apenas à Bagé. Em relação ao estado do Rio Grande do Sul fica em 52º lugar em relação ao número de habitantes. Do total desta população (38.898 habitantes), 91%, se encontra em zona urbana e o restante em zona rural, e 19.791 (51%) são do gênero feminino e 19.107(49%) masculino.

Sua população se caracteriza como adulta (de 19 a 59 anos) contabilizando 54%, sendo outros 30% de crianças (até 11 anos) e adolescentes (de 12 a 18 anos) e 16% de idosos. As faixas etárias que correspondem a crianças, adolescentes e idosos são as preconizadas pelo Estatuto da Criança e do Adolescente (Lei no 8.069 de 13 de julho de 1990) e pelo Estatuto do Idoso (Lei no 10.741 de 01 de outubro de 2003), respectivamente.

O perímetro urbano de Dom Pedrito corresponde apenas a 0,4% da área total do município, sendo formado pelos bairros Ataliba Coutinho da Rocha, Centro, Getúlio Vargas, José Tude de Godoy, Moacyr Dias, Oscar Vicente da Silva, Sagrada Face, Santa Maria, Santa Terezinha e São Gregório (Figura 3.2. Sua zona urbana é dividida em nove Macrozonas, sendo estas: Macrozona Central, Industrial, Mista, de Estruturado I e II,

Expansão do Centro, Restrição, Zona Especial de Interesse Cultural e Paisagístico, e Zona Especial de Interesse Social (ZEIS).

Figura 3.2 – Mapa de localização de Dom Pedrito-RS



Organização: Autor.

A área territorial do município é a quarta maior do Estado e a maior na Microrregião, isso resultou em alguns fatores como o investimento na agropecuária, por exemplo. Entretanto, ocasiona outros desfavoráveis, sendo um deles a baixa densidade demográfica, conforme apresenta Tabela 3.1. A densidade demográfica do município é de 7,47 Hab/Km²), sendo que Bagé, município que contém a maior, tem 28,71 Hab/Km². Contudo, cabe observar que a microrregião possui uma baixa densidade, pois, mesmo que Dom Pedrito tinha uma taxa baixa, os municípios de Aceguá e Lavras do Sul possuem densidade demográfica de 2,92 Hab/Km², e Hulha Negra de 7,61 Hab/Km².

Dom Pedrito tem um PIB de R\$ 1.180.495,81 ocupando, respectivamente, a segunda e a 50ª posição na sua Microrregião e no Estado. Barreto e Fontoura (2011) salientam que, na década de 1950, a principal fonte de renda do município era a pecuária devido à grande área territorial e aos campos da região possuírem as melhores pastagens do Rio Grande do Sul. Contudo, após a lei do Crédito Rural em 1965, em âmbito nacio-

Tabela 3.1 – Área territorial e densidade demográfica dos municípios da Microrregião da Campanha Meridional (FEE, 2018)

Municípios da MCM	Área territorial (Km ²)	Densidade Demográfica (Hab/Km ²)
Aceguá	1.549,38	2,92
Bagé	4.095,53	28,71
Dom Pedrito	5.192,10	7,47
Hulha Negra	822,89	7,61
Lavras do Sul	2.600,60	2,92

Organização: Autor.

nal, a pecuária foi substituída nas grandes propriedades pelas monoculturas agrícolas, se instalando em Dom Pedrito a produção de arroz, passando às mãos de uma nova elite, oriunda do norte e do centro do estado.

Analisando os valores do PIB municipal a partir dos dados dos municípios fornecidos pelo IBGE, fica evidenciada a importância da produção agropecuária para a economia da cidade. Colocados em ordem decrescente de valores absolutos, percebe-se que o Valor Adicionado Bruto (VAB) da agropecuária de Dom Pedrito está entre os cinco maiores do Rio Grande do Sul (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 – Produto Interno Bruto dos Municípios - 2015 (VAB agropecuária - Rio Grande do Sul) (FEE, 2018)

Ranking	Município	(mil reais)
1º	Cachoeira do Sul	441.087,80
2º	Uruguaiana	426.653,84
3º	Tupanciretã	411.888,68
4º	Dom Pedrito	409.942,43
5º	Alegrete	407.681,39

Organização: Autor.

O Estado do Rio Grande do Sul é caracterizado pela produção primária, sendo essa a atividade de maior parcela do seu PIB. Mesmo Dom Pedrito tendo a quarto maior VAB do estado, o seu VAB de serviços é sua principal fonte de renda (Tabela 3.3). É característico do setor agropecuário não agregar muito valor ao Produto Interno Bruto (PIB), mesmo movimentando uma quantia considerável de recursos (BARRETO; FONTOURA, 2011).

Tabela 3.3 – PIB Municipal 2015 Dom Pedrito-RS (FEE, 2018).

VAB da Agropecuária	409.942,43
VAB da indústria	96.495,48
VAB serviços (adm. Pública)	610.111,61
Total	1.116.549,52

Organização: Autor.

Para compreender como se estabeleceram as áreas de risco de inundação em Dom Pedrito, é necessário conhecer a seu histórico como se deu o seu processo de urbanização, seção apresentada na sequência.

3.1 HISTÓRICO E URBANIZAÇÃO

Em 1754, o município de Dom Pedrito foi o marco do Tratado de Madri, onde as terras a oeste do Rio Santa Maria passaram a pertencer aos espanhóis e à Estância de São Nicolau, e, a leste, aos portugueses e à Estância São Miguel. Em 1801 as terras a oeste voltaram a pertencer aos portugueses, porém, antes disso, devido a constantes lutas pelo domínio do território entre portugueses e espanhóis, a região acabou se tornando conhecida por fronteira do vai-e-vem (LOPES, 1972).

Conforme Lopes (1972), cavalo e o gado são introduzidos pelos europeus no século XVI e no século XVII, nos territórios do norte da Argentina, do Uruguai e do Rio Grande do Sul. Segundo o autor, o fato de o couro ter um valor alto para a Europa, matar o gado para a retirada da pele acabou se tornando a principal atividade econômica da região. A coroa espanhola, então, passa a exigir uma licença e o pagamento de tributos sobre este tipo de serviço, atraindo vários desertores dos exércitos espanhóis e portugueses que sobreviveram à margem da sociedade colonial durante todo o século XVIII exercendo essa atividade.

Em 1770, um grupo de aproximadamente 12 pessoas, desertores do exército espanhol, sob o comando de Dom Pedro do Ansoategui, conhecido como o Don Pedrito, passam a construir um posto de contrabando a oeste do Rio Santa Maria. Essa estrutura, montada por Ansoategui, ganhou mais importância com a implantação de estabelecimentos comerciais, como mercados e pousadas, que prosperaram com rapidez devido ao aumento de fregueses, surgindo então as primeiras moradias em alvenaria.

Já em 1829 passa a ser oferecido o serviço de balsa, que se tornou meio de transporte obrigatório para atravessar o rio em segurança. Logo, grandes casas comerciais, com produtos importados, foram inauguradas, fazendo com que os estancieiros não precisassem mais se deslocar a lugares distantes, consolidando o povoamento (LOPES, 1972).

As inundações do Rio Santa Maria já traziam problemas naquela época. Conforme Lopes (1972), por volta de 1852 se tem o registro da primeira ordem de restrição à ocupação das margens do Rio Santa Maria pelo Governo Provincial, a pedido do cidadão Bernardino Ângelo da Fonseca e do Padre Bastos. Então, em 1854, o agrimensor Hermes Ernesto da Fonseca lidera uma comitiva que decide transferir o passo de Dom Pedrito para a margem ao leste do Rio Santa Maria.

Em 30 de outubro de 1872 pela lei de n.815, o passo de Dom Pedrito desmembrou-se do terceiro e quarto distrito de Paz (município de Bagé). No ano de 1888, com o fim da escravatura no Brasil, Dom Pedrito passou a categoria de cidade (CASTILHO, 2004).

Com os estudos realizados pelo agrimensor Hermes Ernesto da Fonseca, em 1854 iniciaram os primeiros loteamentos junto à Praça General Osório, se estendendo no sentido leste e oeste, em direção ao Rio Santa Maria e antiga estação férrea formando, assim, o primeiro eixo urbano, atual Avenida Rio Branco (Figura 3.3). Posterior a isso, a instalação da linha férrea ao norte, fazendo com que um novo eixo se criasse, mas, esse no sentido norte sul, atual Avenida Barão do Upacarai (CASTILHO, 2004).

Figura 3.3 – Imagem de satélite Praça General Osório e Avenidas Rio Branco e Barão do Upacarai



Fonte: Google Earth.

O parcelamento do solo urbano se caracteriza pelo traçado viário em xadrez configurando quarteirões com 105,60 metros de lado, referente a 480 palmos, o que originou uma divisão em lotes de 26,40 metros x 26,40 metros de esquina e 13,20 x 52,80 metros de meio de quadra.

Esse tipo de traçado, com gabarito de medida metódica em suas vias, (sendo esta de 22 metros), dificulta a hierarquização de fluxos viários, além de deixar uma grande área

perdida nos centros dos quarteirões, ocasionadas pela excessiva profundidade dos lotes e, como consequência, uma densidade urbana mais baixa.

Dessa forma, em relação a ocupação do solo urbano nas áreas centrais, o Plano Diretor do município, datado de 2011, em seu Art. 23 prioriza o aproveitamento dos vazios urbanos, das áreas subutilizadas (nos lotes), e a contenção da ocupação das parcelas do território mais vulneráveis às inundações.

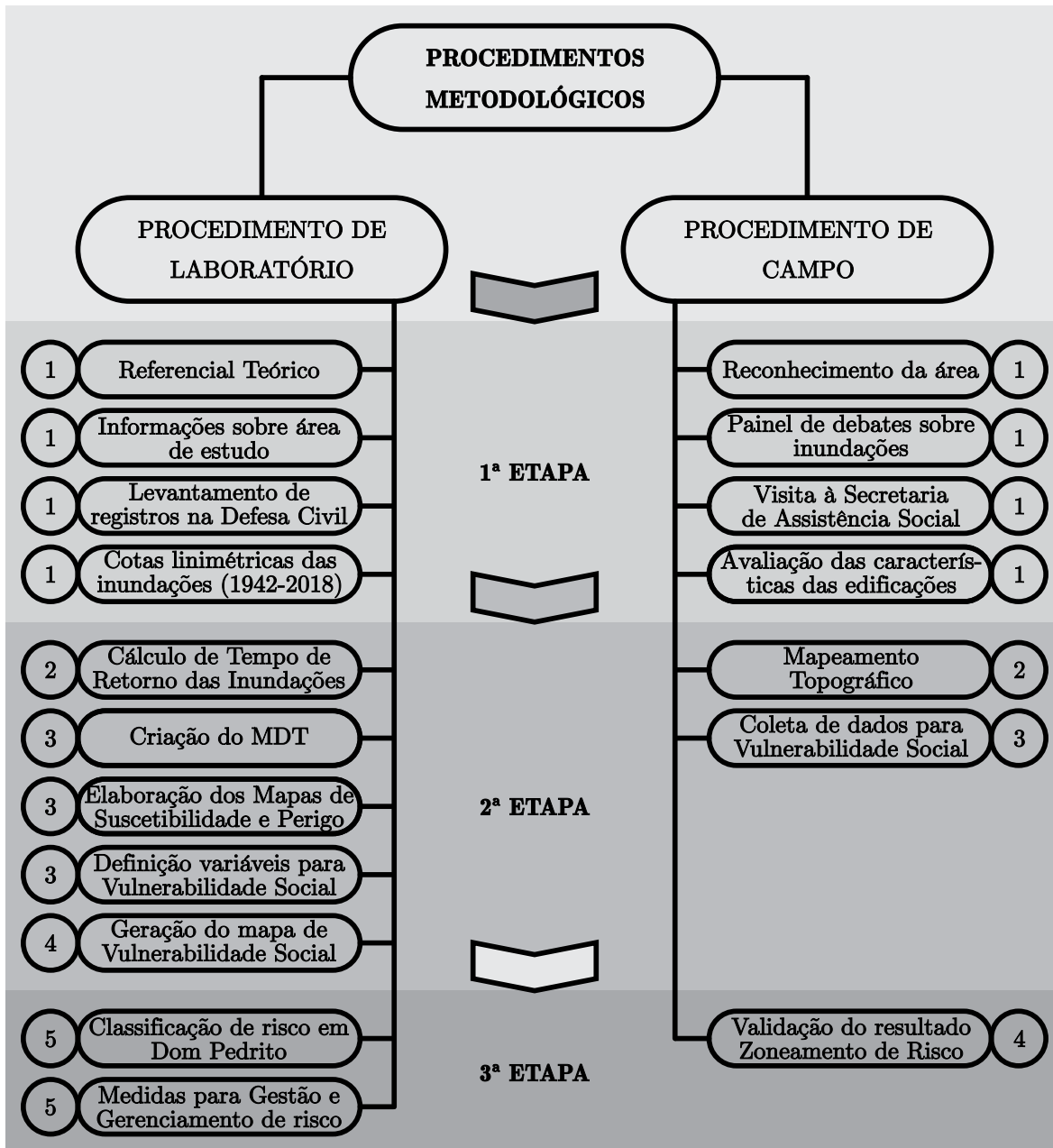
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo serão apresentados os procedimentos metodológicos que foram executados nesta pesquisa buscando atender aos objetivos propostos.

A estrutura metodológica escolhida para esta pesquisa procurou aplicar as bases teóricas estudadas durante o curso. Foi realizado um Zoneamento de Risco a inundações utilizando técnicas de geoprocessamento, reunindo dados qualitativos (análise de vulnerabilidade social) e quantitativos (histórico de inundações, Tempo de Retorno, áreas suscetíveis e classificação de perigo).

Os procedimentos metodológicos foram resumidos em itens, distribuídos em duas categorias (Procedimento de laboratório e Procedimento de campo) subdivididos em três etapas de pesquisa. O fluxograma da Figura 4.1 resume os procedimentos metodológicos que foram aplicados nesta dissertação.

Figura 4.1 – Fluxograma metodológico



Organização: Autor.

4.1 PRIMEIRA ETAPA

Esta etapa compreendeu um estudo sobre as temáticas relacionadas a inundações e medidas para evitar seus prejuízos à população afetada, seguida por um levantamento dos registros de cotas altimétricas das inundações e decretos de emergência na Defesa Civil. Também realizou-se uma visita a campo para fazer o reconhecimento da área e das ações já realizadas pelo município.

4.1.1 Procedimento de Laboratório 1

Os procedimentos executados em laboratório, nessa primeira etapa, consistem na leitura e elaboração de um referencial teórico para embasar e sustentar os procedimentos adotados e auxiliar na caracterização da área de estudo. Realizou-se uma revisão bibliográfica sobre os seguintes temas: desastres naturais, risco e as variáveis envolvidas em seu estudo e quantificação, inundações, resiliência, gestão e gerenciamento, bem como, medidas mitigadoras de eventos de inundação.

Buscou-se informações sobre a área de estudo (Dom Pedrito) em livros, artigos científicos, dissertações, teses e Plano Diretor Municipal. Nessa etapa, foi realizado um levantamento dos eventos de inundação, no site da Defesa Civil (BRASIL, 2019), com base nos decretos de emergência e calamidade pública, além das séries históricas de inundação para o período de 1942 a 2019, contidas no trabalho de Castilho (2004) e no sítio Hidroweb da ANA.

Cabe destacar que a etapa de revisão bibliográfica foi contínua, se encerrando apenas no final da dissertação, pois, entende-se que é importante seguir atualizando pesquisas e buscando autores que estudem a temática. Da mesma forma, foi realizada a atualização de dados e informações relacionadas aos eventos de inundação.

Ainda nessa etapa de laboratório, elaborou-se as bases cartográficas que foram utilizadas em campo para atualização das edificações existentes na zona de suscetibilidade a inundação do município, utilizando imagens do Google Earth. Foi utilizado o mapa base da zona urbana de Dom Pedrito elaborado pelo Laboratório de Geoprocessamento do Centro de Ecologia (LABGEO) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), datado no ano de 2010, com escala de 1:50.000 e, sobre ele, desenhado com o auxílio do ArcGIS[®] as edificações identificadas nas imagens de satélites e visitas *in loco*.

4.1.2 Procedimento de Campo 1

Para conhecer e compreender a importância do tema de estudo para Dom Pedrito, nos dias 09 e 10 de agosto do ano de 2018, foi realizado o primeiro trabalho de campo. Nessa atividade, foram visitados os principais bairros e comunidades em risco de inundação, bem como, foi observado os diferentes padrões construtivos das moradias e as condições ambientais do entorno.

Essa atividade ocorreu em companhia da Professora Orientadora Dra. Andrea Valli Nummer e, do Co-orientador o Ms. José Leonardo de Souza Castilho, Arquiteto Urbanista, Ex-Secretário de Obras da prefeitura de Dom Pedrito e Pró-Reitor da URCAMP (Universidade da Região da Campanha). Na ocasião, foi realizado um painel de debates no Campus Universitário de Dom Pedrito-RS, tendo sido abordado o tema, “Gestão de

risco no planejamento urbano, para revisão do Plano Diretor de Dom Pedrito-RS”. As informações e assuntos discutidos nesse painel serviram para orientação e definição dos objetivos propostos na pesquisa.

Ainda nessa etapa de reconhecimento de campo, foi realizada uma visita à Secretaria da Assistência Social do município, onde a Secretária, Sra. Evanda Fenner Massirer, apresentou alguns dados sobre a população residente nas áreas de risco. Também foi realizada uma visita à Secretaria do Meio Ambiente, onde foram apresentados dados sobre as inundações, pelo geólogo Bruno Scorsatto Menegon.

Uma segunda visita a campo ocorreu no dia 22 de novembro, com as alunas da Disciplina de Desastres Socioambientais e Vulnerabilidade (2018), do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo (PPGAUP) da UFSM. Foram visitadas as áreas de risco e, ao final do dia, foram discutidas quais seriam as variáveis possíveis a serem analisadas para compor a Vulnerabilidade Social, considerando a opinião do grupo. Esta ação foi muito proveitosa, pois gerou diversos questionamentos, debates e opiniões.

4.2 SEGUNDA ETAPA

A segunda etapa resumiu-se em procedimentos de laboratórios (4) e de campo (3). No primeiro procedimento de laboratório deu-se o cálculo de Tempo de Retorno a inundação, já o primeiro procedimento de campo dessa etapa foi o mapeamento topográfico. O segundo procedimento de laboratório da etapa, o terceiro da pesquisa, compreendeu a criação do MDT, elaboração dos Mapas de Suscetibilidade e Perigo, e definição das variáveis para Vulnerabilidade Social. O segundo procedimento de campo dessa etapa, e terceira da pesquisa, resumiu-se em realizar a coleta de dados para Vulnerabilidade Social. Por último, no procedimento de laboratório 4, foi elaborado o mapa de Vulnerabilidade Social.

4.2.1 Procedimento de Laboratório 2

Nessa etapa foi realizado o cálculo do Tempo de Retorno, pois, quando se busca analisar o processo de inundação é muito importante que se faça relação entre as ocorrências dos eventos com o intervalo de recorrência dos mesmos. Uma das alternativas mais eficientes apontadas na literatura é o Tempo de Retorno (AIMON, 2017).

Essa etapa no processo metodológico foi fundamental para gerar o Mapa de Suscetibilidade e Perigo. Com base no Tempo de Retorno foi possível identificar as áreas com maior suscetibilidades às inundações e os diferentes graus de perigo.

A metodologia utilizada para calcular o TR das inundações do perímetro urbano de Dom Pedrito-RS, baseou-se no trabalho realizado por Menegon (2018) que utiliza a Lei de Distribuição de Gumbel. Justifica-se o uso, pois, segundo Pereira e Sarmiento (2017), é a distribuição mais utilizada para analisar a frequência de variáveis hidrológicas, apresentando vantagens em relação as demais leis.

Baseado na metodologia empregada por Menegon (2018), a equação 4.1 foi utilizada para o ajuste dos dados.

$$x = X - s \left\{ 0,45 + 0,7797 \ln \left[\ln \frac{Tr}{Tr - 1} \right] \right\} \quad (4.1)$$

Sendo que x equivale a cota da lâmina de água máxima ajustada (m), X e corresponde a média os valores de cota da lâmina de água máxima coletados (m), a variável s representa desvio padrão das cotas da lâmina de água máxima anual (m) e Tr o Tempo de recorrência (anos).

Para a média e o desvio padrão, respectivamente, empregou-se as equações de 4.2 e 4.3.

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n xi}{n} \quad (4.2)$$

$$s = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (xi - X)^2}}{n - 1} \quad (4.3)$$

Entendendo assim que X é a média aritmética (m), xi a medida de dispersão da variável (m), n o número total de dados e s representa desvio padrão (m).

A Lei de Distribuição de Gumpel não trabalha com a hipóteses de ocorrer mais de uma inundação em um ano, sendo assim, consultando a bibliografia, optou-se, para complementar os TR menores que um ano, a utilização da metodologia apresentada por Kurek (2012), conforme equações 4.4 e 4.5. Nesse caso, a probabilidade (P) significada quantas vezes o evento foi igualado ou superado, assim demonstrando como foi calculado o TR para eventos que ocorreram mais que uma vez ao ano.

$$Tr = \frac{1}{P} \quad (4.4)$$

$$P = F = f_n / \Delta t \quad (4.5)$$

Para melhor compreensão das equações acima, cabe destacar que Tr significa Tempo de Retorno (anos); P igual probabilidade, F igual número que um evento é igualado ou superado e Δt significa o intervalo de tempo.

Para o cálculo do TR foi realizado um levantamento de documentos oriundos da Defesa Civil, contemplando ofícios para decretos de emergência, a forma de registro e o documento presente, além dados linimétricos das estação da Agencia Nacional das Águas

- ANA, através do sítio *Hidroweb* onde são encontradas séries históricas das cotas altimétricas dos níveis do Rio Santa Maria no município.

Pelo fato de a estação da ANA ter dados a partir do ano 2000, complementou-se os dados com informações a respeito da cota de inundações oriundas do trabalho de Castilho (2004), sendo que o autor coletou informações de 1942 até 2002 do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da (UFRGS).

Com o intuito de analisar os dados obtidos por meio do *software Microsoft Office Excel*, foi possível organizar as informações, sendo classificada a maior cota registrada por ano de 1942 a 2019, com exceção dos anos 1957 e 1958, de 1960 a 1964, de 1978 até 1987, de 1990, e de 1994 a 1999, assim, totalizando 55 anos com registro em uma série de 77 anos. Ainda com o aplicativo mencionado, foi classificado o ranking das 10 maiores cotas registradas, apontando a origem do dado e, também, se houve registro na Defesa Civil, além de realizar o cálculo do TR.

Utilizando a ferramenta *Curve Fit* do *software MATLAB*[®], foi realizada a análise dos dados por meio de quatro estimadores, sendo estes: Fourier com 5 termos, Exponencial com 2 termos, Polinômio com 6 termos e Potência com 2 termos. Com base nos resultados foi escolhido o estimador que mais se aproximou dos dados pressupostos e amostras, além de caracterizar os erros amostrais, denominados resíduos.

4.2.2 Procedimento de Campo 2

Nessa etapa foi efetuada a correção das cotas altimétricas e a criação do MDT (Modelo Digital do Terreno). Destaca-se a importância dessa etapa, pois os dados coletados foram analisados e pós processados, apresentando um panorama inicial da topografia do sítio em estudo.

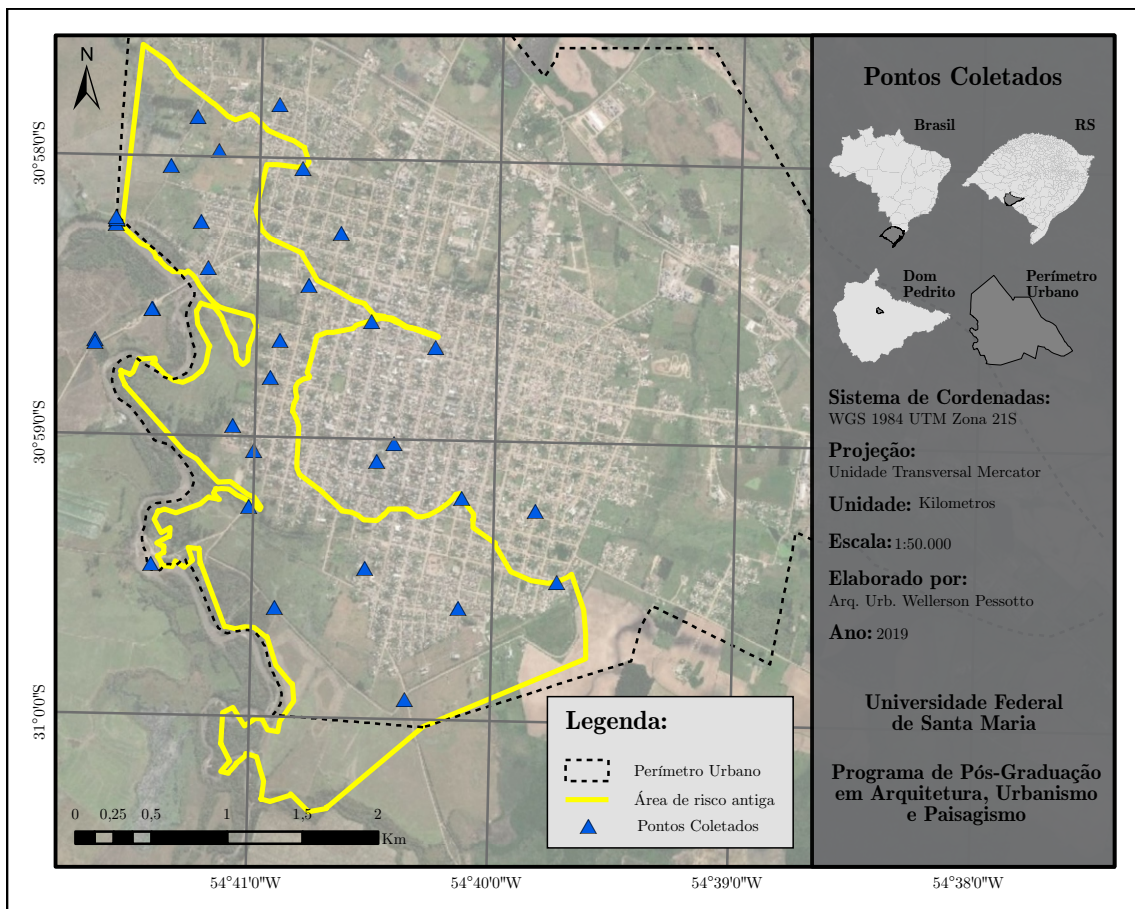
Baseado no levantamento planialtimétrico realizado pela Corsan, em 2002, foi realizado um mapeamento topográfico dentro da área de risco estabelecida pela CPRM (Figura 4.2), utilizando um equipamento do tipo GPS de precisão, modelo R90 da marca Ruide, onde foram coletados 34 pontos, apresentados espacialmente na Figura 4.3.

Figura 4.2 – Coleta de pontos altimétricos com GPS de precisão



Organização: Autor.

Figura 4.3 – Pontos coletados em campo



Organização: Autor.

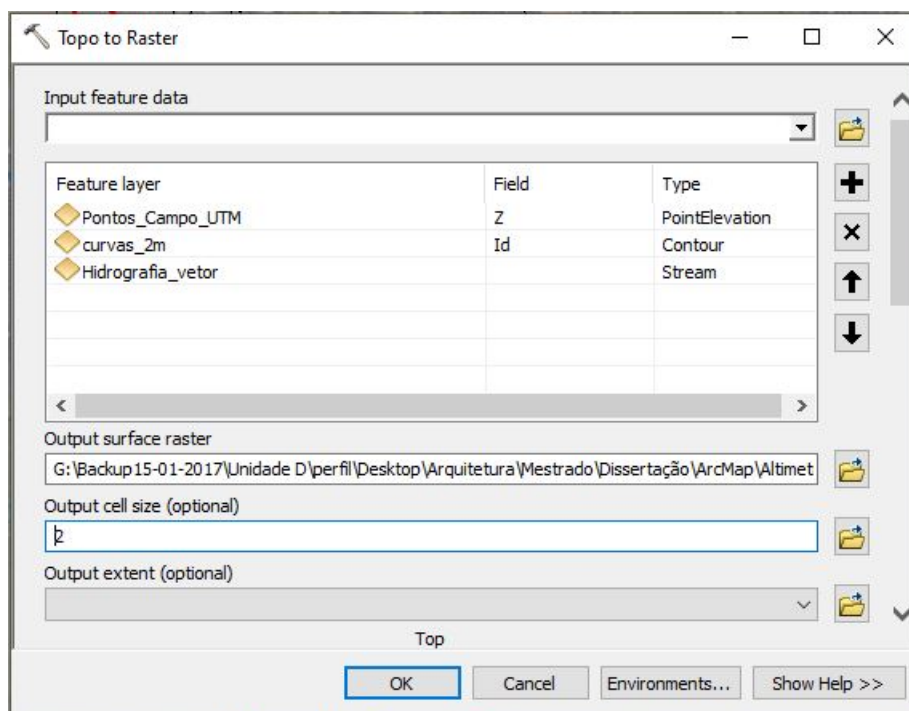
Posteriormente, os pontos coletados a campo passaram pela etapa de pós processamento, em que os dados foram apurados e avaliados, possibilitando uma maior precisão ao levantamento. Essa fase foi realizada com a utilização dos *softwares Topcon Tools*[®] para a correção dos erros e apreciação dos resultados nos dias do levantamento, e pelo *MapGeo*[®] para a correção geoidal, dando exatidão no altimetria de cada ponto.

4.2.3 Procedimento de Laboratório 3

Após realizado o procedimento de campo 2, no laboratório, com o auxílio do *software ArcGIS*[®] vetorizou-se por meio do *basemap* todos recursos hídricos existentes no município com a intenção de compreender como os mesmos ocorrem, mas, também, afim, utilizar seus fluxos para a criação do MDT.

Posteriormente, utilizando a ferramenta *Topo to raster*, foi possível realizar a criação do MDT, considerando o levantamento altimétrico da Corsan (*Polygon*), os pontos do mapeamento topográfico realizado a campo com GPS de precisão (*Point Elevation*) e, também, o sentido dos cursos d'águas (*Stream*), (Figura 4.4).

Figura 4.4 – Processamento de dados para criação de MDT



Organização: Autor.

Conforme Aimon (2017), é preciso dar atenção para a qualidade do modelo e a importância em dados confiáveis para a resolução do MDT, a fim de que seja compatível

com a escala das informações, além dos números de repetições, pois, quanto mais variação altimétrica tiver o relevo, maior será seu número de iterações.

Seguindo a metodologia de Prina (2015), o Mapa de Suscetibilidade foi elaborado utilizando o MDT considerando a cota máxima obtida do cálculo do TR (75 anos). Para elaboração do Mapa de Perigo utilizou-se o mapa de urbanização em área suscetível à inundação, cruzando esses com os dados do cálculo de TR, conforme apresenta a Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Graus de perigo conforme Tempo de Retorno

Graus de Perigo	Tempo de Retorno (anos)
Perigo Alto	0,39
Perigo Alto	0,44
Perigo Médio	25
Perigo Baixo	75

Organização: Autor.

Dessa forma, o *software* ArcGIS[®] permitiu fazer o cruzamento de informações já obtidas em etapas anteriores: Tempo de Retorno versus urbanização, e, com isto, foram obtidos os graus de perigo subdivididos em três classes: alto, médio e baixo.

A elaboração do Mapa de Vulnerabilidade Social foi obtido por meio do cruzamento de pontos com variáveis consideradas fundamentais neste estudo. As variáveis componentes da Vulnerabilidade Social foram obtidas através de três formas diferentes: em campo, por meio de levantamento de dados do Censo do IBGE e da Secretaria de Assistência Social.

A metodologia utilizada para escolha das variáveis de vulnerabilidade a serem analisadas em campo compreendeu: análise dos dados do Censo do IBGE e da Secretaria de Assistência Social e pela aplicação de um questionário semiestruturado aos professores do Laboratório de Geologia Ambiental da Universidade Federal de Santa Maria (LAGEOLAM) que possuem experiência em pesquisas sobre mapeamento e avaliação de risco. A ideia era que fossem apontadas quais variáveis deveriam ser consideradas para a quantificação da Vulnerabilidade Social.

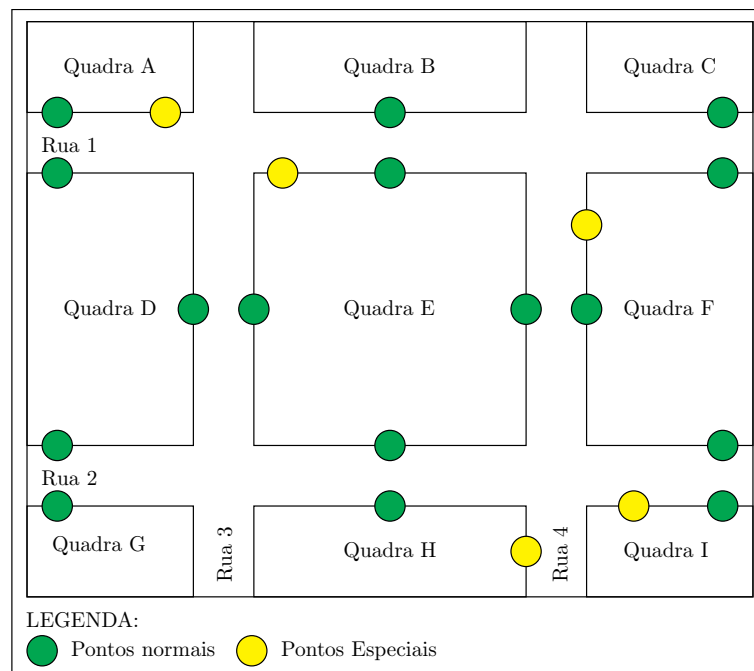
O questionário foi formulado considerando o referencial teórico sobre Vulnerabilidade Social contendo dois tipos de perguntas: abertas e fechadas (Apêndice A). Consideraram-se perguntas abertas as questões de número um, dois e quatro, pois, os pesquisadores puderam descrever suas opiniões. Já a questão de número três se caracteriza como uma pergunta fechada, sendo que os pesquisadores tiveram que classificar as opções em três graus de importância, sendo 1 o grau com menor importância e 3 o valor com mais alta importância.

Mediante esse estudo foi possível identificar as variáveis consideradas importantes para o mapeamento da área de risco, sendo estas: densidade demográfica; número de moradores no setor; pessoas com dependência (crianças, idosos e pessoas com necessidades especiais); faixa etária; nível de ensino do chefe de família; renda familiar; situação do imóvel (regular ou irregular); escolas, creches e ginásios que possam abrigar essa população; água potável; condição da construção (velha, intermediária e nova); material de construção (madeira, misto e alvenaria); número de pavimentos; tamanho (m²) e pé direito da construção (altura).

Contudo, o fato deste trabalho ser uma dissertação de mestrado, e não haver tempo hábil para se realizar um questionário para cada uma das 2 mil famílias em risco, optou-se por buscar na bibliografia procedimentos para analisar e descrever à Vulnerabilidade Social de forma perceptiva, usando métodos de avaliação já utilizados em outros estudos.

Nesta pesquisa, para avaliar a Vulnerabilidade Social, foi realizada uma caracterização de cada lado (norte, sul, leste e oeste) dos quarteirões (Figura 4.5) dispostos dentro da área de perigo, onde cada orientação da quadra foi classificado com um determinado grau de Vulnerabilidade Social. Entretanto, quando alguma edificação não se caracteriza com o grau identificado para as demais, esta recebeu o grau que lhe caracterizava.

Figura 4.5 – Metodologia para caracterização de cada face da quadra

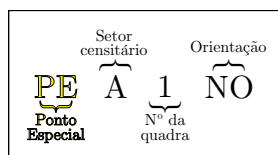


Organização: Autor.

Os dados obtidos a campo foram espacializados com auxílio do *software* ArcGIS[®], usando a base cartográfica do município, vetorizando através de um ponto cada orientação da quadra.

Com o intuito de atingir uma melhor organização e poder analisar o levantamento realizado, as quadras foram divididas dentro do seu setor censitário, numeradas conforme sua ordem (norte-sul e oeste-leste), e classificadas conforme sua orientação (norte, noroeste, oeste, sudoeste, sul, sudeste, leste, nordeste), ilustrado na Figura 4.6. Nas situações em que edificações se diferenciavam das demais foi acrescentado as letras PE (Ponto Especial) no início da sequência, para poder identificá-las.

Figura 4.6 – Nomenclatura utilizada na organização dos pontos coletados



Organização: Autor.

Para auxiliar com essa forma de organização, e buscando melhorar a análise e conferência dos dados obtidos a campo, as residências da quadra investigada foram registradas por meio de fotografia.

Passada essa explanação quanto a coleta dos dados de Vulnerabilidade Social, e com base em estudos já realizados, as condições impostas pelas características da área de estudo, a demanda, juntamente com o tempo para pesquisa, optou-se pela análise das seguintes variáveis: tamanho da edificação, número de pavimentos, material, estado de conservação da edificação, estado de conservação das aberturas, edificação elevada, esgoto ao céu aberto, lixo acumulado e reprodução do rural. A importância das variáveis está descrita na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Variáveis selecionadas para avaliação de Vulnerabilidade Social

Variável	Fundamentação	Natureza da influência
Tamanho da edificação	Casas maiores representam melhores condições socioeconômicas	Diminui
Número de pavimentos	Maior número de pavimentos auxilia para que as pessoas possam se abrigar nos andares superiores	Diminui
Material	Edificações em alvenaria representam melhores condições socioeconômicas e maior segurança em relação às de madeira e mistas	Diminui
Estado de conservação da edificação	Casas pintadas, com reboco, telhados de qualidade, representam maior cuidado e melhores condições socioeconômicas	Diminui
Estado de conservação das aberturas	Pintura, bom acabamento e material de qualidade apresentam maior cuidado e melhores condições socioeconômicas	Diminui
Edificação elevada	Moradias construídas sobre aterros, o que a torna mais elevada em relação às demais	Diminui
Lixo acumulado	Presença de lixo no pátio da moradia ou na rua	Aumenta
Esgoto ao céu aberto	Esgotos ao céu aberto ou utilização de córregos para tal, são vetores para doença, além de afetar a qualidade de vida da população quanto seu odor	Aumenta
Reprodução do rural	Moradias com presença de galinheiros, cavalos, carroças, armazenamento de areia, representam que moradores são extrativistas ou vieram do meio rural	Aumenta

Organização: Autor.

Mesmo examinada discriminadamente, seu somatório resultará no grau de Vulnerabilidade Social, entretanto, as variáveis evidenciam três características das edificações: a condição econômica dos habitantes, o grau de proteção em relação as inundações, a condição da área em que está inserida e a liminariedade dessa população.

A cada variável foi atribuída uma nota e um peso conforme o seu grau de importância, considerando as características da população nas visitas a campos para reconhecimento da área, apresentados na (Tabela 4.3). Destaca-se que essa distribuição dos pesos foi definida com base nas características locais, considerando o referencial teórico e também as informações da Secretaria de Serviço Social do Município. Logo, as variáveis adotadas nesta pesquisa podem não ser representativas para outros municípios.

Tabela 4.3 – Pesos e notas para Mapeamento de Vulnerabilidade Social

(a)

TAMANHO DAS EDIFICAÇÕES		
Classificação	Nota	Peso
Pequena	10	20%
Média	6	
Grande	2	
NÚMERO DE PAVIMENTOS		
Classificação	Nota	Peso
Térrea	10	10%
Dois	6	
>Dois	2	
MATERIAL		
Classificação	Nota	Peso
Madeira	10	5%
Alvenaria	6	
Misto	6	
ESTADO DE CONSERVAÇÃO DA EDIFICAÇÃO		
Classificação	Nota	Peso
Ruim	10	15%
Média	6	
Boa	2	

(b)

ESTADO DE CONSERVAÇÃO DAS ABERTURAS		
Classificação	Nota	Peso
Ruim	10	5%
Média	6	
Boa	2	
EDIFICAÇÃO ELEVADA		
Classificação	Nota	Peso
Sim	2	10%
Não	10	
ESGOTO AO CÉU ABERTO		
Classificação	Nota	Peso
Sim	2	10%
Não	10	
LIXO ACUMULADO		
Classificação	Nota	Peso
Sim	2	10%
Não	10	
REPRODUÇÃO DO RURAL		
Classificação	Nota	Peso
Sim	2	15%
Não	10	

Organização: Autor.

O peso atribuído ao tamanho da edificação ficou em 20% do total do modelo, pois, o tamanho da edificação representa o conforto e a qualidade de comportar seus moradores.

Também representa a situação socioeconômica, considerando que casas maiores seriam de uma população com melhor poder aquisitivo e portanto, menor vulnerabilidade, do que a dos moradores de casas menores. Essa variável foi subdividida em três classes: pequena (Figura 4.7a), média (Figura 4.7b) e grande (Figura 4.7c). Já o número de pavimentos teve seu peso em 10%, pois é uma variável importante, contudo, não expressa a real Vulnerabilidade Social da população (foram encontrada casas de dois e três pavimentos em área de risco). Essa variável foi avaliada em três classes: térrea (Figura 4.8a), dois (Figura 4.8b) e >dois pavimentos (Figura 4.8c).

Figura 4.7 – Classificação conforme tamanho da edificação



Organização: Autor.

Figura 4.8 – Classificação conforme número de pavimentos



Organização: Autor.

A variável material teve apenas 5% do seu peso considerado, pois, mesmo sendo importante em outros municípios, em Dom Pedrito acaba se configurando um padrão geral devido a sua colonização portuguesa e espanhola, assim, suas notas ficaram em: Madeira -nota 10 (Figura 4.9a); Alvenaria (Figura 4.9b) e Misto-nota 6 (Figura 4.9c). Tais notas justificam-se pelo fato da maioria das suas construções serem em alvenaria, assim, não poderia colocar esse tipo de material com uma nota baixa, porque o grau de Vulnerabilidade Social das famílias que residem em edificações de alvenaria também é alto.

Figura 4.9 – Classificação conforme material da edificação



Organização: Autor.

Quanto ao processo de análise da variável estado de conservação da edificação, foi dividido em três classes: ruim-nota 10 (Figura 4.10a); média-nota 6 (Figura 4.10b); e boa-nota 2 (Figura 4.10c). Quanto ao seu peso do montante geral, ficou com 15%, entendendo que esse deve ser um dos maiores pesos, pois, consegue expressar de forma significativa a condição econômica das famílias. A variável “estado de conservação das aberturas” seguiu a mesma subdivisão e as mesmas notas, no entanto, seu peso é de apenas 5%, pois, foi utilizado como uma forma de diferenciar algumas famílias que conseguem cuidar melhor de sua casa, mesmo quando em condições ruins, nas variáveis elencadas acima.

Figura 4.10 – Classificação conforme estado de conservação da edificação



Organização: Autor.

Edificações elevadas ficaram com um peso de 10%, se justifica em função de algumas famílias fazerem terraplanagem para edificar suas residências, as deixando menos suscetíveis à inundação e diminuindo sua Vulnerabilidade Social. Assim, essa variável foi dividida em duas categorias: Sim-nota 10 (Figura 4.11a); e Não-nota 2 (Figura 4.11b).

Figura 4.11 – Classificação conforme ao seu nível de elevação



Organização: Autor.

Esgoto ao céu aberto e lixo acumulado tiveram seus pesos fixados em 10%, já que expressam a condição do entorno, sendo assim, foram atribuídas as notas: Sim-nota 10 (Figura 4.12a); e Não-nota 2 (Figura 4.12b).

Quanto a última variável, reprodução rural, foi dividida em duas classes, essas: Sim-nota 10 (Figura 4.12c); e Não-nota 2, com seu peso de 15% para o modelo.

Figura 4.12 – Classificação conforme lixo acumulado, esgoto ao céu aberto e reprodução do rural



Organização: Autor.

Justifica-se a distribuição das notas nos logaritmos quanto ao seu grau de Vulnerabilidade Social: 10 (maior), 6 (intermediário) e 2 (baixo), pois, essa “ordem” foi a que melhor apresentou diferenciação na contagem matricial, pelo fato de haver muitas variáveis, e pesos diferentes.

4.2.4 Procedimento de Campo 3

O procedimento de campo 3 destinou-se a coletar os dados para Vulnerabilidade Social, seguindo a metodologia explanada anteriormente. Dessa forma, elaborou-se uma caderneta de campo apresentada na figura 4.13.

Cada item era preenchido conforme a forma de organização dos dados e as variáveis utilizadas. O horário de coleta serviu para a organização das fotografias tiradas das edificações.

Foi elaborado, ainda, um roteiro seguindo a ordem alfabética dos setores censitários, percorrendo todas as quadras e ruas da área de risco. Esse trajeto se deu por veículo motorizado e alguns trechos realizados a pé, devido a dificuldade de acesso. Cabe salientar, que foi obtida autorização da Prefeitura Municipal, e uma rádio local, noticiou o trabalho que estava ocorrendo, para evitar qualquer tipo de problema aos moradores.

Para o processo de registros fotográficos, sempre que o proprietário da residência estava no local era pedida sua permissão. Da mesma forma, foi evitado fotografar os moradores, quando isso ocorria, o rosto era desfocado para preservar a identidade. Foram registradas 781 fotos, salvas em arquivo pessoal do autor. Num total, foram levantados 365 pontos, avaliados 119 quarteirões em 19 setores censitários.

Figura 4.13 – Caderneta de campo

SETOR CENSITÁRIO: _____ Quadra _____ Lado _____ Horário: _____

Tamanho da Edificação	Pequena	Média	Grande
Número do Pavimentos	Térrea	Dois	Maior que dois
Material	Alvenaria	Madeira	Mista
Estado de conservação da edificação	Bom	Médio	Ruim
Estado de conservação das aberturas	Bom	Médio	Ruim
Edificação elevada			
Esgoto ao céu aberto			
Lixo acumulado			
Reprodução do Rural			

Organização: Autor.

4.2.5 Procedimento de Laboratório 4

Após o levantamento, todos os dados foram lançados no aplicativo ArcGIS[®] obtendo, assim, o índice de Vulnerabilidade Social que foi classificado em quatro classes (Tabela 4.3), obtidas de notas e pesos apresentados na Tabela 4.3.

Tabela 4.4 – Graus de Vulnerabilidade Social conforme notas

Graus de Perigo	Nota
Vulnerabilidade Social Muito Alta	de 2,6 a 4,2
Vulnerabilidade Social Alta	de 4,2 a 6,3
Vulnerabilidade Social Média	de 6,3 a 8,4
Vulnerabilidade Social Baixa	de 8,4 a 9,0

Organização: Autor.

Lançados os dados para atribuição do índice de Vulnerabilidade Social de cada edificação, foi realizada uma modelagem por meio da ferramenta *Natural Neighbor* (ArcGIS[®]), com finalidade a geração de um arquivo matricial para a realização do mapa de Vulnerabilidade Social de Dom Pedrito-RS.

A escolha da ferramenta *Natural Neighbor* deu-se, pois, conforme Prina (2015), esse algoritmo mantém o valor das amostras na geração da modelagem final. Assim, é confiável que, ao final, se obterá o valor unitário de cada amostra.

4.3 TERCEIRA ETAPA

Essa etapa contempla a validação dos dados referente ao Zoneamento de Risco e o resultado da classificação definitiva após fase de validação. Com esses resultados, é apresentada a metodologia utilizada para escolha e construção das medidas de gestão e gerenciamento de risco à inundação.

4.3.1 Procedimento de Campo 4

Nessa fase do projeto foi realizada a validação dos dados para melhor precisão do resultado final. O mapa de Zoneamento de Risco foi impresso e levado a campo para validação. Nessa etapa foram considerados:

- Mapa fornecido pela Secretária de Assistência Social, com a localização das pessoas carentes atingidas pela inundação ocorrida em janeiro de 2019 e que necessitaram de apoio da Secretaria;
- Relação com os dados obtidos através dos setores censitários, conforme censo demográfico de 2010;
- Visita a campo, onde foram percorridos locais estratégicos, com o acompanhamento da orientadora, dos alunos da Disciplina de Desastres Socioambientais e Vulnerabilidade (2019) do PPGAUP da UFSM, e do geólogo da Prefeitura Municipal.

Após a validação foram realizados pequenos ajustes para a elaboração do mapa final (Capítulo 5).

4.3.2 Procedimento de Laboratório 5

Com os Mapas de Suscetibilidade, Perigo e Vulnerabilidade Social foi possível elaborar o Zoneamento de Risco à inundação. Conforme a metodologia de Prina (2015), a partir do cruzamento espacial dos dados de perigo e Vulnerabilidade Social, foram geradas quatro classes de risco, conforme evidenciado na Tabela 4.5.

As classes de Vulnerabilidade Social foram cruzadas com as classes de perigo, conforme Tabela 4.5 de onde se obteve os graus de risco e o Mapa de Zoneamento.

Tabela 4.5 – Ilustração de método para criação do Zoneamento de Risco

RISCO				
	Vulnerabilidade Social Muito Alta	Vulnerabilidade Social Alta	Vulnerabilidade Social Média	Vulnerabilidade Social Baixa
Perigo Alto	R1	R2	R3	R3
Perigo Médio	R2	R3	R3	R4
Perigo Baixo	R3	R3	R4	R4

Organização: Autor.

Após analisar as circunstâncias utilizadas para caracterizar o Risco na área de estudo, deve-se destacar as características particulares de cada classe de risco:

- A classe “R1 - Risco Muito Alto”, após o cruzamento espacial, resultará na intersecção de áreas com Perigo Alto e de Vulnerabilidade Social Muito Alta;
- A classe “R2 - Risco Alto”, fora delimitado a partir da união de dois cruzamentos: Perigo Alto e Vulnerabilidade Social Alta, Perigo Médio e Vulnerabilidade Social Muito Alta;
- A classe “R3 - Risco Médio”, foi caracterizada a partir de seis cruzamentos, do cruzamento de Perigo Alto com Vulnerabilidade Social Média e Baixa; entre Perigo Médio com Vulnerabilidade Social Alta e Média, e também da intersecção de Perigo Baixo com a Vulnerabilidade Social Muito Alta e Alta;
- A classe “R4 - Risco Baixo”, fora segmentada a partir de três cruzamentos: com áreas de Perigo Médio com Vulnerabilidade Social Baixa, e Perigo Baixo interseccionados com Vulnerabilidade Social Média e Baixa.

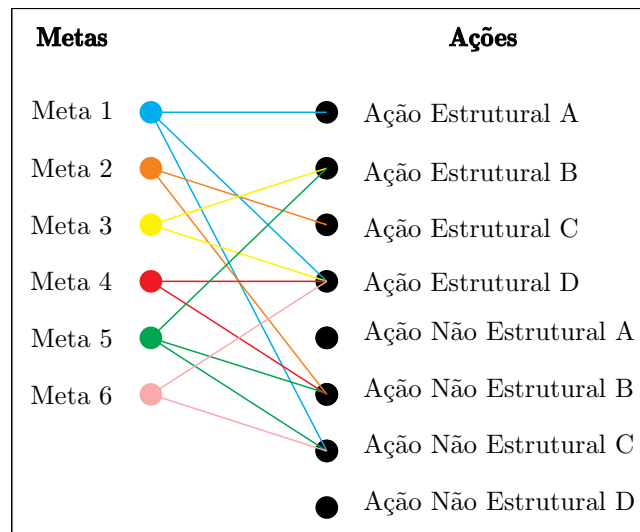
Com os níveis de riscos definidos nessas quatro classes, realizou-se um estudo para definição de medidas de mitigação e erradicação do risco causados pelas inundações em Dom Pedrito, considerando as particularidades de cada local.

As medidas apontadas basearam-se em estudos de casos e na legislação vigente, mas, principalmente, no resultado desta pesquisa. Considerou-se também as informações obtidas através das secretarias do município e as conversas realizadas com moradores durante os procedimentos de campo, pois, entende-se que nessa etapa, o produto deva atender, como prioridade, a demanda da população, mas, também sejam possíveis de serem executadas pelo Poder Público.

Dessa forma, elaborou-se uma estratégia que consiste em três etapas, sendo que a primeira consistiu em elencar metas baseadas nas condições do local, no âmbito social,

assim como político, e espacial e ações (medidas estruturais e não estruturais estudadas durante a pesquisa). A segunda etapa procurou correlacionar metas e ações, sendo que, das medidas estruturais, apenas duas foram elencadas, pois as demais demandariam um custo elevado, enquanto as não estruturais, todas que tiveram duas ou mais ligações (correlações) foram também consideradas para o estudo (Figura 4.14).

Figura 4.14 – Metodologia para criação de propostas para gestão e gerenciamento de risco



Organização: Autor.

Por fim, a terceira etapa consistiu em dividir e explicar em detalhes como poderiam ser executadas as medidas de gestão apresentadas na segunda etapa, e também, as alternativas sugeridas pela própria Prefeitura Municipal. Essas medidas foram separadas em três classes, considerando o período para execução: curto, médio e longo prazo. Juntamente com a terceira etapa, elaborou-se um fluxograma para medidas de gerenciamento de risco e um projeto que compreende a implementação das ações sugeridas.

4.4 MATERIAIS

Os materiais utilizados nesta pesquisa foram:

- Base cartográfica da cidade de Dom Pedrito fornecida pela Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN), escala de 1:2.500, em formato digital, arquivo tipo *Shapefile*;
- Base de dados da cidade de Dom Pedrito elaborada pelo LABGEO da UFRGS, de 2010, escala de 1:50.000, em formato digital, arquivo tipo *Shapefile*;
- Plano Diretor Lei n. 1.767, de 27 de Dezembro de 2011;

- Série histórica de eventos registrados na ANA pelo sítio *Hidroweb*;
- Registros de inundações na Defesa Civil através do sítio S2ID.

Softwares para tratamento de dados:

- ArcGIS[®] versão 10.5, que foi o mais utilizado, pois suas ferramentas possibilitaram a execução de diversas etapas da pesquisa. Contudo, sua principal utilização se deu na elaboração de mapas e no cruzamento espacial dos dados, em que foi gerado o mapa de Zoneamento de Risco;
- AutoCAD, da Autodesk, versão 2015 foi utilizado como uma ferramenta complementar para os desenhos e interpretações dos *layouts*;
- *Google Earth* foi utilizado para a coleta de dados e espacialização de variáveis de Vulnerabilidade Social e ainda na construção do mapa urbano e dos Mapas de Perigo e Vulnerabilidade Social, principalmente;
- MATLAB (MATrix LABORatory)[®] foi utilizado para cálculos de matrizes dos históricos de inundações e também TR em funções Fourier com 5 termos, Exponencial com 2 termos, Polinômio com 6 termos e Potência com 2 termos;
- *Microsoft Office Excel* foi utilizado para organização do banco de dados, relativo às informações coletadas das cotas linimétricas; para histórico de inundações e base para os cálculos de TR. Ainda utilizou-se para organização dos dados oriundos das coletas que realizadas a campo e também informações fornecidas pela Secretaria de Assistência Social do Município de Dom Pedrito-RS;
- *Topcon Tools*[®] auxiliou para correção dos erros e apreciações dos dados coletados a campo pelo GPS de precisão;
- *MapGeo*[®] foi utilizado para correção geoidal, essa que definiu a altitude dos pontos coletados conforme a morfologia da terra;
- CorelDRAW X7 foi útil para a criação e vetorização de imagens, a fim de apresentar melhor qualidade das mesmas. Todo mapa gerado do aplicativo ArcGIS[®] passou por uma vetorização no CorelDRAW X7 para melhorar a sua qualidade na apresentação de resultados;
- LaTeX[®], foi utilizado para a escrita da dissertação pois, facilita a montagem de fórmulas, gera textos de alta qualidade tipográfica (espaçamento entre palavras, combinação de letras, etc...), além de ser muito eficiente para compor as referências bibliográficas de forma adequada, seguindo as normas técnicas vigentes.

Além desses, em campo foram utilizados: GPSmap 62s do tipo GARMIN; máquina fotográfica de 13.5 megapixel da marca Nikon; gravador; caderneta; e um GPS de precisão, modelo R90 da marca Ruide, equipamento a ser utilizado para o levantamento topográfico.

5 RESULTADOS

Este capítulo irá apresentar os resultados obtidos na pesquisa, iniciando com a influência que o processo de urbanização de Dom Pedrito teve com relação aos danos causados à população pelas inundações. Na sequência, são expostos os dados obtidos para registro do histórico de inundação acompanhado através do cálculo de Tempo de Retorno desses eventos. Posteriormente, é exposto o Mapa de Suscetibilidade com o resultado da criação da MDT, juntamente com o Mapa de Perigo, Vulnerabilidade Social e, oriundo desses, o Mapa de Zoneamento de Risco, apresentando quantificações de setores e bairros afetados. Com esses resultados citados, será apresentada propostas de medidas para gestão e gerenciamento do risco, através de estratégias ilustradas em um projeto.

5.1 A INFLUÊNCIA DO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO NO RISCO À INUNDAÇÃO

Baseado em dados dos censos demográficos realizados no Brasil, obtidos por meio da Fundação de Economia e Estatísticas-FEE (2018), referente aos indicativos de população no município de Dom Pedrito, esta etapa da pesquisa apresenta os dados do Estado do Rio Grande do Sul, a capital Porto Alegre, e a MCM, para compreender como se deu a expansão urbana em Dom Pedrito e seu esvaziamento rural.

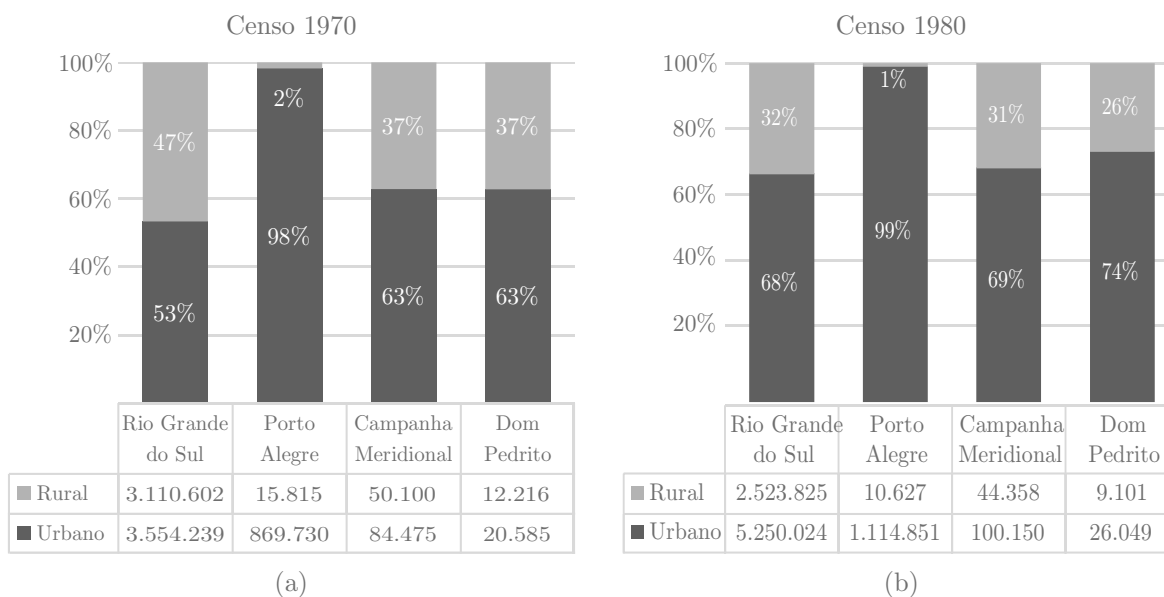
Os dados obtidos do primeiro Censo, datado no ano de 1970, demonstram que o estado do Rio Grande do Sul tinha sua população equilibrada, em que 53% se encontrava na área urbana e, 47%, no interior. Na capital gaúcha a população urbana era de 98%, enquanto na MCM e Dom Pedrito era de 63% (Figura 5.1a).

Na década de 80 são visíveis as alterações no tocante ao aumento da população urbana, e, conseqüentemente, o esvaziamento do meio rural. Tanto no RS, quanto na capital, houve um aumento da população urbana. Na MCM e em Dom Pedrito que, na década de 70, mantinham a mesma porcentagem de população urbana, houve uma diferenciação, embora tivesse aumentado esta população em ambas. A diferença entre elas é que em Dom Pedrito a população urbana aumentou mais do que na Mesorregião da Campanha (Figura 5.1b).

Comparados os dados do Censo de 1970, com os dados de 1991 vê-se uma diferença muito grande, sendo que, além do aumento de 197% da população gaúcha, a mesma se encontra 77% na zona urbana e 23% na rural. E em relação a MCM e Dom Pedrito, a população também cresceu, aumentando a concentração na zona urbana em 78% e 85% respectivamente (Figura 5.2a).

O Censo realizado em 2000, mostra que a população urbana continua aumentando em ambas as esferas (Figura 5.2b). Cabe destacar que em Dom Pedrito, a partir de 1991,

Figura 5.1 – Censos demográficos 1970 - 1980 (FEE, 2018)



Organização: Autor.

não houve um avanço significativo no número de habitantes como um todo. O crescimento urbano acelerado, a partir da década de 1970, foi resultado da substituição, nas grandes propriedades da pecuária pela plantação de arroz, soja e outras culturas, fazendo com que houvesse uma grande gama de pessoas desempregadas, que migraram da zona rural para a cidade em busca de novas oportunidades.

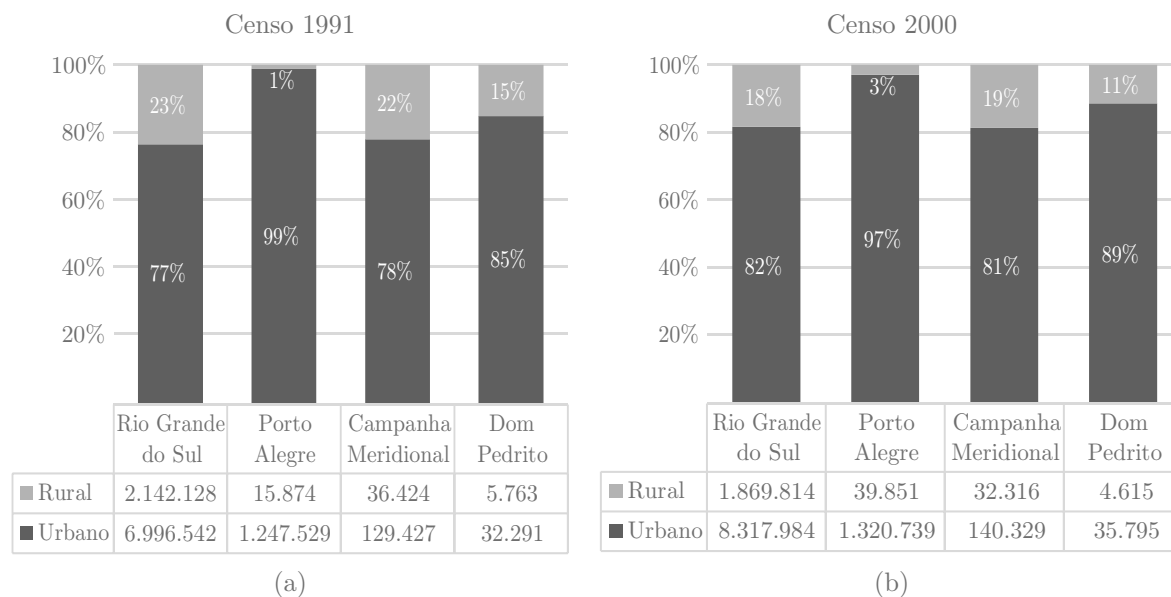
Castilho (2004) explica que essa migração ocorrida no município de Dom Pedrito se deu, inclusive, pela falta de rede elétrica em grande parte da zona rural, impedindo o uso de maquinários e aparelhos eletrodomésticos. O autor salientou, ainda, que as estradas não apresentavam um bom estado de conservação, dificultando o acesso dessa população a serviços como educação, saúde e outros.

No censo de 2010, os dados mostram que a população urbana aumentou ainda mais (Figura 5.3). Cabe destacar que Porto Alegre compreende 100% de sua população na zona urbana. No período de 40 anos, entre o Censo 1970 e o censo de 2010, a população de Dom Pedrito cresceu apenas 19%, parecendo pouco, quando comparado com o crescimento médio do estado do Rio Grande do Sul, que no mesmo período apresentou aumento populacional de 60%.

Essa alteração nos índices demográficos, justifica-se pela migração de parte da população economicamente ativa para outras cidades, em busca de novas oportunidades de emprego, pois, a economia local não é capaz de suprir a oferta de mão-de-obra. Contudo, os que ficam na cidade, acabam tendo que enfrentar a incapacidade da gestão pública de atender as demandas, devido ao empobrecimento gradual da economia urbana.

Sendo assim, nas últimas décadas, Dom Pedrito e todo o estado do Rio Grande do Sul tiveram sua população aumentada. O esvaziamento rural se mostra como uma

Figura 5.2 – Censos demográficos 1991 - 2000 (FEE, 2018)



Organização: Autor.

constante no Estado, como evidenciado nas figuras desta seção. Esse processo acelerado de urbanização acaba trazendo problemas à gestão municipal que não tem controle sobre a expansão urbana, originando problemas como a ocupação de zonas suscetíveis à inundação, como no caso de Dom Pedrito e outros municípios do país.

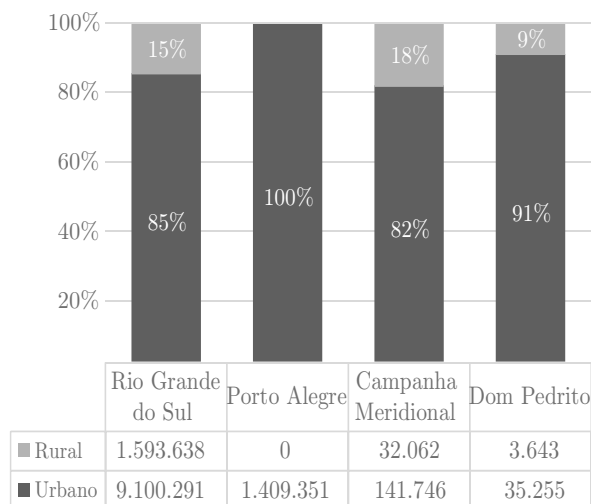
Além da avaliação dos dados populacionais dos censos, foram elaborados mapas para melhor visualizar de que forma ocorreu essa expansão urbana e quais áreas da cidade foram ocupadas. Essa avaliação resultou nos mapas de evolução da mancha urbana (Figura 5.4).

Ao avaliar a mancha urbana apresentada na Figura 5.4a, pode-se observar que as edificações se encontravam na área mais central da cidade, com poucas habitações nos extremos, contudo já havia alguma população habitando próximo ao Rio Santa Maria.

Na Figura 5.4b, correspondente a década na qual a população urbana passou de 26.049 (74%) para aproximadamente 35.795 (89%) habitantes, pode-se constatar que as manchas urbanas se estenderam ao norte (BR-283) e ao leste, pelo fato de não haver barreiras físicas. No período entre 1984 e 1999, os primeiros moradores começaram habitar à margem do rio, onde constitui-se hoje a Vila Beira Rio. Essa população se caracteriza por pessoas oriundas da zona rural que se utilizam da extração e venda da areia do Rio Santa Maria como fonte de renda.

Entre os anos de 1998 e 2008 (Figura 5.4c), e 2008 a 2018 (Figura 5.4d) a urbanização de Dom Pedrito seguiu nas mesmas direções. Cabe destacar que as famílias que tinham melhores condições financeiras saíram das zonas atingidas pelas inundações e migraram para o norte ou leste da cidade. Isso acabou deixando lotes livres dentro da área de risco de inundação.

Figura 5.3 – Censo demográfico de 2010 (FEE, 2018)



Organização: Autor.

Nota-se que na área central, mais antiga, a mancha urbana foi quase que totalmente preenchida. Já nos bairros mais “novos” (norte e leste), o tecido urbano se mostra “ralo”, não apresentando continuidade, contudo, possibilitando preenchimento futuro.

Observou-se, em todas as figuras, que há uma tendência de crescimento ao norte e leste do município, embora de maneira descontínua. Salienta-se que esta descontinuidade vem sendo preenchida, pois, observando a Figura 5.4d, notou-se que os vazios urbanos, vistos em anos anteriores, já estão sendo preenchidos.

Vale ressaltar que, desde que foram realizados os estudos sobre inundação (CASTILHO, 2004), o Plano Diretor delimitou Macrozonas de Restrição, devido às inundações, e algumas parcelas de terras próximas ao Rio Santa Maria deixaram de ser ocupadas.

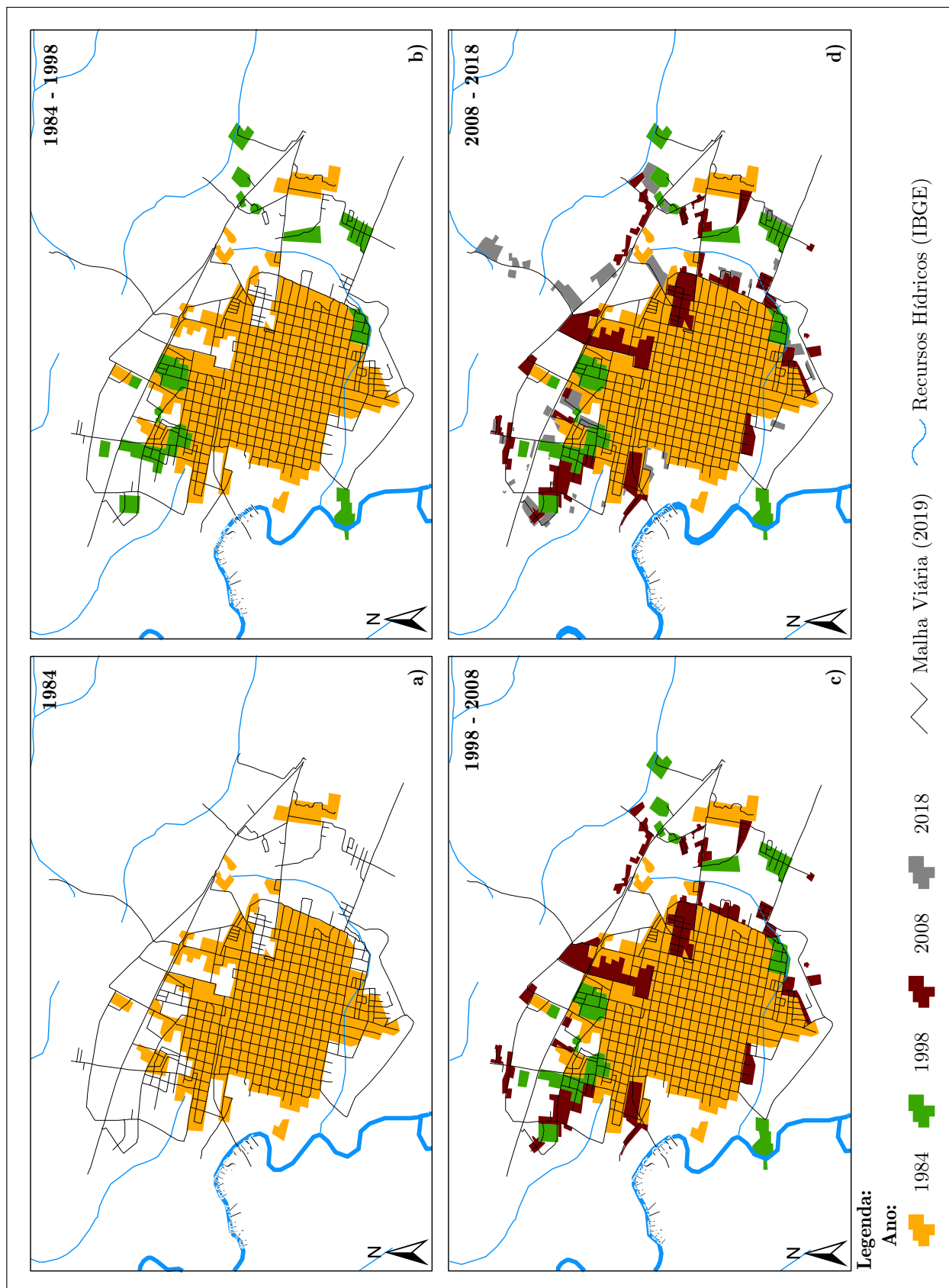
Para entender o quanto Dom Pedrito é influenciado pelas constantes inundações, fez-se um apanhado desses eventos, que são apresentados na seção seguinte.

5.2 HISTÓRICO DE INUNDAÇÕES

Os eventos de inundações no município são muito presentes na história de Dom Pedrito, trazendo a necessidade que se entenda esse processo assim como as medidas para diminuir os danos causados.

O levantamento das cotas de inundações registradas no período de 1942 a 2019 permitiu analisar o número de inundações que atingiram o município e os meses em que ocorreram. Da mesma forma, dados de cotas de inundação obtidos por Castilho (2004) e da ANA, permitiram fazer algumas análises, além do cálculo de TR.

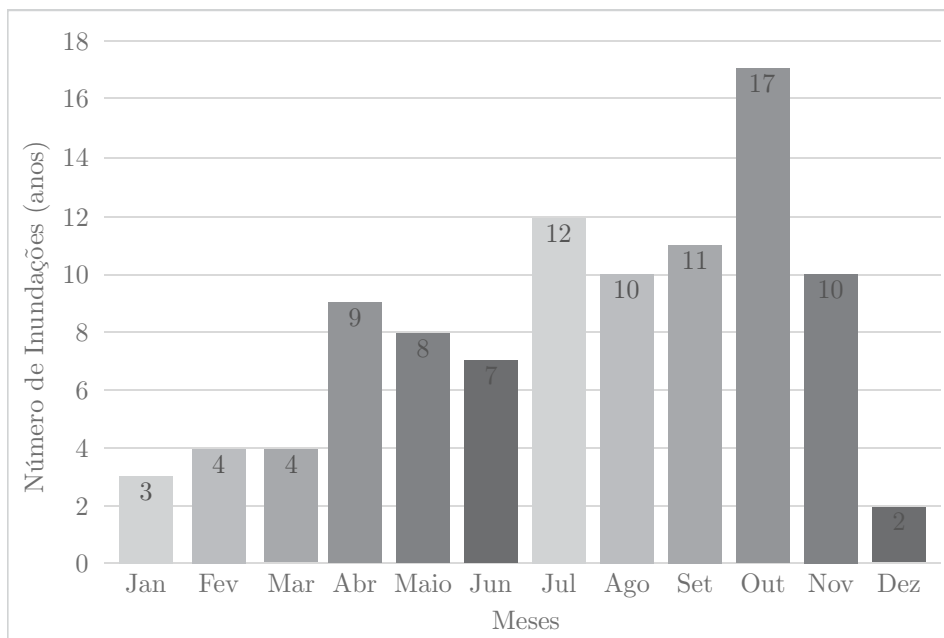
Figura 5.4 – Evolução temporal da mancha urbana de Dom Pedrito-RS



Organização: Autor.

No período avaliado ocorreram 97 inundações em Dom Pedrito. Analisando a Figura 5.5 os meses que mais ocorrem foram: outubro (17 inundações), julho (12 inundações), setembro (11) e agosto e novembro (10 inundações).

Figura 5.5 – Meses com maior ocorrência de inundação no período analisado



Organização: Autor.

Cabe observar que os meses de julho a novembro (inverno/primavera), definem o período onde a região sul recebe as maiores precipitações pluviométricas resultando, assim, não apenas em Dom Pedrito, mas em vários municípios, problemas relacionados aos recursos hídricos. Outra observação importante é a baixa ocorrência do evento entre dezembro e março (verão), pois, caracteriza-se como um período de estiagem na região sul.

As 10 maiores inundações registradas em Dom Pedrito, assim como a cota das inundações podem ser visualizadas na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Ranking das 10 maiores inundações no perímetro urbano de Dom Pedrito-RS

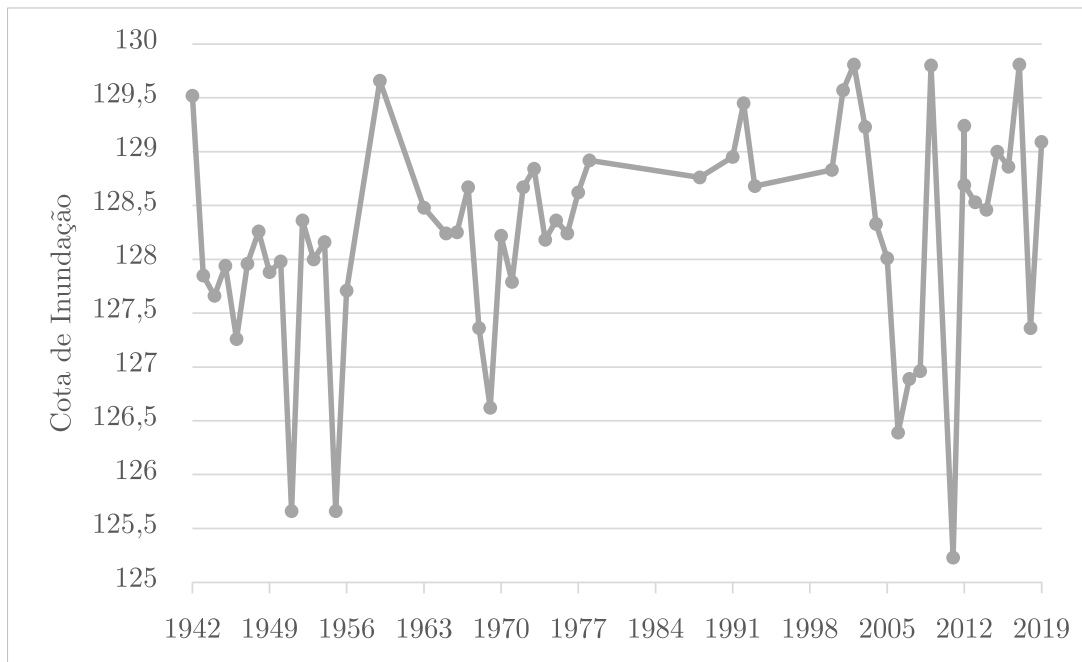
Ranking	Ano	Cota de Inundação (m)	Fonte	Registro na Defesa Civil (Doc.)
1	2002	129,81	ANA	Avadan
2	2017	129,81	ANA	Avadan
3	2009	129,8	ANA	Avadan
4	1959	129,66	IPH/URGS	-
5	2001	129,57	ANA	-
6	1942	129,52	IPH/URGS	-
7	1992	129,45	IPH/URGS	Portaria
8	2012	129,24	ANA	Jornal
9	2003	129,23	ANA	Avadan
10	2019	129,09	ANA	Avadan
18	1993	128,68	IPH/URGS	Portaria

Organização: Autor.

Das 10 maiores inundações ocorridas, sete delas ocorreram no século XXI, tendo as suas duas principais, atingindo a cota 129,81 nos anos de 2002 e 2017, sendo que ambas possuem registro na Defesa Civil conforme o sítio do Brasil (2019). Entretanto, as inundações de 1959 e 2001 não possuem registro na Defesa Civil.

Com isso, destaca-se que há poucos registros ocorridos na Defesa Civil no século passado, já que nenhuma das inundações desse período foram registradas, exceto, a inundação de 1993, a qual ocupa a 18^o posição entre o eventos extremos ocorridos. Vale ressaltar que os decretos de calamidade pública e de situação de emergência, são instrumentos também políticos e, muitas vezes, os municípios preferem não utilizá-los. Dessa forma, com a intenção de mostrar um panorama mais abrangente, a Figura 5.6 apresenta a série histórica de todos os eventos de inundação ocorridos em Dom Pedrito no período analisado.

Figura 5.6 – Série histórica com registro de todos eventos ocorridos em Dom Pedrito-RS



Organização: Autor.

Na Figura 5.6, vê-se que no período de 1942 a 1978 ocorreram um grande número de inundações. Entre os anos de 1978 a 2002 foram poucos registros, porém, com cotas máximas, até aquele momento. De 2002 em diante voltou a ocorrer um maior número de inundações e algumas atingindo as cotas mais elevadas já registradas. Outro dado importante apresentado se refere às inundações isoladas de 1942 (com cota de 129,52 metros) e de 1959 (com cota de 129,66 metros), sendo as mais significantes do século XIX.

5.3 TEMPO DE RETORNO DAS INUNDAÇÕES

Com a classificação e compilação de dados relativos as cotas de inundações, foi possível estimar o Tempo de Retorno das inundações em Dom Pedrito-RS (Tabela 5.2), processo realizado conforme metodologia com a utilização do aplicativo *Excel*.

Os resultados apresentados na Tabela 5.2 são oriundos dos cálculos explanados no Capítulo 4. Cabe destacar que foram utilizadas duas metodologias, os resultados da Tabela 5.2a dos TR 0,39 e 0,49, são correspondentes a metodologia de Kurek (2012), pelo fato de apresentarem qual a cota de inundação que o Rio Santa Maria irá atingir em tempos menores que um ano, sendo assim, a cota de 127 metros será atingida a cada 0,39 anos (aproximadamente 4 meses) e a cota 128 a cada 0,44 anos (aproximadamente 5 meses).

Tabela 5.2 – Dados obtidos através do aplicativo *Microsoft Office Excel* para cálculo do TR

(a) TR de 0,39 anos a 30 anos

TR (anos)	Cota de inundação (m)
0,39	127
0,44	128
2	128,03
3	128,49
5	129,00
10	129,64
20	130,26
25	130,46
30	130,62

(b) TR de 40 anos a 100 anos

TR (anos)	Cota de inundação (m)
40	130,87
50	131,06
60	131,22
70	131,35
75	131,41
80	131,46
90	131,57
100	131,66

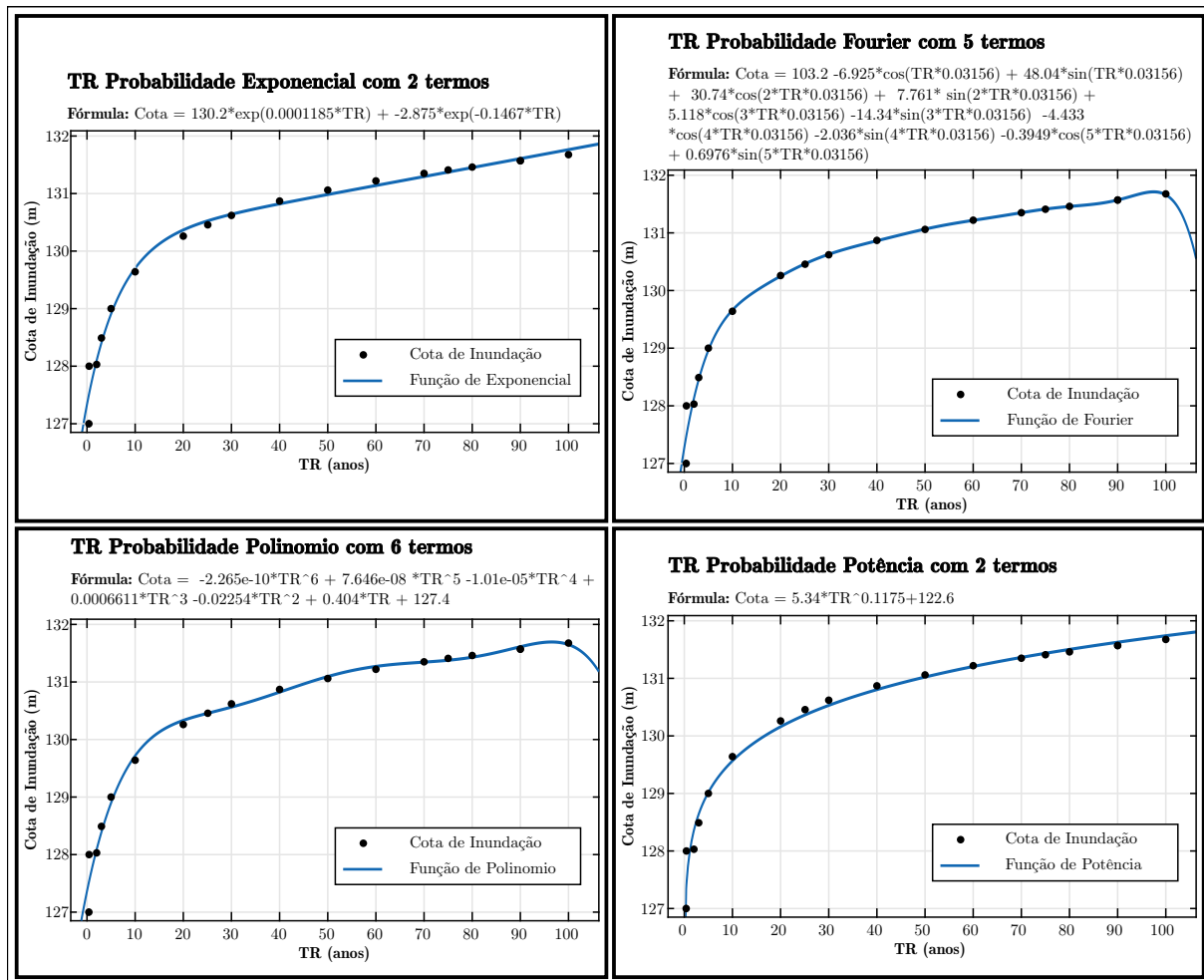
Organização: Autor.

Quanto aos demais dados apresentados na Tabela 5.2a e 5.2b, sendo estes os TR de 2 a 100 anos, apresentam o resultado obtido por meio da Lei de Distribuição de Gumbel, exibindo um fio lógico, onde, conforme maior o TR (anos) menor é a diferença entre as cotas de inundação (metros) entre os anos. Por exemplo, a diferença entre o TR 10 e 20 é de 62 centímetros, já os TR 60 e 70, apresentando o mesmo intervalo de 10 anos, mostram uma diferença de 13 centímetros.

Após os resultados do cálculo de TR, a etapa subsequente configurou-se em analisar as quatro funções (Fourier com 5 termos, Exponencial com 2 termos, Polinômio com 6 termos e Potência com 2 termos). O critério utilizado foi a observação da distribuição dos valores, linha projetada de acordo com o modelo, a fim de caracterizar erros amostrais, denominados, conforme Prina (2015), como resíduos, gerados a partir da diferença entre os dados estimados e as amostras.

Com o auxílio do MATLAB[®], foi possível produzir gráficos das funções utilizadas para definir o tempo de recorrência das inundações (Figura 5.7). Determinou-se, também, que a função Potência com 2 termos alcançou o menor desvio padrão (de 7,40 centímetros) correspondente aos erros amostrais, apresentado na Tabela 5.3. O valor obtido neste estudo é mais preciso do que aquele de Prina (2015), que alcançou 9,18 com a função logarítmica.

Figura 5.7 – Gráficos com funções Exponencial com 2 termos, Fourier com 5 termos, Polinômio com 6 termos e Potência com 2 termos pelo aplicativo MATLAB[®]



Organização: Autor.

Além disso, a função Polinômio com 6 termos apresentou resultado satisfatório, sendo esse o desvio padrão de 9,91 centímetros. Já a função Fourier com 5 termos, apresentou a melhor correlação entre os dados estimados e as amostras (média de 6,70 centímetros). Cabe destacar, conforme aponta Aimon (2017), que dependendo dos critérios e da aplicação de cada profissional os resultados obtidos nos demais modelos não devem ser utilizados, desse modo, nesta pesquisa, para cálculo de TR, será utilizado o modelo Potência com 2 termos e os demais serão desconsiderados.

Tabela 5.3 – Diferença entre amostra e TR estimado

Discrepância para a amostra (resíduo em cm)				
TR (anos)	Exponencial com 2 termos	Fourier com 5 termos	Polinomio com 6 termos	Potência com 2 termos
0,39	49,09	49,46	55,42	17,35
0,44	48,85	48,20	42,65	12,45
2	5,69	12,90	9,30	27,01
3	9,51	0,17	6,38	24,96
5	10,35	0,52	6,69	11,86
10	5,14	5,26	11,35	15,44
20	9,60	2,42	10,70	17,40
25	5,29	3,82	2,83	9,36
30	0,84	4,74	2,44	3,21
40	5,95	3,52	1,78	1,49
50	8,82	4,88	5,72	6,11
60	9,14	3,92	6,53	4,61
70	6,56	3,77	0,09	4,80
75	4,77	3,84	3,52	9,39
80	1,99	3,19	4,03	11,65
90	2,60	3,11	1,42	7,66
100	9,20	3,02	6,00	17,36
Somatório	144,30	107,28	121,45	184,76
Média	9,02	6,70	7,59	11,55
Desvio Padrão	11,02	11,40	9,91	7,40

Organização: Autor.

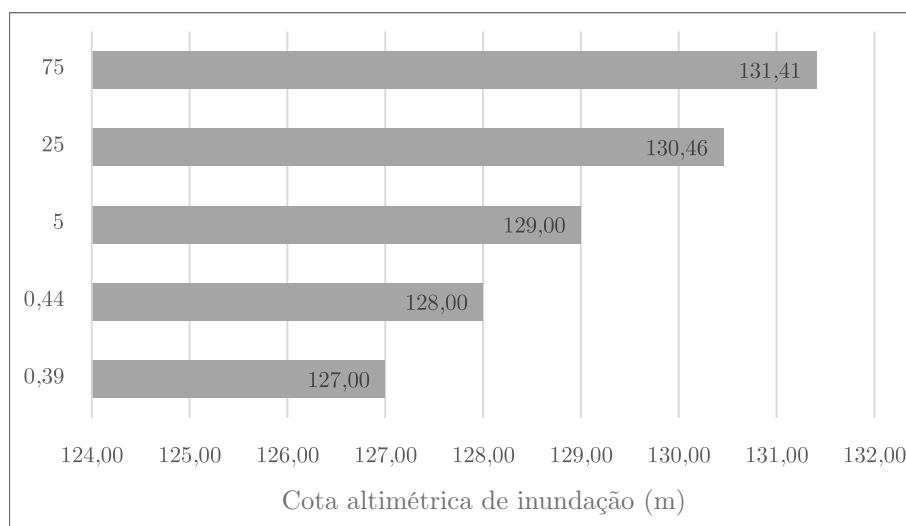
Contudo, conforme explicado na metodologia, os Tempos de Retorno calculados com a fórmula utilizada por Prina (2015) apresentaram uma discrepância maior dos que com calculados com a Lei de Distribuição de Gumpel empregado por Menegon (2018). Isso se dá devido a fórmula para TR's menores de 1 ano não possuírem média e desvio padrão em sua matriz.

Sendo assim, cabe destacar que a fórmula mais indicada para esses cálculos é conforme a Lei de Distribuição de Gumpel, já que mesmo com poucas informações, ela nos permite erros amostrais menores. Por outro lado, a fórmula de Kurek (2012) ajuda estimar tempos menores de um ano, mas com a necessidade de um cálculo posterior para correção de sua amostragem.

Com base nessa equação, foram escolhidas cinco classes de TR (Figura 5.8), sendo que TR 0,38 e 0,44 ano são as classes em que ocorrem a maioria das inundações e co-

tas mais baixas que já possuem famílias habitando. A classe TR 5 anos, corresponde ao extravasamento do rio, onde é recorrente a inundação, além de atingir uma parcela significativa da popula o.

Figura 5.8 – Cotas correspondentes aos TR escolhidos para pesquisa

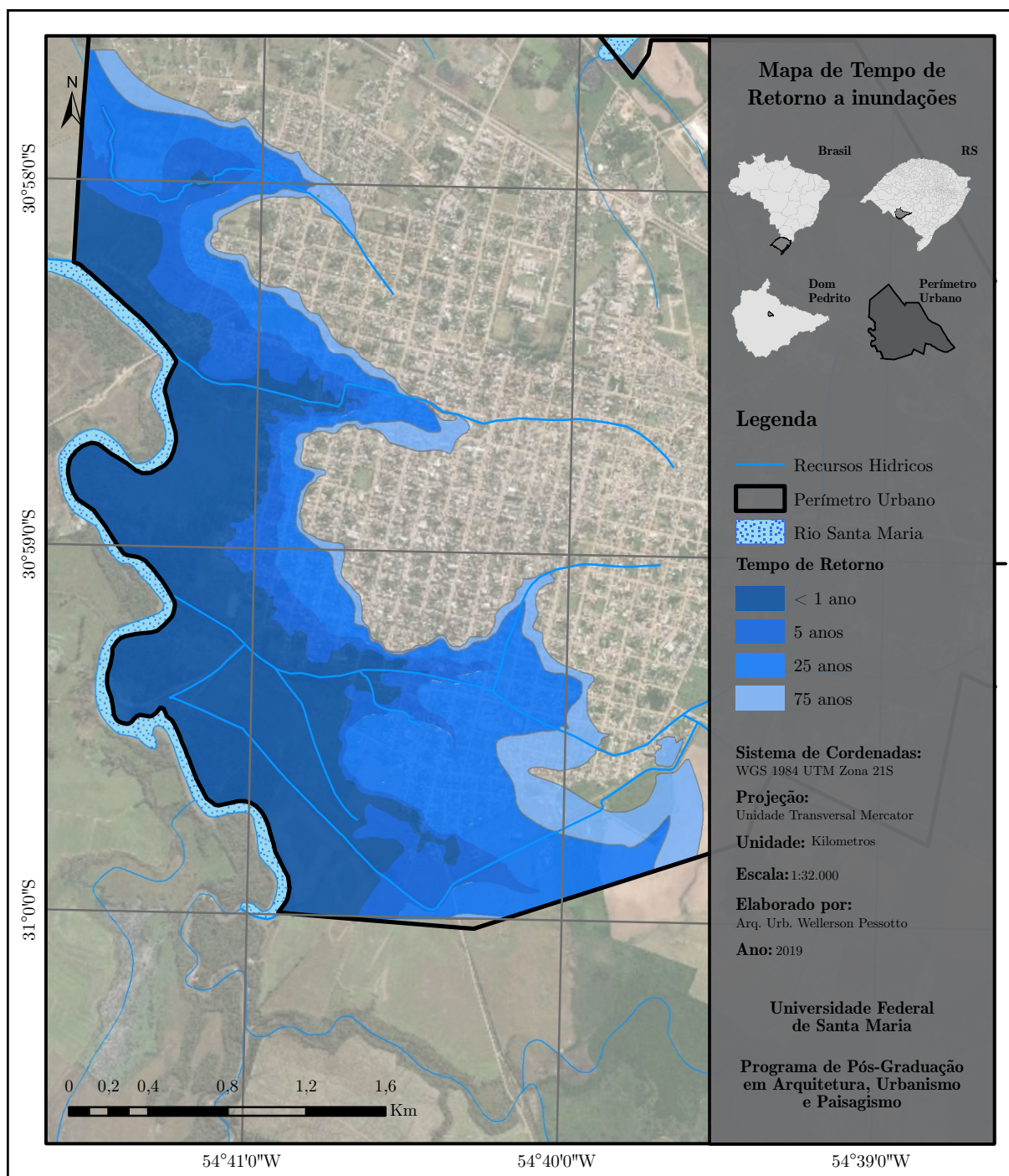


Organiza o: Autor.

A classe TR 25 anos corresponde aos eventos extremos já ocorridos no município, sendo segunda cota mais próxima ao maior nível registrado. A escolha do TR 25 ao invés do TR 20 (cota mais próxima do maior registro de inunda o) se deu devido a esse apresentar menores discrepâncias entre as amostras e TR estimado, conforme apresentou Tabela 5.3. Já a TR 75 representa eventos extremos e inunda es extraordinárias que possam vir a ocorrer em Dom Pedrito, sendo que não há registro dessa cota até o ano de 2019. Quanto a escolha do TR 75, deu-se devido a representar meio século a mais em rela o ao TR 25, e, por todas as cotas nos TR próximas ao 75 anos, terem uma diferença pequena, sendo estas, de 6 centímetros para o TR 70 anos e 5 centímetros para TR 80 anos, ambas menores que o desvio apresentado pela fun o Potência com 2 termos.

No decorrer do trabalho, foi realizada a valida o do modelo topográfico, assim como, a cota altimétrica das réguas linimétricas das esta es da ANA, com o intuito de identificar estas cotas a campo e gerar um Mapa de Perigo mais eficiente e, posteriormente, um modelo de Zoneamento de Risco mais consistente. Com essa corre o realizada foi possível apresentar espacialmente como ocorre cada um dos Tempos de retorno escolhidos neste trabalho, conforme Figura 5.9.

Figura 5.9 – Mapa com Tempos de Retornos e sua área de abrangência



Organização: Autor.

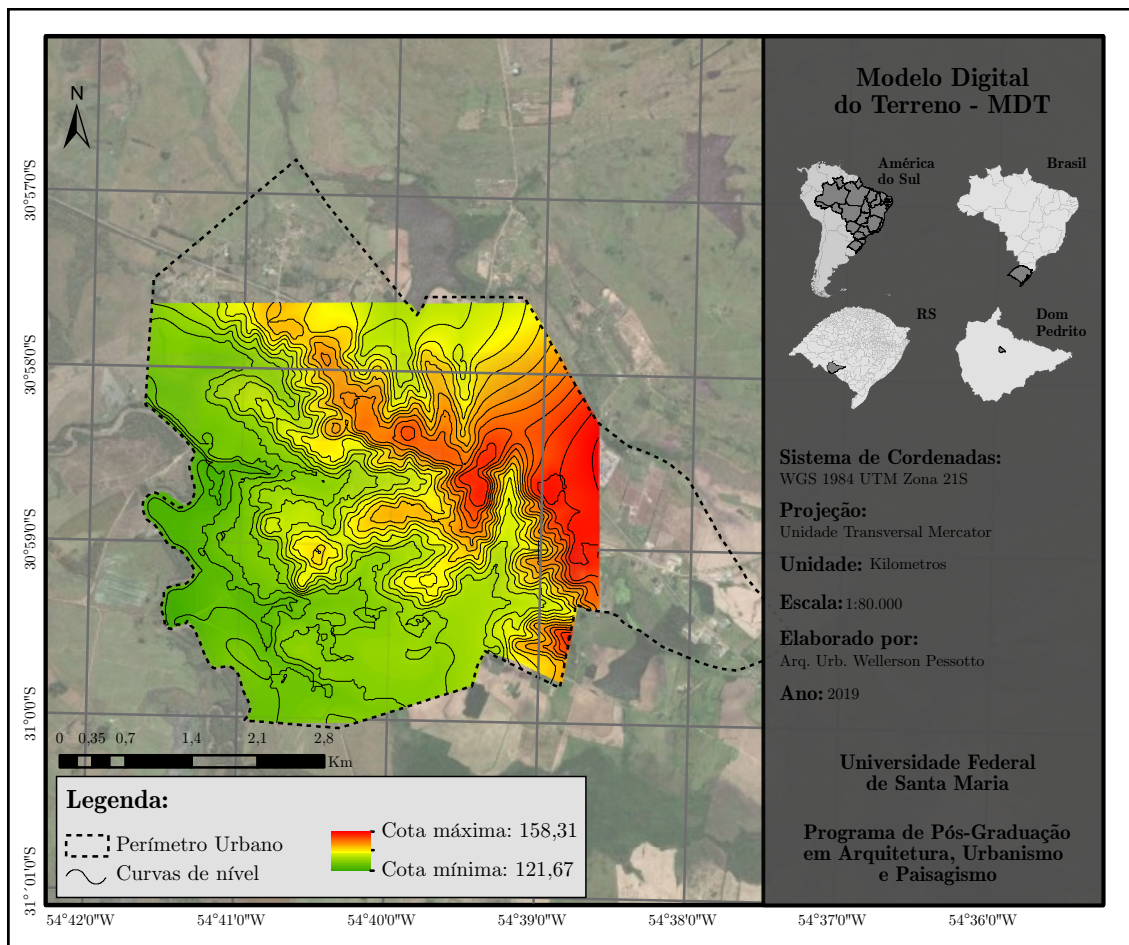
5.4 MAPA DE SUSCETIBILIDADE

Para elaborar o Mapa de Suscetibilidade à inundação, primeiramente foram corrigidas as cotas altimétricas, para geração de um MDT. A validação das cotas altimétricas

foram de suma importância neste trabalho, pois essa etapa trouxe precisão para as subseqüentes.

Foram escolhidos 30 pontos localizados na área de risco delimitado pela CPRM para realizar o levantamento altimétrico. Eles foram pós processados e, após, foi efetivada a correção altimétrica. Para dar mais exatidão ao Modelo Digital do Terreno, foram adicionadas aos pontos coletados, as curvas de nível da Corsan, e o sentido do fluxo do Rio Santa Maria e de seus afluentes. A Figura (5.10) apresenta o Modelo Digital do Terreno, além das curvas de nível (a cada dois mestros) geradas a partir do modelo final.

Figura 5.10 – Modelo Digital do Terreno e Curvas de Nível



Organização: Autor.

Após definido o Tempo de Retorno máximo em 75 anos e a correção altimétrica através da MDT, obteve-se a área de suscetibilidade à inundação de Dom Pedrito, sendo que essa apresenta uma parcela significativa do perímetro urbano. A área suscetível a inundação compreende 5.783.888 m² do perímetro urbano, correspondente a 25,6%. Sendo importante destacar que nesse espaço existem residências, escolas, creches, edificações com uso religioso, comércio, entre outros usos que fazem parte dos serviços utilizados pela população local.

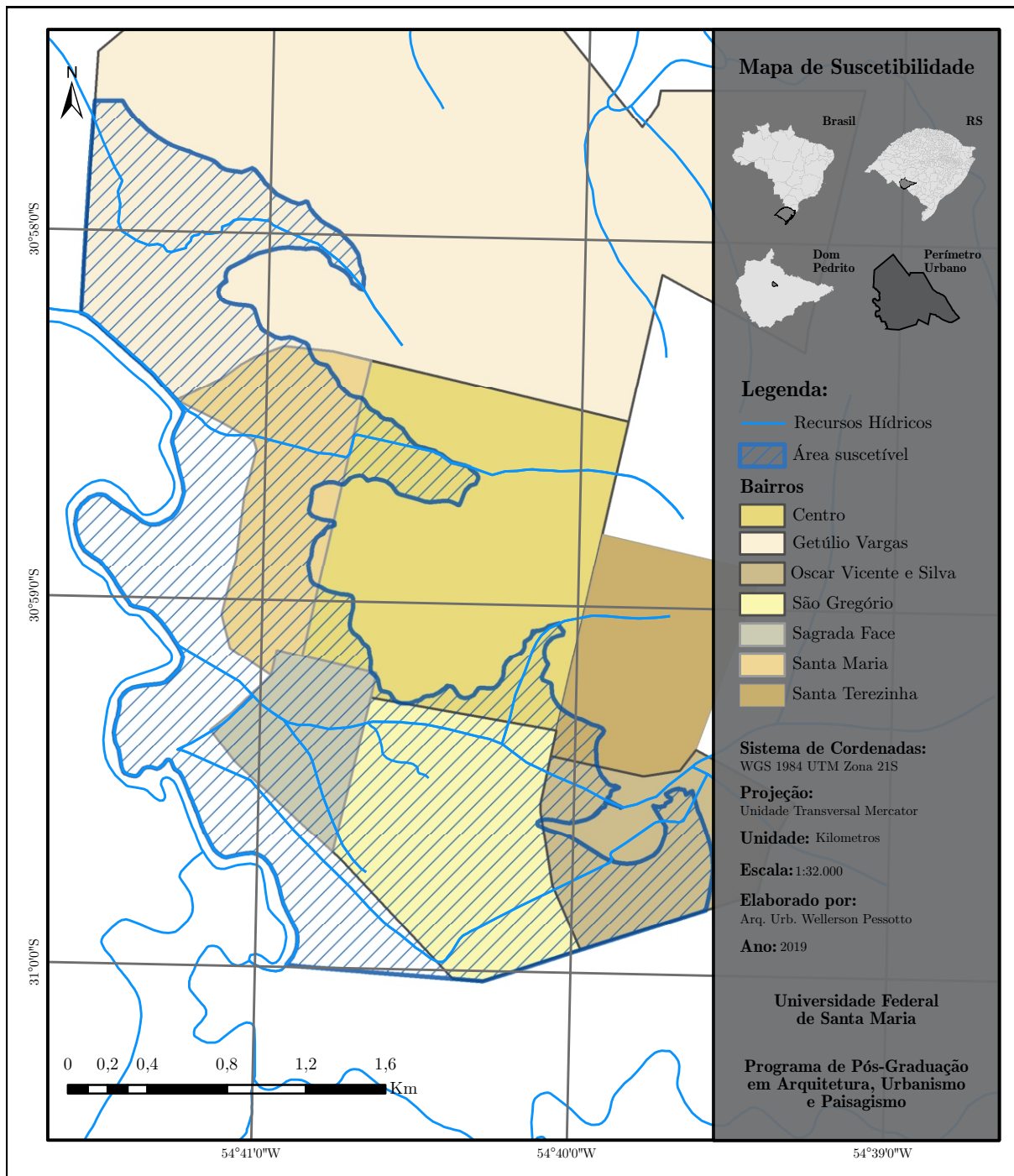
Em análise ao resultado, foi identificado que a área de suscetibilidade à inundação compreende sete bairros (Figura 5.11), sendo eles: Bairro Centro, Getúlio Vargas, Oscar Vicente e Silva, São Gregório, Sagrada Face, Santa Maria e Santa Terezinha. Desses, vale observar que o São Gregório e o Sagrada Face têm, respectivamente, 99,6% e 98,5% da sua área dentro área suscetível, seguido do bairro Santa Maria (86,7% de sua área), conforme apresenta a Tabela 5.4.

As inundações são oriundas das águas do Rio Santa Maria, porém, fica evidente que outros cursos d'água acabam colaborando para tal fenômeno. é possível destacar que a área suscetível se expande ao norte, no bairro Getúlio Vargas, por meio do Arroio Marli Cassol. No bairro Centro tem relação a Sanga das Piugas a oeste e ao sul por meio de uma extensão da Sanga da Charqueada. Essas sangas são importantes nos eventos de inundações, visto que há o “represamento” da água pelo Rio Santa Maria, fazendo com que se faça o caminho inverso, ou seja, leve a água do rio para a cidade.

Com o MDT correto e as curvas de nível a cada 2 metros, foi possível refazer o perímetro a área de risco do município, que conforme a CPRM seria a cota altimétrica 130. A Figura 5.12 demonstra a correção feita dessa área, compreendendo 1.864.760,00 m²) do perímetro urbano.

A antiga área de risco era baseada nas cotas altimétricas da Corsan, sendo que essas não tinham correção geoidal além de não abranger toda área de risco. Devido a isso, a correção conseguiu apresentar um perímetro mais exato e conciso da área delimitada pela CPRM, esta sendo equivalente a cota 130.

Figura 5.11 – Mapa de Suscetibilidade



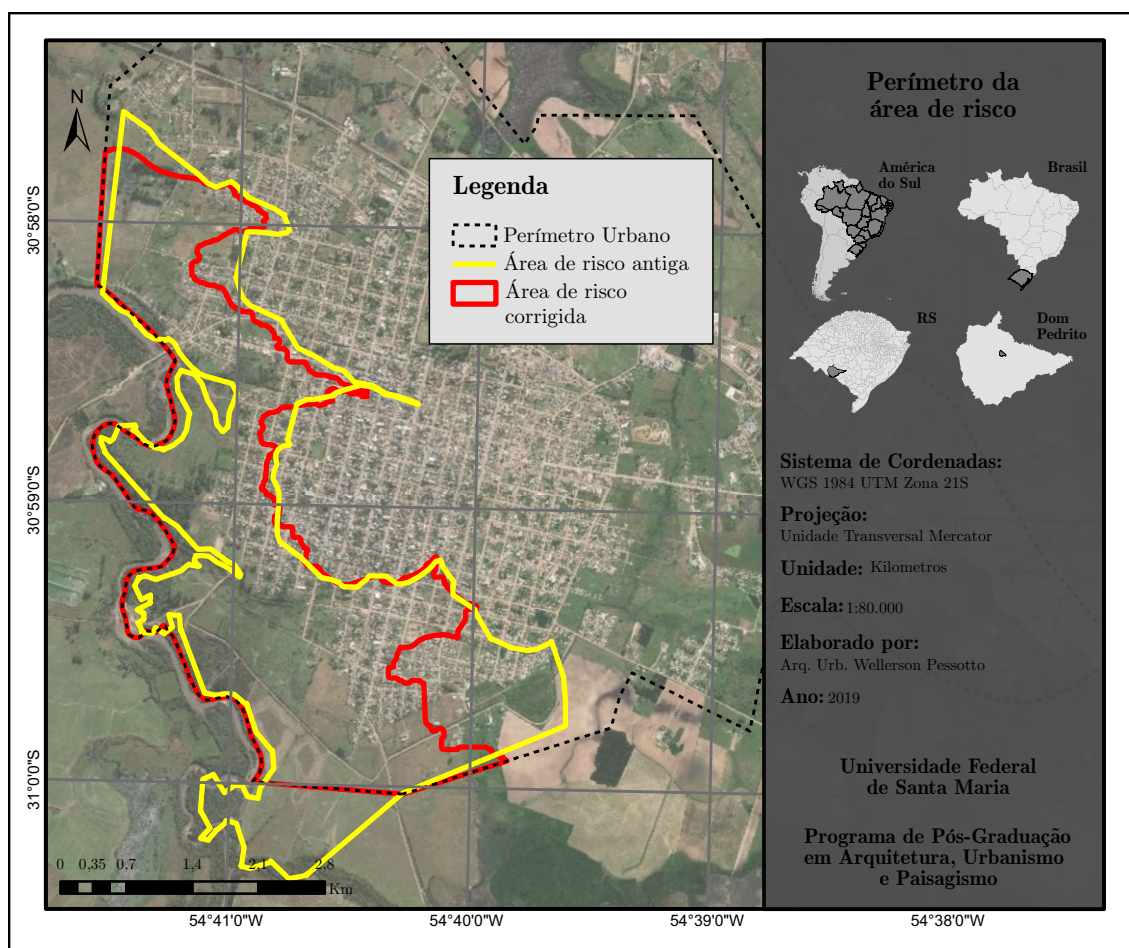
Organização: Autor.

Tabela 5.4 – Quantificação das áreas do Mapeamento de Suscetibilidade à inundação de Dom Pedrito-RS

	Área Total (m ²)	Área Suscetível (m ²)	Área Suscetível (%)
Centro	2.017.651,31	348.587,67	17,3%
Getúlio Vargas	7.096.914,08	1.079.378,26	15,2%
Oscar Vicente e Silva	869.300,04	460.508,90	53,0%
São Gregório	1.197.030,98	1.198.698,40	99,6%
Sagrada Face	501.093,80	493.615,40	98,5%
Santa Maria	896.312,26	776.772,65	86,7%
Santa Terezinha	857.409,49	47.655,77	5,6%

Organização: Autor.

Figura 5.12 – Correção da área de risco com cota de 130 metros corrigida através de MDT



Organização: Autor.

5.5 MAPA DE PERIGO

O Mapa de Perigo à inundação foi elaborado a partir da interpolação das características do terreno (MDT) ao Tempo de Retorno dos eventos, juntamente com o mapa de urbanização (Figura 5.13) . Conforme explicado no processo metodológico, explanado no Capítulo 4, o mapa dessa variável é apresentado pela Figura 5.14.

Logo, a partir da análise, pode-se afirmar que as áreas com maior grau de perigo se localizam na zona rururbana, em sentido oeste e sul da cidade, em direção ao Rio Santa Maria. Deve-se destacar que essas áreas também se localizam às margens das Sangas da Piugas, Charqueada e Arroio Marli Cassol.

A Tabela 5.5 apresenta as áreas e as porcentagens específicas de cada grau de perigo. Conforme os dados da tabela, é possível afirmar que a classe de Perigo Alto (Tempo de Retorno menor que 1 ano), representa 20,1% da área de risco, com 374.856,00m². Já a classe de Perigo Médio (Tempo de Retorno de 5 anos) tem uma área de 32,5%, medindo 606.904,00m², e finalizando, a classe de Perigo Baixo (Tempo de Retorno de 25 e 75 anos), abrange 47,4% da área de risco, com 883.000,00 m².

Tabela 5.5 – Quantificação das áreas de perigo á inundação de Dom Pedrito-RS

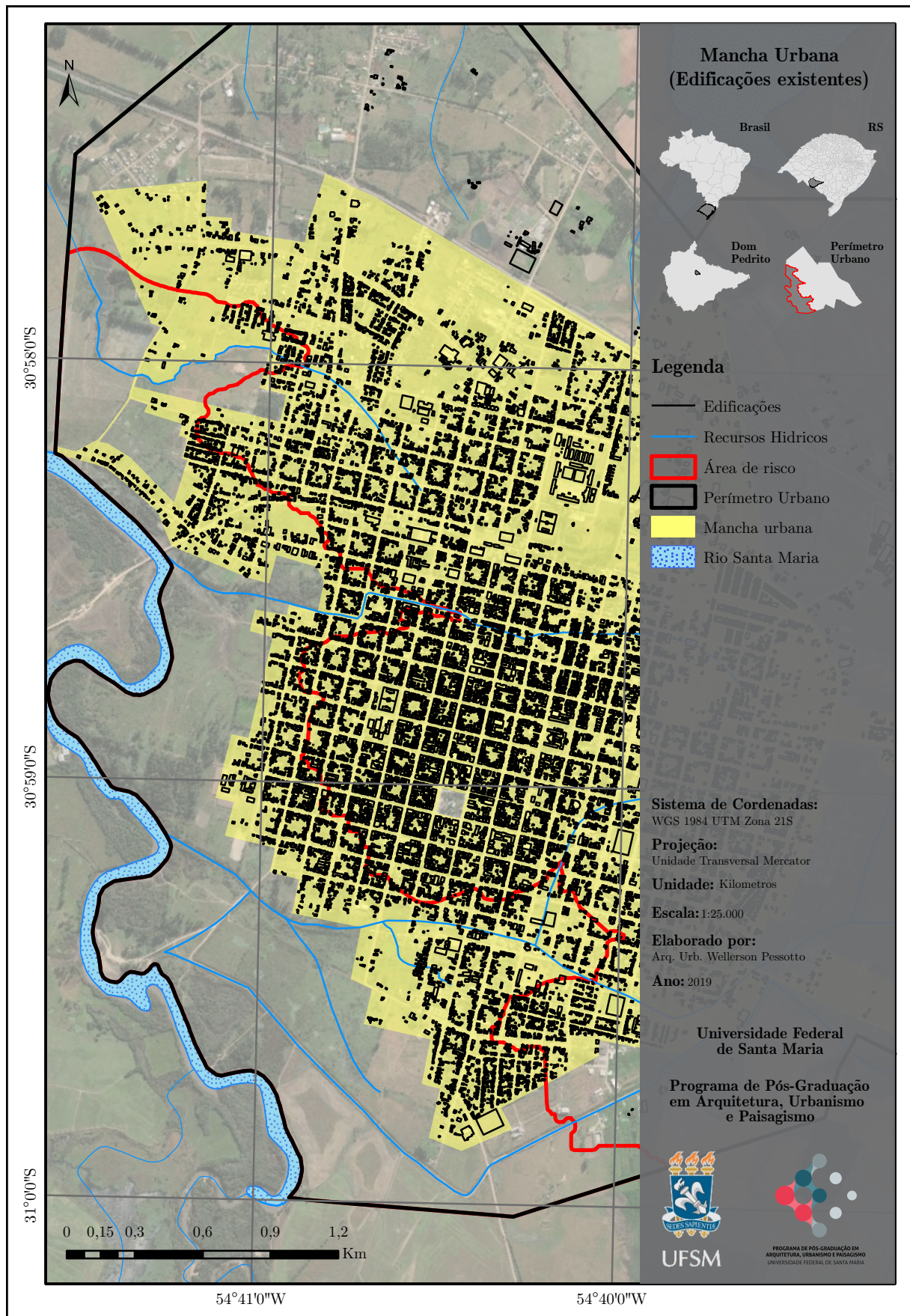
	Área (m ²)	Área (%)	Acumulado
Perigo Baixo	883.000,00	47,4%	47,4%
Perigo Médio	606.904,00	32,5%	79,9%
Perigo Alto	374.856,00	20,1%	100%

Organização: Autor.

Os índices de Perigo Alto são encontrados nos bairros Centro (4.101,45 m²), Getúlio Vargas (80.414,45 m²), Santa Maria (143.884,00 m²), Sagrada Face (71.802,40 m²) e São Gregório (74.653,70 m²), próximos aos recursos hídricos (Arroio Marli Cassol, Sanga das Piugas e Sanga da Charqueada), na planície de inundação. Enquanto o Perigo Médio, além dos bairros elencados acima, abrange o bairro Santa Terezinha.

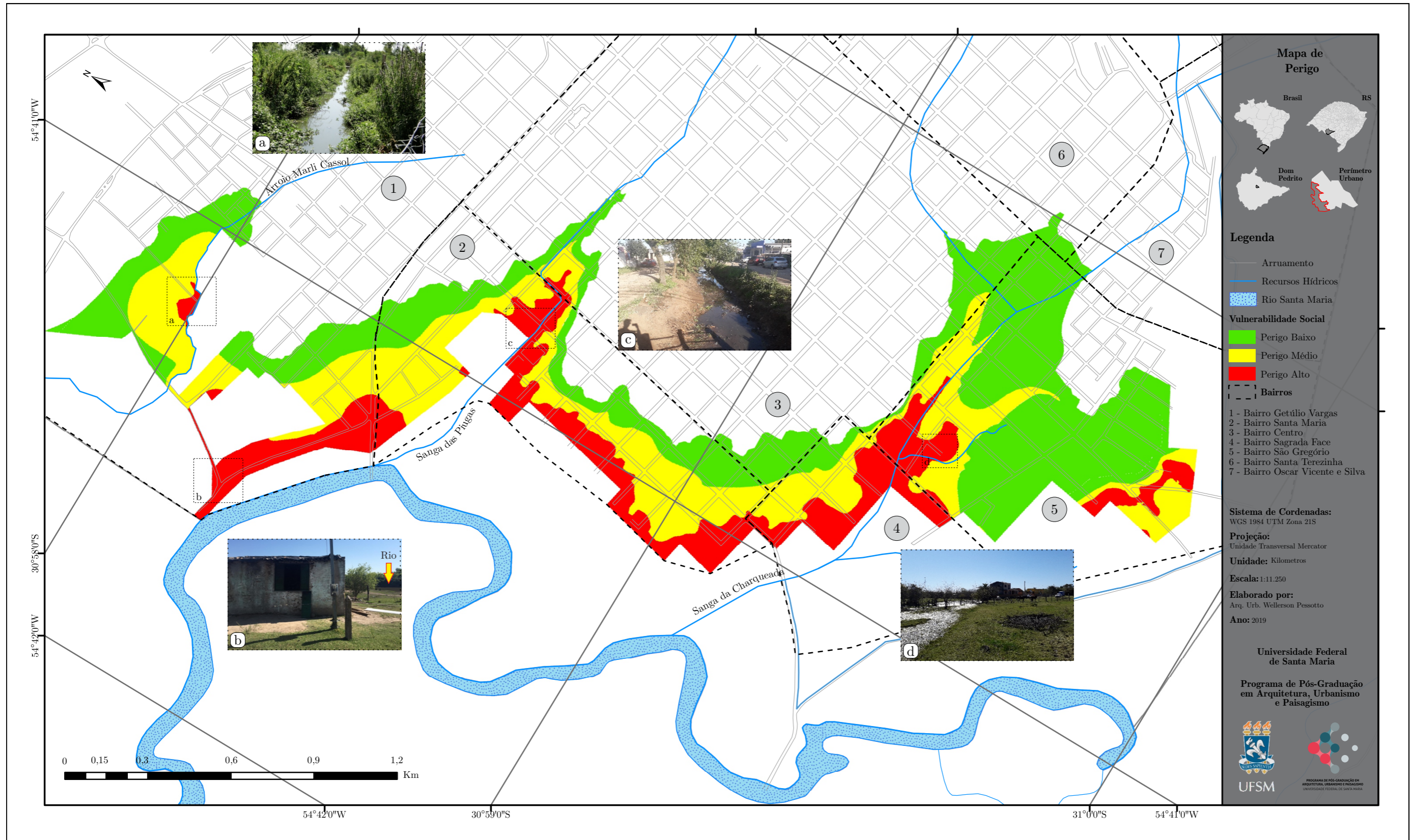
Para elaborar o Mapa de Zoneamento de Risco é preciso avaliar a Vulnerabilidade Social da população envolvida. Este estudo é apresentado na seção seguinte.

Figura 5.13 – Mancha Urbana



Organização: Autor.

Figura 5.14 – Mapa de Perigo



Organização: Autor.

5.6 MAPA DE VULNERABILIDADE SOCIAL

Conforme mapeamento realizado nos 1.864.760,00 m², constatou-se que há uma diferença significativa dentro da área de risco, caracterizando uma segregação social mesmo dentro deste espaço.

No mapeamento de Vulnerabilidade Social constatou-se que dentro da área de risco de Dom Pedrito, através da variável tamanho da edificação, quantificaram-se 14% como pequena, 79% média e 7% grande. Quanto a variável número de pavimentos obteve-se uma diferença significativa, sendo 94% térrea e 6% de dois ou mais pavimentos.

Em análise à variável material, cabe destacar que Dom Pedrito é um município com colonização portuguesa e espanhola, tendo como característica construtiva de suas edificações o uso de alvenaria convencional, logo, essa característica evidenciou-se nessa pesquisa, pois 95% das edificações são de alvenaria, 4% de madeira e apenas 1% mista, o que difere do padrão construtivo em áreas de risco de cidades maiores como Santa Maria, no Rio Grande do Sul.

Observando os dados obtidos na variável estado de conservação da edificação, teve-se como ruim 15%, médio 67% e bom 18%. Já o estado de conservação das aberturas foram caracterizadas como: 41% sendo ruim, 43% médio e 16% bom.

Avaliando os resultados referentes à variável edificação elevada, somente 4% das edificações se esquadram nesta categoria. Verificou-se que 7% das edificações estão expostas a situação de presença de esgoto a céu aberto. Durante a análise da variável lixo acumulado constatou-se que 8% da população residente na área de risco tem problemas com lixo acumulado nos pátios das moradias e nas ruas. Por último, ao se avaliar os resultados referentes à reprodução do rural, verificou-se que 12% da população reproduz essa cultura no seu cotidiano.

Após análise individual das variáveis, foram atribuídos notas e pesos, conforme explicado na metodologia, e interpoladas a fim de espacializar o resultado de Vulnerabilidade Social. Sendo assim, Na Tabela 5.6 encontra-se a quantificação das classes de Vulnerabilidade Social para área de estudo.

Avaliando os dados apresentados na Tabela 5.6, vê-se que 10,4% da população apresenta Vulnerabilidade Social Muito Alta, abrangendo uma área de 193.220,03 m². 21,5% apresentam Vulnerabilidade Social Alta em uma área de 400.864,89 m². Já o grau médio representa 61,5% e o grau baixo é de 6,7%, tendo suas áreas respectivamente de 1.146.371,06 e 124.304,02 m².

Tabela 5.6 – Quantificação das áreas do Mapeamento de Vulnerabilidade Social à inundação de Dom Pedrito-RS

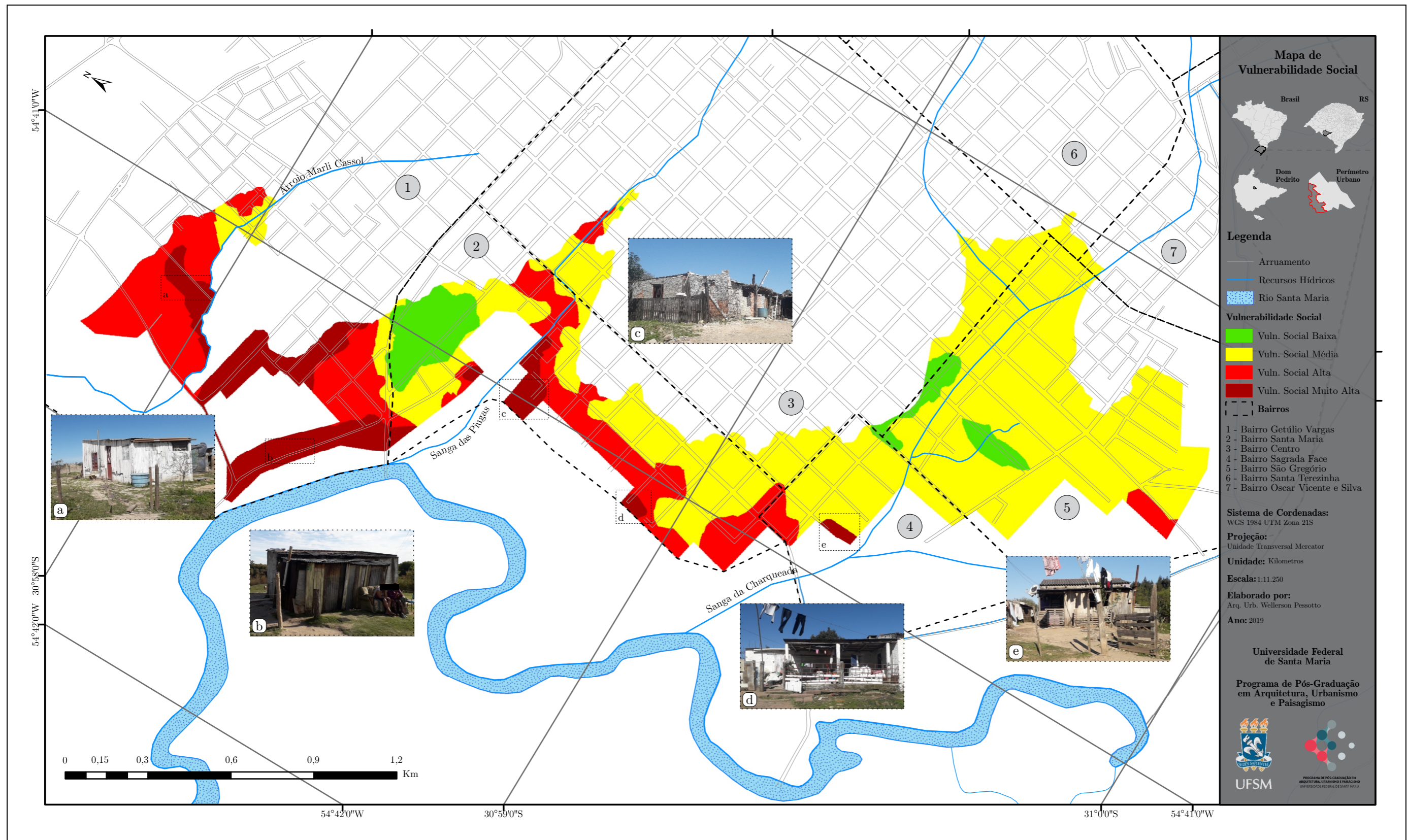
	Área (m ²)	Área (%)	Acumulado
Vulnerabilidade Social Baixa	124.304,02	6,7%	6,7%
Vulnerabilidade Social Média	1.146.371,06	61,5%	68,2%
Vulnerabilidade Social Alta	400.864,89	21,5%	89,7%
Vulnerabilidade Social Muito Alta	193.220,03	10,4%	100%

Organização: Autor.

O mapa da Figura 5.15 apresenta a Vulnerabilidade Social da área. Vê-se que a população mais vulnerável (Vulnerabilidade Social Muito Alta e Alta) encontra-se junto aos bairros Centro envolvendo 8.287,86 m² (0,4% de sua área), Getúlio Vargas ocupando 352.501,33 m² (5% de sua área), São Gregório envolvendo 13.793,7 m² (1,1% de sua área), Santa Maria ocupando 199.471,71 m² (22,3% de sua área), e Sagrada Face com 20.031,32 m² (4,3% de sua área).

Nos referidos bairros, essa concentração se dá em pontos específicos. Contudo esses locais apresentam uma característica em comum, estão próximos a cursos d'água (Rio Santa Maria, Sanga das Piugas, Sanga Charqueada e o Arroio Marli Cassol).

Figura 5.15 – Mapa de Vulnerabilidade Social



Organização: Autor.

5.7 ZONEAMENTO DE RISCO

Após o cruzamento dos Mapas de Perigo e Vulnerabilidade Social, conforme explicitado metodologicamente no capítulo anterior, tem-se, através da Tabela 5.7, os dados quantitativos, e, por meio da Figura 5.16 a apresentação do zoneamento.

Tabela 5.7 – Quantificação das áreas do Mapeamento de Risco à inundação de Dom Pedrito-RS

	Área (m ²)	Área (%)	Acumulado
Risco Baixo	785.078,61	42,1%	42,1%
Risco Médio	819.966,21	44%	86,1%
Risco Alto	156.425,66	8,4%	94,5%
Risco Muito Alto	103.289,52	5,5%	100%

Organização: Autor.

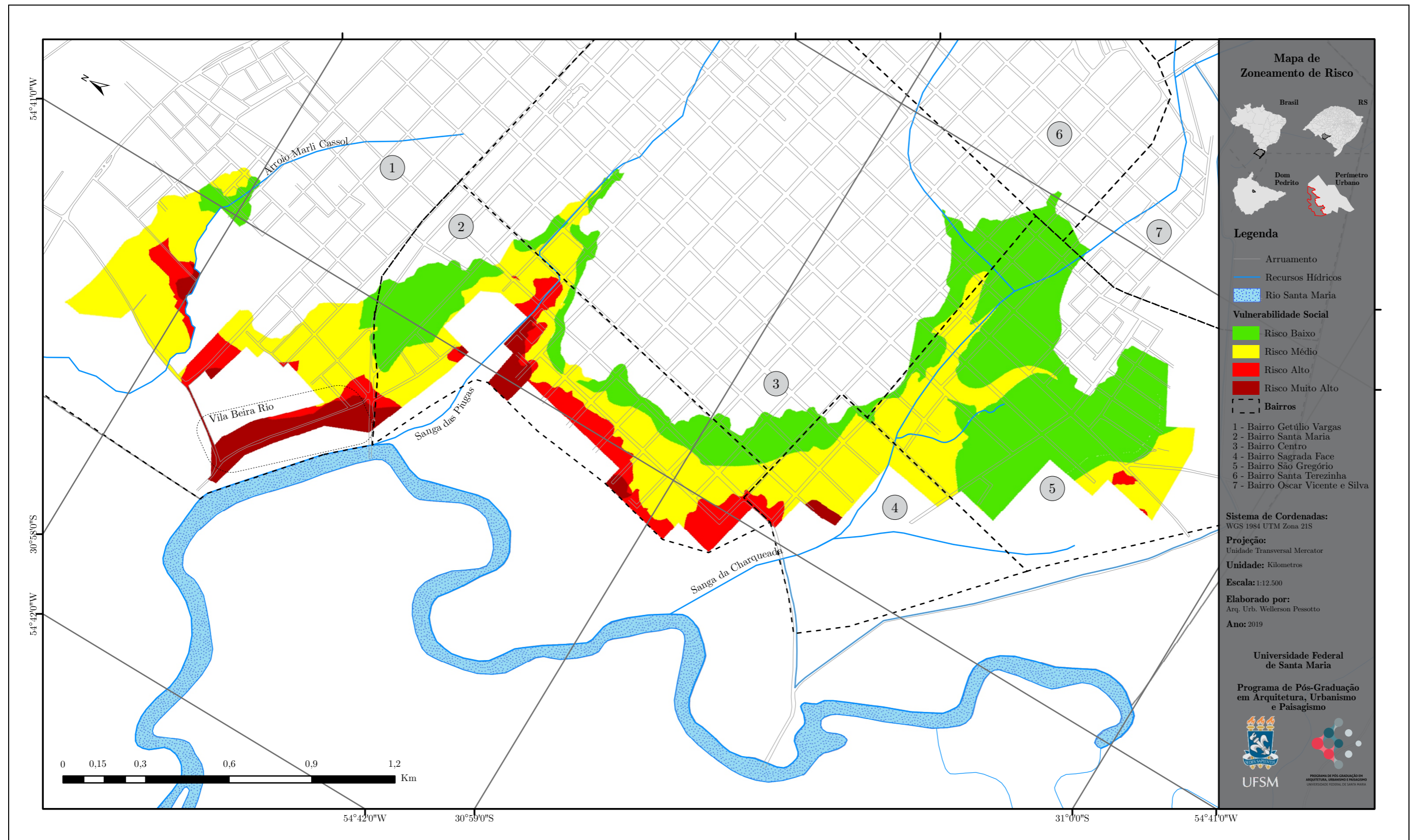
Em análise à Tabela 5.7, constatou-se que Risco Muito Alto abrange uma área de 103.289,52 m² sendo 5,5% da área total. Já na classe Risco Alto a área total deu-se 8,4% em uma área de 156.425,66 m². A classe Risco Médio foi a que conteve maior índice, sendo 44% tendo 819.966,21 m², enquanto Risco Baixo obteve o segundo maior número, sendo 42,1% do total com uma área de 785.078,61 m².

Na avaliação dos dados (Tabela 5.7) ficou evidenciado que as classes de Risco Médio e Baixo são predominante na área de risco de Dom Pedrito, contudo, cabe destacar que a classe Risco Alto e Rico Muito Alto são respectivamente as terceira e quarta classe, e acabam ocupando as zonas rururbanas (Figura 5.16).

As classes de Risco Alto e Muito Alto, são as que devem ser priorizadas nas medidas de gerenciamento do risco, logo, cabe apresentar os bairros afetados por essas classes. O Bairro Getúlio Vargas apresenta a maior área em Risco Alto e Muito Alto, correspondendo a 1.592 m² (19% de sua área total), onde se localiza a Vila Beira Rio (maior vulnerabilidade) e risco associado ao Rio Santa Maria e também as comunidades que moram próximo ao Arroio Marli Cassol.

Os bairros Santa Maria e Sagrada Face são, respectivamente, o segundo e terceiro em áreas com classes de Risco Alto e Muito Alto, o Santa Maria com 1.320 m² e o Sagrada Face com 1.250 m².

Figura 5.16 – Mapa de Risco



Organização: Autor.

5.8 PROPOSTAS DE MEDIDAS PARA GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RISCO

5.8.1 Estratégias para escolha de medidas

As inundações têm causado inúmeros danos à população Pedritense ao longo de sua história. O Zoneamento de Risco, resultado desta dissertação, apresenta informações qualitativas e quantitativas que, por si só, já se configuram numa ferramenta de apoio à gestão e gerenciamento do risco à inundação. Porém, este estudo buscou contribuir ainda mais, propondo ações que possam auxiliar o Poder Público nessa difícil tarefa que é minimizar e, até mesmo, erradicar o risco.

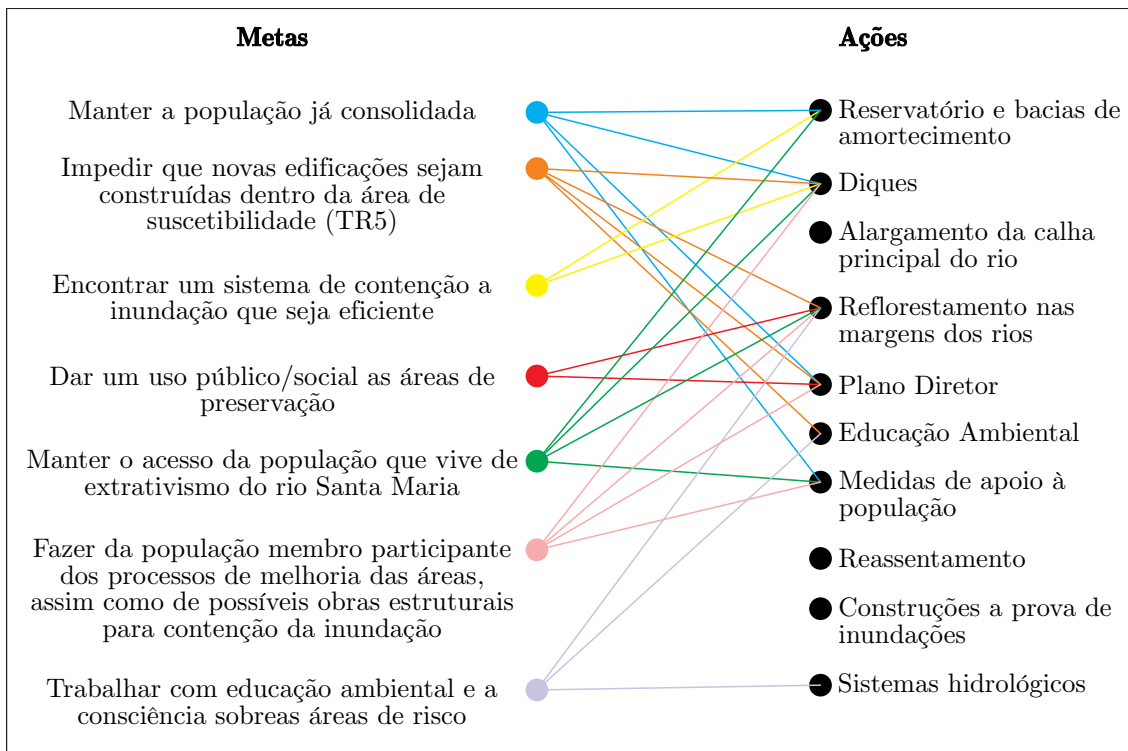
Avaliando a situação territorial de Dom Pedrito, seja no âmbito social, assim como político e espacial, elencou-se algumas metas e ações de gestão e gerenciamento do risco à inundação de Dom Pedrito.

- Manter a população, já consolidada, no local onde reside;
- Impedir que novas edificações sejam construídas dentro da área de suscetibilidade (TR5);
- Projetar um sistema de contenção à inundação que seja eficiente;
- Dar um uso público/social as áreas de preservação;
- Manter o acesso da população que vive do extrativismo de areia, ao Rio Santa Maria;
- Incluir a população como atores dos processos de melhoria das áreas, assim como, de possíveis obras estruturais para contenção da inundação;
- Fortalecer a educação ambiental nas escolas inseridas nas áreas suscetíveis, discutindo a questão ambiental e de preparação para o risco à inundação.

Com essa lista de metas definidas, e apoiado no referencial bibliográfico estudado no decorrer da pesquisa (Capítulo 4), optou-se por definir algumas ações que pudessem atender aos objetivos da pesquisa (Capítulo 1) e às metas elencadas, orientadas pelas prioridades estabelecidas para ações que contemplem a gestão e gerenciamento.

Conforme a Figura 5.17, as metas foram elencadas com prioridades e cada uma delas foi correlacionada a uma ou mais ações para que possa efetivamente ser implantada.

Figura 5.17 – Propostas e ações para gestão e gerenciamento de risco



Organização: Autor.

Considerando que os eventos de inundação ocorrem em bacias hidrográficas e seus efeitos são sinérgicos (se propagam), vale ressaltar que as propostas apresentadas nesta dissertação não deveriam ser avaliadas ou implementadas de forma isolada, e sim, priorizando o conjunto delas.

A utilização desse método possibilitou verificar, dentre as alternativas, quais seriam as mais eficientes, sendo possível concluir que, para alcançar as metas, se destacaram:

- **Medidas estruturais:** Construção de um dique e o reflorestamento (recuperação da vegetação às margens do Rio Santa Maria), sendo que ambas têm ligação com cinco metas (comuns e incomuns).
- **Medidas não estruturais:** Destaca-se o Plano Diretor, que tem ligação com cinco metas, seguido pelas medidas de apoio a população (três metas) e pelas atividades de educação ambiental tendo apenas duas ligações.

As propostas para gestão de risco foram divididas em três classes considerando o tempo para implementação: curto, médio e longo prazo. As medidas apontadas poderão

servir de subsídios para tomadas de decisões do Poder Público e dar sequência a estudos no futuro.

5.8.1.1 Curto Prazo

1. **Manter a população já consolidada no local onde residem:** há um grande número de famílias, comércio e serviços instalados dentro da área de risco em Dom Pedrito e, por isso, um possível reassentamento seria algo muito dispendioso ao município que não dispõe de muitas áreas livres para essa finalidade.

Conforme o Plano Diretor, as poucas espaços livres¹ que poderiam ser utilizadas para realocação das famílias em risco muito alto fica distante do centro da cidade e, por consequência, do Rio Santa Maria, de onde tiram seu sustento (extração de areias). Caso isto ocorra, sem o apoio e incentivo à população para que posam ter uma fonte de renda diferente da atual, é possível que elas retornem ao seu local de origem, como há relatos de que isto já ocorreu no passado.

Os moradores dessas áreas de risco, mesmo sofrendo anualmente com as inundações, acabam assumindo o risco e permanecem no local, resistindo às mudanças, pois já criaram seu círculo social, onde estabeleceram relações com o entorno, sendo ali que elas conseguem reproduzir sua cultura. A redução da Vulnerabilidade Social deve considerar capacitar para o trabalho, educação formal, creches e escolas, gerando também oportunidades de emprego, entre outros.

Contudo, os índices de Vulnerabilidade Social apresentam uma desigualdade que deve ser observada. Medidas devem ser tomadas para que o cenário atual seja alterado, trazendo mais qualidade de vida a essa população.

2. **Impedir novas edificações dentro da área de suscetibilidade (TR5):** essa medida é algo presente no plano diretor do município em seu Art. 24 referente as Macrozona de Restrição, Zona Especial de Interesse Cultural e Paisagístico, entretanto, é possível observar em imagens de satélites que há vários espaços vazios nesse perímetro, o que são passíveis de novas ocupações. Desse modo, é importante destacar a fiscalização e orientar a população quanto a importância em seguir tais diretrizes, mas principalmente dar um novo uso a estes locais.

¹Sistema de Espaços Livres (SEL) é composto por todo espaço não ocupado por um volume edificado: espaço-solo, espaço-água, espaço-luz ao redor das edificações a que as pessoas têm acesso (MAGNOLI, 1982, p. 48).

3. **Educação Ambiental:** medida que deve ser tomada em conjunto com Secretaria de Educação, Assistência Social e Cultura, onde temas relacionados à preservação do meio ambiente, o cuidado que deve-se ter em preservar o Rio Santa Maria e seus afluentes, o risco às inundações, a fim de corroborar com item 2 dessa classe. Em estudos como o de Barbosa (2006), observou-se que a inclusão das pessoas como membros ativos das tomadas decisões em obras e ações propostas e realizadas, traz resultados positivos a médio e longo prazo, por isso, essa medida deve ser iniciada o quanto antes. Nesse ponto, a educação formal e a educação ambiental, como tema transversal, podem promover a melhoria de vida da população e seu crescimento enquanto cidadãos Pedritenses, possibilitando a sua participação no processo de melhoria do lugar ao qual pertencem.

5.8.1.2 *Médio Prazo*

1. **Reflorestamento nas margens dos recursos hídricos:** a fim de corroborar com o item 2 da classe curto prazo, e com o Art. 24 do Plano Diretor Municipal, o reflorestamento das margens dos córregos, assim como a criação de corredores verdes e azuis em Macrozonas de Restrição, Zona Especial de Interesse Cultural e Paisagístico, além de servir como uma forma de contenção, conservação e preservação das margens dos recursos hídricos, também acabam trazendo um uso público para o local. Estas ações tendem a maximizar um potencial que o próprio município já apresenta como: espaços livres que se conectam ao rio; vegetação abundante no entorno do rio e topografia plana propícia para a implantação de uma rede de ciclovias ou pista multiuso.

Os espaços livres da cidade se restringem à praça central, Parque das Acácias, ligado ao rio (onde acontecem feiras e exposições), e ao Balneário Passo Real (por sua área ser às margens do rio, é frequentado pela população local, se tornando um ponto de encontro e veraneio). Logo esses espaços livres de lazer e recreação públicos que se conectam ao rio, devem ser reforçados com a implantação de corredores verdes, traduzidos em um grande parque linear que possa conectar esses espaços em um sistema.

A vegetação apresenta uma paisagem ciliar, nativa e hídrica ao longo da Área de Preservação Permanente (APP), além de extremamente importante para a ecologia

do local, possui significativo valor estético, potencializando ainda mais o valor recreacional e turístico da região.

Em relação a topografia da cidade, essa apresenta-se apropriada para modais alternativos de transporte, possibilitando a conexão entre as diferentes zonas do parque linear e tendo vantagem de ser um modal alternativo, não poluente. Essa constitui-se uma solução barata que favorece o lazer da cidade.

Sendo assim, a criação de um parque linear, contemplando potencialidades existentes no município, pois a sua vegetação amortece a vazão e controla a erosão das margens do rio, promove a revitalização do Balneário Passo Real com novos equipamentos, o que irá incentivar o uso pela população, podendo também atender a eventos culturais e sociais.

5.8.1.3 Longo Prazo

1. **Melhorias nas redes de drenagem urbana e saneamento básico:** no escoamento das águas e, também, na preservação do meio ambiente. Um sistema de drenagem urbano eficiente, permite que altos índices pluviométricos escoem de forma rápida, sem causar alagamentos que, no caso de Dom Pedrito, auxiliariam o nível do Rio Santa Maria a voltar ao leito normal. Um saneamento básico de qualidade, apresenta melhoras das condições do meio ambiente local, mas no contexto desta pesquisa, ele também traz uma condição mais favorável as areias extraídas pelos moradores, aumentando o aproveitamento do material para futuras obras. Dessa forma deve ser destacado os córregos urbanos que os moradores utilizam como depósito de lixo e também como rede de esgoto, essas melhorias, assim como ações apresentadas nos itens seguintes, são fundamentais para progresso ambiental e de qualidade de vida da população próxima a esses canais.
2. **Dique:** que poderia ser construído com o envolvimento de diferentes órgãos públicos como o Ministério Público, Secretarias de Obras, Assistência Social, Planejamento, Educação e Cultura. A construção do dique pode representar uma obra que envolva muito mais que uma barreira contra inundações, mas sim uma parceria entre diversas instituições a população que reside nas áreas de risco. Nessa proposta, apresenta-se um conjunto de ações que irão integrar o dique com o parque linear, fazendo da população, agente fundamental na construção e manutenção do

mesmo. No item 5.8.2 serão apresentadas as etapas que fazem parte da proposta de construção e integração do dique com a comunidade e parque linear.

- (a) **Revitalização:** esse seria o primeiro passo, em que todos os afluentes do Rio Santa Maria, Sanga das Piugas, Sanga da Charqueada e Arroio Marli Cassol, de suas nascentes (na área urbana) até a confluência com o Rio Santa Maria deverão passar por uma limpeza, com a retirada de todo o lixo acumulado no rio e suas margens, bem como recuperação da vegetação quando possível;
- (b) **Desassoreamento:** sabe-se que há uma dificuldade em se obter o licenciamento ambiental para as operações de desassoreamento dos rios (dragagem), porém, sugere-se uma força tarefa contando com o Ministério Público, Secretária de Obras e Meio Ambiente, utilizando como justificativa as inúmeras inundações do município. Os moradores das áreas de risco que são extrativistas, poderiam participar nessa atividade, porque teriam uma ocupação (trabalho) e ao mesmo tempo seriam os protagonistas da ação;
- (c) **Retaludamento:** avaliação das condições de estabilidade das margens dos arroios que cortam a área urbana e do Rio Santa Maria, o que poderá ser realizado em parceria entre a Secretaria de Obras e a do Meio Ambiente. Em locais com instabilidade, avaliar a possibilidade de realizar o retaludamento das margens e providenciar medidas estruturais e não estruturais (caso necessário) para promover a estabilização;
- (d) **Construção do dique:** a areia extraída nas etapas anteriores, e tratada para sua utilização, poderia ser utilizada na construção do dique para proteção das inundações. Ressalva-se a possibilidade da participação dos próprios moradores das áreas de risco na construção do dique, que deverá ser executado e projetado por equipes técnicas especializadas. Esta pesquisa, após análise do MDT e do mapa de urbanização, definiu que o dique poderá ser construindo considerando como parâmetro a cota 125, e com uma altura de 3 metros, que seria uma estrutura suficiente para conter as inundações.

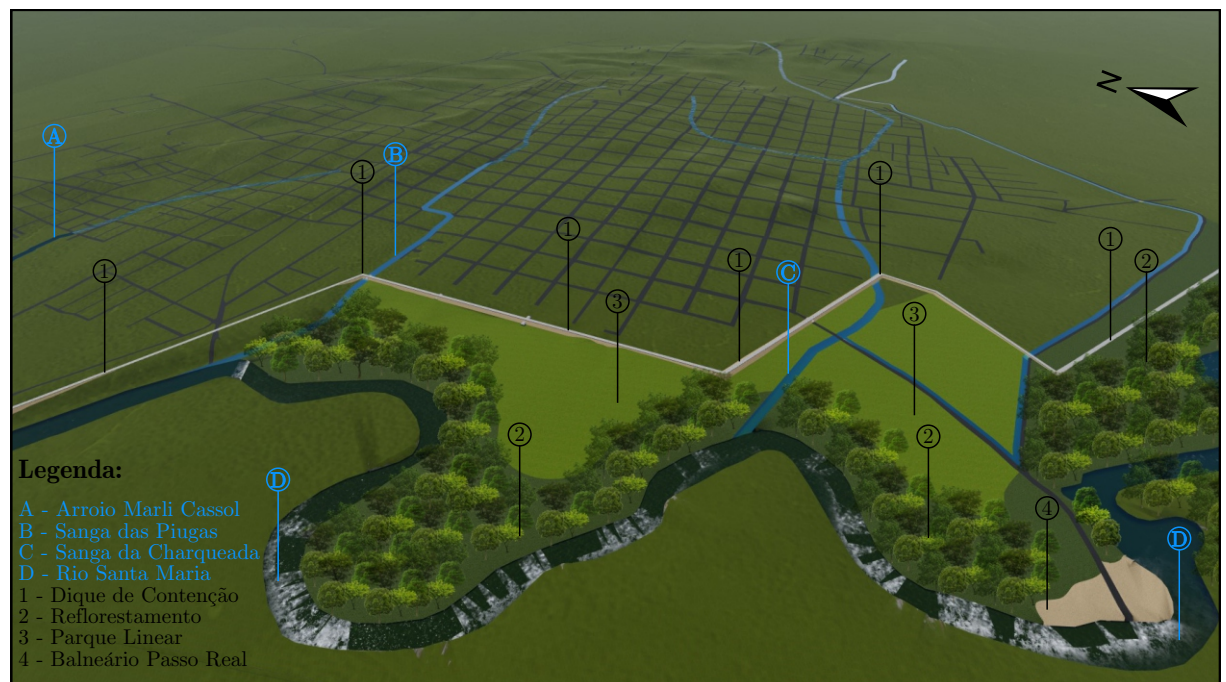
A construção do dique continuará permitindo o acesso da população para o rio para lazer (Balneário Passo Real) e extração de areia, por meio de comportas. O dique, mesmo sendo uma barreira física, passará a ser um meio de ligação entre a cidade e os corredores verdes, utilizado também como equipamento público. Essas funções agregadas ao dique têm sua importância pois não limitam o uso do rio pela população. Mesmo sendo uma obra estrutural de grande porte, a cultura

dos moradores não precisará ser alterada, apenas se adaptarão a novas condições ambientais.

5.8.2 Parque Linear Ponche Verde

Esta dissertação propôs um parque linear de modo ilustrativo, com alguns detalhes técnicos das medidas propostas. Por meio de uma implantação perspectiva (Figura 5.18) pode-se observar como ficaria o projeto concluído com as medidas de longo, médio e curto prazo, funcionando de maneira articulada. Da mesma forma, é apresentado como deve ocorrer as medidas estruturais, presentes nas classes de médio e longo prazo.

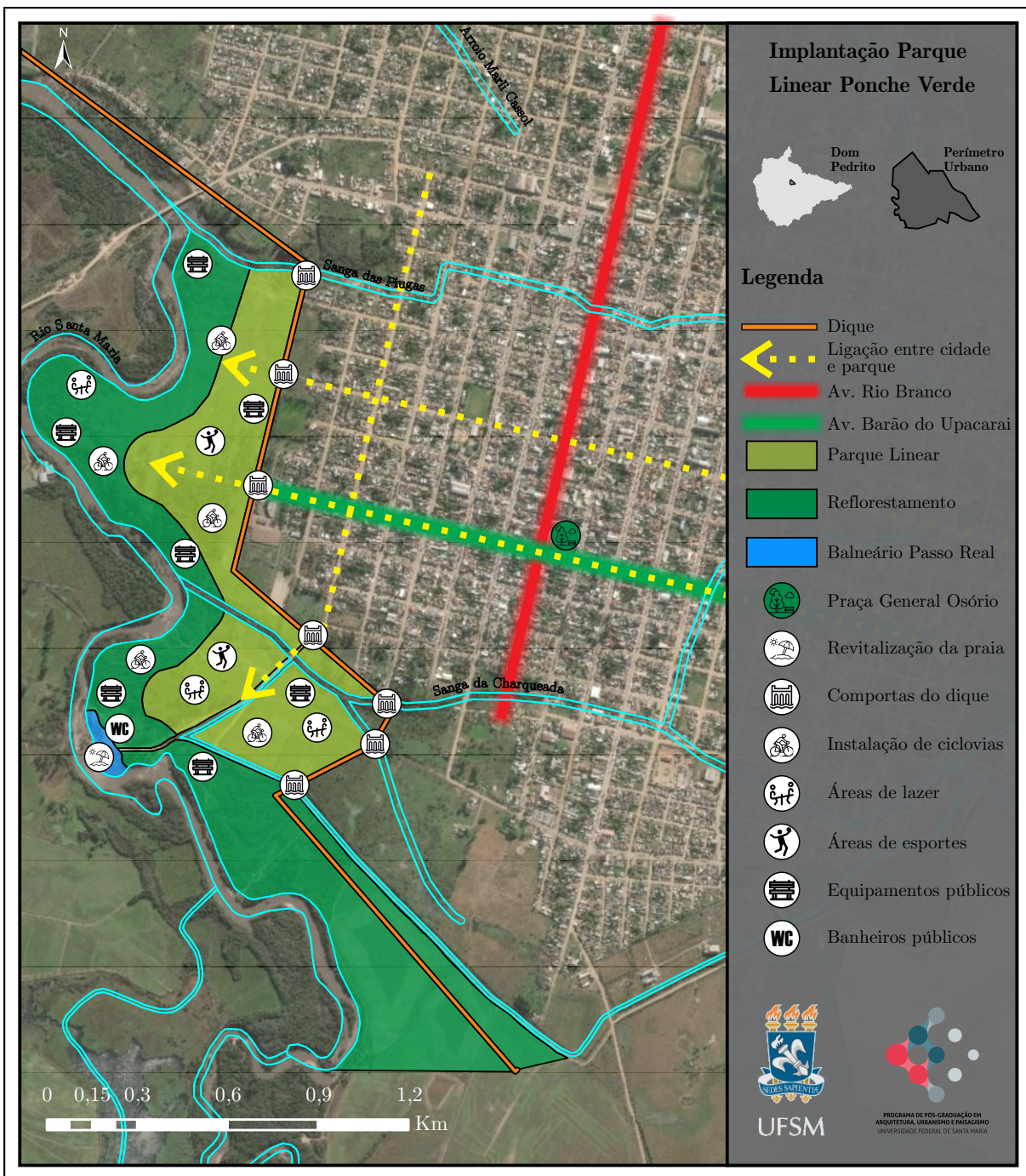
Figura 5.18 – Implantação perspectiva



Organização: Autor.

O reflorestamento nas margens dos rios, medida que consta na classe de médio prazo, consiste em vegetar áreas de APP no entorno do Rio Santa Maria, e a criação de um parque linear, com espaços para caminhada, mas, também, modais alternativos de transporte, equipamentos públicos de qualidade, e a revitalização do Balneário Passo Real (Figura 5.19).

Figura 5.19 – Implantação da proposta do parque linear e sua conectividade com a cidade



Organização: Autor.

Um panorama mais detalhado pode ser observado na Figura 5.20, onde é possível visualizar, em forma de esboço, como poderá ocorrer esse parque e suas interligações.

Destaca-se a importância de os equipamentos públicos serem resistentes à água pois, nos períodos de inundação, o parque poderá ficar submerso e, por isso, a utilização de equipamentos fabricados de madeira seriam uma boa alternativa devido a sua alta durabilidade e resistência às intempéries.

Figura 5.20 – Ligação entre o parque e a cidade através do dique e ciclovias



Organização: Autor.

6 CONCLUSÃO

O Brasil é quinto país mais populoso do mundo, com mais de 209 milhões de habitantes, onde aproximadamente 85% das pessoas vivem em zonas urbanas e desta forma, enfrenta problemas referentes a expansão urbana acelerada, principalmente em áreas consideradas de risco, exigindo políticas de planejamento urbano para tomadas de decisões frente a esse crescimento.

Conforme o Weiss (2016) as cidades brasileiras passarão por um crescimento populacional de 30 milhões nos próximos 30 anos e dessa forma, se impõe alguns questionamentos referente a qualidade de vida da população, em especial dos oriundos do meio rural.

As perspectivas futuras tendem a uma extensificação das cidades, ultrapassando seus marcos preestabelecidos, ocasionadas por diferentes agentes sociais que estarão atuando no espaço urbano, habitando lugares onde seja possível replicar sua cultura e mão de obra original. Nesse sentido as zonas rururbanas acabam sendo espaços que atendem os anseios desses agentes, que ocupam esses espaços muitas vezes ignorando os riscos existentes no local.

Dessa forma a temática risco acaba tendo cada vez mais destaque junto as demais áreas do conhecimento, no campo das geociências e ciências sociais, dentre essas, arquitetura e urbanismo. É comum entre os estudos que tratam de risco a caracterização da suscetibilidade e perigo evidenciado em determinada área e, a vulnerabilidade das pessoas frente a esse perigo, entendendo de que forma esse perigo originou-se. Nesse sentido a arquitetura e urbanismo, juntamente com outros campos, como a geografia utilizam metodologias e conceitos que conseguem mensurar as diferentes classes de risco que uma determinada população está exposta.

Nesta dissertação foram estudadas metodologias aplicadas em recortes espaciais específicos, as quais foram utilizadas a fim de avaliar o risco a inundação ocorrido no município de Dom Pedrito. Conforme Menezes (2018) avaliar e quantificar os riscos não constituem implicações simples, ao passo que determinar as variáveis que interferem de forma mais direta na classificação de risco exigem uma certa complexibilidade. O autor fala ainda sobre a importância do conhecimento empírico das áreas de estudo.

Com o objetivo de elaborar um Zoneamento de Risco as inundações para a zona urbana de Dom Pedrito-RS, é apresentada uma proposta de mensuração desse risco através de cotas linimétricas, cálculo de tempo de retorno, levantamento planialtimétrico,

variáveis que expressem a vulnerabilidade social da população e trabalhos em campo durante toda pesquisa.

Nessa dissertação de mestrado os objetivos propostos, foram todos alcançados, contudo, algumas dificuldades foram encontradas no decorrer da pesquisa. Destaca-se a ausência de dados referentes às cotas de inundações, sendo que, a realização da pesquisa foi possível, pois foram utilizados os dados da estação de leitura da ANA que está em operação desde 2000, e os dados do IPH, presentes no trabalho de Castilho (2004). Outro ponto que trouxe uma complexabilidade para a pesquisa foi a impossibilidade de realizar o questionário de vulnerabilidade social para cada uma das 2 mil famílias, isso devido ao fato da dissertação de mestrado se desenvolver somente em dois anos, e portanto, não seria concluído em tempo hábil para a defesa.

Deve-se destacar a importância das ferramentas de geotecnologias, que permitiram a criação do Modelo Digital do Terreno, assim como o cadastro dos dados obtidos nos procedimentos de campo, e posterior interpolação e cruzamento dos mesmos, e que deram origem aos mapas de em Suscetibilidade, Perigo e de Vulnerabilidade Social, e finalmente o Mapa de Zoneamento de Risco.

Da mesma forma que no trabalho de Feitosa et al. (2012), a utilização da ferramenta computacional, neste caso o SIG, permitiu que o resultado desta análise pudesse ser visualizado em forma de mapas, com diferentes escalas, apresentando soluções satisfatórias. As ferramentas de SIG também proporcionaram análises desagregadas das variáveis, o que pode auxiliar o poder público nos estudos de Vulnerabilidade Social, por exemplo.

Essa ferramenta possibilitou, no início da pesquisa, a análise temporal da mancha urbana, onde, juntamente com dados dos Censos Demográficos de diferentes períodos, foi possível verificar que a ocupação em massa das zonas rururbanas do município, se davam ao mesmo tempo em que estava ocorrendo o êxodo rural, onde essas famílias oriundas do interior buscavam na cidade uma melhor qualidade de vida.

A análise temporal da expansão da mancha urbana mostrou que a ocupação se deu ao longo dos anos principalmente nas áreas de risco à inundação. Os espaços vazios no centro da cidade foram relativamente preenchidos, mas a tendência de expansão urbana se deu ao norte e a leste, onde não há nenhuma barreira natural, que no caso de Dom Pedrito, é o Rio Santa Maria.

Com essas ferramentas, foi possível definir as áreas suscetíveis à inundação, e os graus de Perigo. A utilização da Lei de Distribuição de Gumpel, juntamente com a metodologia de Kurek (2012), se mostrou muito eficiente para o cálculo de Tempo de Retorno (TR). Levando em conta esse procedimento para o mapeamento de perigo,

foi possível verificar que há uma parcela pequena da população no TR mais frequente, porém, quando é utilizado o TR de 75 anos, 25,6% da população de Dom Pedrito está localizada nesta área.

É necessário destacar que no tocante ao mapa de Perigo e Suscetibilidade, mesmo todos os procedimentos metodológicos terem sido seguidos rigidamente para melhor precisão em seus resultados, deve-se apontar duas questões importantes para sua correção e maior precisão. A primeira está relacionada ao levantamento das cotas altimétricas por meio do uso do equipamento GPS Ruide modelo R90. A leitura com este equipamento é demorada e alguns pontos deram erro e não corresponderam ao detalhamento exigido pois não se mostraram fiéis a topografia do terreno natural o que pode significar alguma discrepância em determinadas áreas entre o MDT e o terreno real.

Outra questão refere-se a estimativa do tempo de retorno dos eventos, que foram obtidos através de dados de 1942 até 2019, sendo assim, todo evento que venha ocorrer, posteriormente a essa data, deve ser acrescentado no cálculo de TR, pois esta forma, será possível manter atualizado o mapa de suscetibilidade e perigo.

Todos os procedimentos de campo acabaram revelando a segregação social presente no município, onde a população mais carente acaba habitando áreas suscetíveis às inundações, vivendo assim em risco. No estudo para definição das variáveis para Vulnerabilidade Social foi encontrada uma série de autores que falam sobre a importância dessa, mas, também, quanto a dificuldade em quantificar e qualificar o quão vulnerável é essa população. Nos procedimentos de campo para levantamento de dados da Vulnerabilidade Social essa prerrogativa se confirmou, mesmo utilizando de um método perceptivo.

Desta maneira, deve ser considerado que é possível melhorar essa avaliação, agregando variáveis que possam mensurar de forma a caracterizar com mais precisão essa população, assim como fazer um cadastro unitário de cada edificação.

Destaca-se, portanto, que em estudos de risco é fundamental que as medidas de mitigação ou erradicação não se restrinjam apenas ao mapeamento de risco, às obras de engenharia, aos sistemas de alerta contra desastres naturais, entre outros. Deve-se considerar que, conforme bibliografia estudada, a remoção de famílias moradoras de áreas de risco será sempre insuficiente se não vier acompanhada de reformas sociais e urbanas que considerem a cidade como um todo e priorizem o combate à especulação imobiliária e o cumprimento da função social da propriedade urbana (LAVELL, 1999).

No decorrer da pesquisa, juntando-se a ela todas as experiências em sala de aula, como discente e, também, com a primeira experiência como docente, foi possível identificar um crescimento pessoal e profissional muito grandes, da mesma forma que a

construção de um novo pesquisador. As relações estabelecidas com professores, e colegas do PPGAUP, e ainda com outros programas (PPGEO e PPGEE), mostraram o quanto a interdisciplinariedade é fundamental para formação de um projeto de qualidade mas também de um bom profissional, desde que esse utilize dessas experiências e conhecimentos adquiridos ao seu favor.

Espera-se que a base de dados fornecidas nesta dissertação de mestrado, assim como as propostas de medidas de gestão e gerenciamento de risco, possam ser utilizadas pelo Poder Público em prol da população Pedritense. Da mesma forma, que seja um estudo que fomente novas pesquisas que possam complementar as informações para o município de Dom Pedrito, ou na aplicação das metodologias de trabalho em outras cidades.

REFERÊNCIAS

- ADGER, W. N. Vulnerability. **Scient Direct**, v. 16, p. 268 – 281, Fevereiro 2006.
- AIMON, J. G. S. **Análise espaço temporal do risco a inundação na área urbana do município de Uruguaiana/RS**. 109 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) — Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, 2017.
- AMARAL, R. d.; RIBEIRO, R. **Inundações e enchentes: Desastres naturais: Conhecer pra prevenir**. 1. ed. São Paulo, Brasil: (Org) Tominaga, Lídia Keiko and Santoro, Jair and Amaral, Rosangela. Instituto Geológico, 2009.
- ANAZAWA, T. M.; FEITOSA, F. da F.; MONTEIRO, A. M. V. Indicadores territoriais de vulnerabilidade socioecológica: uma proposta conceitual e metodológica e sua aplicação para São Sebastião, litoral norte paulista. **Mudanças Climáticas e as Cidades: População, Urbanização e Adaptação**. São Paulo: Editora Blucher, 2012.
- AYALA-CARCEDO, F. J. La ordenación del territorio en la prevención de catástrofes naturales en la geografía española. **Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles**, v. 10, n. 30, p. 37–49, 2000.
- BARBOSA, F. de Assis dos R. **Medidas de proteção e controle de inundações urbanas nabitada do rio Mamanguape/PB**. 115 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) — Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil, 2006.
- BARRETO, V. A. V.; FONTOURA, L. F. M. O processo de urbanização das cidades locais e a relação cidade-campo: o local e o global a partir do estudo de caso. **Boletim Gaúcho de Geografia**, v. 36, n. 1, p. 53 – 64, maio 2011.
- BERTONE, P.; MARINHO, C. Gestão de riscos e resposta a desastres naturais: a visão do planejamento. In: **Trabalhos Apresentados (VI Congresso Consad)**. [S.l.: s.n.], 2013. p. 24.
- BORNSTEIN, L. Confrontation, collaboration and community benefits: lessons from canadian and u.s. cities on working together around strategic projects. In: **43rd ISO-CARP Congress**. [S.l.: s.n.], 2007. p. 16.
- BUSSO, G. Vulnerabilidad social: Nociones e implicancias de políticas para latinoamerica e inicios del siglo xxi. In: **Seminario Internacional - Las Diferentes expresiones de la vulnerabilidad social en América Latina y el Caribe**. [S.l.: s.n.], 2001.

- CANHOLI, A. P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. 2. ed. São Paulo, Brasil: Oficina de Textos, 2015.
- CARDONA, O. D. **El manejo de riesgos y los preparativos para desastres: compromiso institucional para mejorar la calidad de vida**. São Paulo, Brasil: Desastres: modelo para armar. Colección de piezas de un rompecabezas social, 1996.
- CARVALHO, C. S.; MACEDO, E.; OGURA, A. **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Brasília: [S.l.], 2007.
- CASTILHO, J. L. de S. **Aplicação de Técnicas de Geoprocessamento na Definição da Interferência da Área de Risco em Áreas de Uso Urbano-Estudo de caso: Dom Pedrito. RS**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) — Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, 2004.
- CASTILHO, J. L. de S.; GIOTTO, E. Aplicação de técnicas de geoprocessamento na definição da interferência da área de risco em área de uso urbano - estudo de caso: Dom pedrito. In: **Congresso Brasileiro de Cadastro Territorial Multifinalitário - COBRAC 2004**. [S.l.: s.n.], 2004. p. 1 – 7.
- CASTRO, A. L. C. d. **Glossário da Defesa Civil: Estudos de riscos e medicina dos desastres**. 5. ed. Brasília, Brasil: Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil, 1998. 191 p.
- CASTRO, S. D. A. de. Riesgos y peligros: Una visión desde la geografía. **Scripta Nova. Revista Eletrónica de Geografía y Ciencias Sociales**, n. 60, Março 2000. ISSN 1138-9788.
- CAVALCANTI, I. F. de A. et al. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo, Brasil: Oficina de Textos, 2009. ISBN 97-85-86238-92-5.
- CEPED/UFSC. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 a 2012**. 2. ed. Florianópolis, Brasil: Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres, 2013. 126 p.
- _____. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 a 2012 - Volume Rio Grande do Sul**. 2. ed. Florianópolis, Brasil: Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres, 2013. 186 p.
- CHARDON, A. C. Amenaza, vulnerabilidad y sociedades urbanas. **Gestión y Ambiente**, v. 11, n. 2, p. 11, Agosto 2008. ISSN Amenazas naturales, Hábitat urbano, vulnerabilidad, Factores institucionales, Gestión del riesgo, Desarrollo sostenible.

- COELHO, A. C. S. **Avaliação do desempenho de receptores GPS em levantamentos altimétricos, para fim de sistematização de terras.** 145 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) — Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brasil, 2003.
- COLLINS, T. **Disaster Risk for Floods: 1980-2000.** Tóquio, Japão: United Nations University, 2004. 56 p.
- CUNHA, J. M. P. d. et al. A vulnerabilidade social no contexto metropolitano: o caso de campinas. In: **XIV Encontro Nacional de Estudos Populacionais.** [S.l.: s.n.], 2004. p. 19.
- CUNHA, L.; DIMUCCIO, L. Considerações sobre riscos naturais num espaço de transição. exercícios cartográficos numa área a sul de coimbra. **Territorium**, n. 9, p. 37 – 51, 2002.
- CUNHA, S.; TAVEIRA, F. P. Aplicação de uma metodologia de análise de risco de inundações à zona ribeirinha do peso da régua. **Jornada de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente**, v. 6, p. 103–112, 2011.
- CUTTER, S. L. A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, n. 93, p. 59 – 69, 2011.
- DAL-VESCO, D. G.; FERNANDES, F. C.; RONCON, A. Controles de gestão atrelados ao gerenciamento de risco: uma análise das produções científicas brasileiras sob a perspectiva de redes sociais. **REDES: Revista Hispana para el Análises de Redes Sociales**, v. 25, n. 2, p. 163 – 185, Dezembro 2014. ISSN 1579-0185.
- ECKHARDT, R. R. **Geração de modelo cartográfico aplicado ao mapeamento das áreas sujeitas às inundações urbanas na cidade de Lajeado/RS.** 116 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, 2008.
- ENOMOTO, C. F. **Método para elaboração de mapas de inundação: estudo de caso na bacia do rio Palmital, Paraná.** Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Ambientais) — Universidade Federal do Paraná, Paraná, Brasil, 2004.
- FARAH, F. **Habitação e Encostas.** São Paulo, Brasil: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2003.
- FARIAS, D. G. M.; SANTORO, J. **Gerenciamento de desastres Naturais: Desastres naturais: Conhecer pra prevenir.** 1. ed. São Paulo, Brasil: (Org) Tominaga, Lídia Keiko and Santoro, Jair and Amaral, Rosangela. Instituto Geológico, 2009.

- FARIAS, J. A. Anais do xvii anpur 2017. In: **Resiliência: um bom conceito para o projeto e a reforma urbana?** [S.l.: s.n.], 2017.
- FEE, F. de Economia e E. **Municípios (IBGE)**. Porto Alegre, Brasil, 2018. Disponível em: <<https://www.fee.rs.gov.br/>>. Acesso em: 24 de maio de 2018.
- FEITOSA, F. da F. et al. Urbanização e vulnerabilidade social em zonas costeiras: A construção de um modelo de simulação das dinâmicas residenciais de Caraguatatuba, sp. In: **XVIII Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP**. [S.l.: s.n.], 2012.
- FEITOSA, F. da F.; MONTEIRO, A. M. V. Vulnerabilidade e modelos de simulação como estratégias mediadoras: contribuição ao debate das mudanças climáticas e ambientais. **Geografia**, v. 37, n. 2, p. 289–305, Maio/Agosto 2012.
- FRANCO, F. de M.; BONDUKI, N. O legado do plano diretor de São Paulo. **Revista Arquitetura e Urbanismo**, n. 273, p. 50 – 53, dez 2016.
- FREITAS, C. M. d. et al. Riscos, vulnerabilidades e resiliência socioambientais urbanas: inovações na análise geográfica. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 7, p. 1577 – 1586, 2012.
- GILBERT, C. **Studying disaster: changes in the main conceptual tools: What is a disaster?** perspectives on the question. London and New York: (Org) Quarantelli, E. L., 1998.
- GOERL, R. F.; KOBIANA, M.; PELLERIN, J. R. G. M. Proposta metodológica para mapeamento de áreas de risco a inundação: estudo de caso do município de Rio Negro-SC. **Boletim de Geografia**, v. 30, n. 1, p. 81 – 100, 2012.
- GRAZIA, G. et al. O desafio da sustentabilidade urbana. **Série Cadernos Temáticos Brasil Sustentável e Democrático**, v. 5, 2001.
- GRIMM, A. M.; FERRAZ, S. E.; GOMES, J. Precipitation anomalies in southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. **Journal of climate**, v. 11, n. 11, p. 2863 – 2880, 1998.
- HALL, P. A.; LAMONT, M. **Social Resilience in the Neoliberal Era**. Estados Unidos: Cambridge: University Press, 2013.
- HOLLING, C. S. Resilience and stability of ecological systems. **Annual review of ecology and systematics**, v. 4, n. 1, p. 1 – 23, 1973.
- JACINTO, R. **Cartas de Inundação de Cheias em Cenário de Alterações Climáticas**. CC-IAM. Portugal, 2011. Disponível em: <<https://www.ubi.pt/Ficheiros/>>

Entidades/BolsasConcursos/bolsaCIRAC20outubro2010.pdf>. Acesso em: 19 de Novembro de 2018.

JACOBI, P. **Impactos Socioambientais Urbanos - do risco à busca de sustentabilidade**: impactos socioambientais urbanos. Curitiba, Brasil: (Org) Francisco Mendonç. RiMa Editora, 2004.

KUREK, R. K. M. **Avaliação do tempo de retorno dos níveis das inundações no vale do Taquari, RS**. [S.l.], 2012.

LAVELL, A. Gestión de riesgos ambientales urbanos. **Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina**, p. 15, 1999. ISSN month=,.

LONDE, L. de R. et al. Vulnerabilização, saúde e desastres socioambientais no litoral de são paulo: Desafios para o desenvolvimento sustentável. **Ambiente & Sociedade**, v. 21, 2018.

LOPES, J. A. D. **A cidade de Dom Pedrito**. 1. ed. Porto Alegre, Brasil: Livraria do Globo, 1972.

MAGNOLI, M. M. **Espaços livres e urbanização**. 1982. Tese (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo) — Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 1982.

MARANDOLA JR., E.; HOGAN, D. J. Natural hazards: O estudo geográfico dos riscos e perigos. **Ambiente e Sociedade**, p. 95 – 110, 2004. ISSN month=,.

MARCHEZINI, V. **Dos Desastres da Natureza à Natura dos Desastres**: Sociologia dos desastres: Construções, interfaxes e perspectivas no brasil. São Carlos, Brasil: (Org) Valencio, Norma and Siena, Mariana and Marchezini, Victor and Gonçalves, Juliano Costa. RiMa Editora, 2009. ISBN 978-85-7656-165-1.

MARTINS, M. M. **Capacitação Básica em Defesa Civil**. 2. ed. Florianópolis, Brasil: CAD UFSC, 2012. 122 p. ISBN 978.85.64695.31-3.

MARTINS, V. C. D. **Avaliação de Sistemas de Prevenção e Contenção de Inundações em Bacia de Drenagem Urbana**. 109 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) — Universidade Federal do Pará, Belém, Brasil, 2015.

MASKREY, A. **Capítulo 1: El riesgo**: Navegando entre brumas: la aplicación de los sistemas de información geográfica al análisis de riesgo en america latina. Colômbia: Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, 1998.

MENDONÇA, F. Riscos, vulnerabilidades e resiliência socioambientais urbanas: inovações na análise geográfica. **Revista da ANPEGE**, v. 7, n. 1, p. 111 – 118, 2017.

- MENEGON, B. S. **Estudo de Mapeamento dos Tempos de Retorno a Inundação no Perímetro Urbano de Dom Pedrito**. [S.l.], 2018.
- MENEZES, D. J. **Risco associado a inundações: análise espaço-temporal para a área urbana de Alegrete - RS**. 2018. 234 p. Tese (Doutorado em Geografia) — Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, 2018.
- MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Sistema Integrado de Informações sobre desastres**. Brasil, 2019.
- MONTEIRO, L. R.; KOBAYAMA, M. Proposta de metodologia de mapeamento de perigo de inundação. **Revista de Gestão de Águas da América Latina**, v. 10, 2013.
- MÜLLER, A. S. **Aplicabilidade de medidas não-estruturais no controle de cheias urbanas: Estudo de caso bacia hidrográfica no rio Cachoeira - Joinville-SC**. 235 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) — Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 2005.
- NAKANOME, L. M. **Implantação de reservatórios de detenção em conjuntos habitacionais: a experiência da CDHU**. 287 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) — Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 2005.
- NELÍ PIRES MAGNANELLI. **Conceitos Perigo x Riscos**. São José dos Campos, São Paulo, 2012. 21 p. Disponível em: <<http://www.cvs.saude.sp.gov.br/up/conceitos/perigo/riscos.pdf>>furlaccessdate={21deDezembrode2018}.>
- NOGUEIRA, F. R. **Gerenciamento de riscos ambientais associados a escorregamentos: Contribuição às políticas públicas municipais para áreas de ocupação subnormal**. 2002. 269 p. Tese (Doutorado em Geociências) — Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, Brasil, 2002.
- NOGUEIRA, F. R. **Prevenção de riscos de deslizamento em encostas: Guia para elaboração de políticas municipais**. 1. ed. Brasília, Brasília: Cities Alliance, 2006. 28-45 p.
- OLIVEIRA, E. L. de A. **Análise do gerenciamento de riscos geomorfológicos em cidades do Rio Grande do Sul. Situação atual e contribuição para elaboração de estratégias de prevenção**. Tese (Doutorado em Geografia) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.
- OLIVEN, R. G. **Metabolismo social da cidade e outros ensaios**. Rio de Janeiro: Available from SciELO Books, 2009. ISBN 978-85-7982-012-0.

_____. **Urbanização e mudança no Brasil**. Rio de Janeiro: Available from SciELO Books, 2010. ISBN 978-85-7982-001-4.

ONU, O. das Nações U. **Living with risk: a global review of disaster reduction initiatives**. Genebra, Suíça: Agency Secretariat of the International Strategy for Disasters Reduction, 2004.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA. **Orientações Técnicas para Aplicação da Convenção do Patrimônio Mundial**. Londres, Inglaterra, 2010. 63 p.

PELLING, M. **The vulnerability of cities: natural disaster and social resilience**. Londres, Inglaterra: Routledge, 2003.

PEREIRA, D. C.; SARMENTO, L. R. D. ant A. P. Determinação da curva de intensidade, duração e frequência do município de ipameri - go. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil - REEC**, v. 13, n. 2, p. 233 – 246, Jul - Dez 2017. ISSN 2179-0612.

PISTRIKA, A.; TSAKIRIS, G. Hydrologic aspects related to flash floods. In: **Euroconference 2000: Flash Floods**. [S.l.: s.n.], 2000.

PORTELA, M. M. Hydrologic aspects related to flash floods. In: **Euroconference 2000: Flash Floods**. [S.l.: s.n.], 2000.

PRINA, B. Z. **Geotecnologias aplicadas no mapeamento das áreas de inundação do perímetro urbano de Jaguari/RS**. 128 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) — Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, 2015.

REBELO, F. **Riscos Naturais e Ações Antrópicas: Estudos e reflexões**. 2. ed. Coimbra, Portugal: Imprensa Universidade, 2003.

REIS, A. T.; LAY, M. C. D. Métodos e técnicas para levantamento de campo e análise de dados: questões gerais. In: **Workshop Avaliação Pós-Ocupação**. [S.l.: s.n.], 1994. p. 28–49.

RIBEIRO, C. B.; LIMA, R. N. de S. Simulação de inundações urbanas a partir da integração de técnicas de geoprocessamento à modelagem hidráulica e hidrológica. **Revista de Geografia - PPGeo**, v. 2, n. 1, p. 1 – 9, 2011.

RIBEIRO, M. J. ao. Sociologia dos desastres. **Sociologia - Problemas e Práticas**, n. 18, p. 23 – 43, 1995.

ROBAINA, L. E. d. S. **Áreas de risco por processos de dinâmica geomorfológica: Eventos extremos no rio grande do sul: inundações e movimentos de massa**. Porto Alegre, Brasi: Evangraf, 2013. 11-24 p.

- ROBAINA, L. E. d. S.; TRENTIN, R. **Desastres Naturais no Rio Grande do Sul**. Santa Maria, Brasil: Editora da UFSM, 2013. 376 p. ISBN 978.85.7391-197-8.
- SANTOS, A. G. Construir cidades e não unidades: Novos modos de organização espacial de conjuntos habitacionais (2005 - 2012, em são paulo - sp. In: **Congresso Internacional de Americanistas**. [S.l.: s.n.], 2018. v. 3, n. 56.
- SANTOS, K. R. Inundações urbanas: um passeio pela literatura. **Revista de Geo. UEG - Goiânia**, v. 1, n. 1, jun 2012.
- SOUSA, L. F. N. M. de. **Metodologia para o mapeamento de cheias em zonas de risco. Aplicação a um trecho de um rio no Norte de Portugal**. 133 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civi. Especialização em Hidráulica) — Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2012.
- SOUZA, M. L.; RODRIGUES, G. B. **Planejamento urbano e ativismos sociais**. São Paulo, Brasil: UNESP, 2004.
- TOMINAGA, L. K. **Avaliação de metodologias de análises de risco a escorregamentos: Aplicação de um ensaio em Ubatuba, SP**. Tese (Doutorado em Geografia Física) — Universidade de São Paulo, 2007.
- TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. **Desastres Naturais: Conhecer pra Prevenir**. 1. ed. São Paulo, Brasil: Instituto Geológico, 2009. 197 p. ISBN 978.85.87235.09-1.
- TUCCI, C. A. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. São Paulo, Brasil: EDUSP, 1993. 952 p.
- _____. **Gestão das Inundações Urbanas**. Organização das Nações Unidas para a Educação. A Ciência e a Cultura. Porto Alegre, Brasil, 2005. Disponível em: <<http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/importacao/institucional/gruposdetrabalho/encerrados/residuos/documentos-diversos/outrosdocumentostecnicos/cursogestaodoterritorioemanejamentointegradasaguasurbanas/drenagem1.pdf>>. Acesso em: 13 de Dezembro de 2018.
- TUCCI, C. E. M. Plano diretor de drenagem urbana: Âtroncípios e concepção. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 2, n. 2, p. 621 – 658, jul/dez 1997.
- TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. **Inundações Urbanas na América do SuL**. 1. ed. Porto Alegre: Abril, 2003. 156 p. ISBN 85-88686-07-4.
- UN-ISDR - UNITED NATIONS INTERNACIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION. **A Global Review of Disaster Reduction Initiatives**. Genebra,

Suíça, 2009. 152 p. Disponível em: <<http://www.unisdr.org>>. Acesso em: 12 de Novembro de 2018.

VEYRET, Y. **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. 1. ed. SÃO Paulo: Contexto, 2005.

WEISS, R. **A Dinâmica Urbana: da compressão à construção de um modelo de identificação dos padrões de crescimento urbano por meio das métricas espaciais da paisagem, o caso do distrito da Lagoa da Conceição**. 2016. 311 p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, 2016.

WISNER, B. et al. **At Risk: natural hazards, peoples vulnerability and disasters**. 2. ed. Reino Unido: Routledge, 2003.

ZUQUETTE, L. V. **Importância gráfica do mapeamento geotécnico no uso e a ocupação do meio físico: fundamento e guia para elaboração**. Tese (Docência em Geotecnia) — Universidade de São Paulo, 1993.

APÊNDICES

**Apêndice A – DEFINIÇÃO DE VARIÁVEIS PARA QUANTIFICAÇÃO
DE VULNERABILIDADE SOCIAL NO MUNICÍPIO DE
DOM PEDRITO - RS**

Definição de variáveis para quantificação de vulnerabilidade no município de Dom Pedrito RS.

A ciência da vulnerabilidade fornece a base empírica para a elaboração de políticas de redução de riscos através do desenvolvimento de métodos e métricas para analisar a vulnerabilidade social aos riscos ambientais e aos acontecimentos extremos (Cutter, 2003).

Com o intuito de avaliar a vulnerabilidade da população residente em zona de perigo de inundação do município de Dom Pedrito – RS, será preciso escolher variáveis que farão parte do estudo de zoneamento. A escolha dessas variáveis pode ser através de dados censitários, entrevista com a população envolvida ou observação das características das edificações e equipamentos urbanos. Cabe salientar que o município tem aproximadamente 30% de sua área urbana em zona de suscetibilidade à inundação.

A metodologia para escolha das variáveis corresponde a aplicação de um questionário semiestruturado aos professores do Laboratório de Geologia Ambiental da Universidade Federal de Santa Maria (LAGEOLAM) que tem experiência em pesquisas sobre mapeamento e avaliação de risco, para que apontem quais variáveis devem-se considerar para quantificação da vulnerabilidade.

1. Quais das três formas de avaliação de vulnerabilidade (dados censitários, entrevista com a população envolvida ou observação) é mais válido para obter resultados mais precisos?

2. O que se deve considerar para escolher uma delas?

3. Das variáveis abaixo classifique em três graus de importância, quais seriam as escolhidas para o estudo? Sendo o menor grau de importância 1, 2 o para o médio e o mais alto 3.

Variável	Resposta
Densidade Demográfica	
Número de moradores no setor	
Número de pessoas por residência	
Número médio de pessoas por residência	
Pessoas com dependência (crianças, idosos e pessoas com necessidades especiais)	
IDH Longevidade do município	
IDH Educação do município	
IDH Renda do município	
Faixa etária	
Gênero	
Nível de ensino do chefe de família	
Mulheres como chefe de família	
Renda Familiar	
Situação do imóvel (regular ou irregular)	
Uso da edificação	
Escolas, creches e ginásios que possam abrigar essa população	
Esgotamento Sanitário	
Energia Elétrica	
Água potável	
Equipamentos coletivos	
Pavimentação das ruas de acesso	
Condição da construção (velha, intermediária e nova)	
Material de construção (madeira, misto e alvenaria)	
Número de pavimentos	
Tamanho (m ²)	
Pé direito da construção (altura)	

4. Acrescentaria mais alguma?
