



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM SISTEMAS AMBIENTAIS SUSTENTÁVEIS - PPGSAS

**AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE E RISCOS
A INUNDAÇÕES E ENXURRADAS NAS ÁREAS SUSCETÍVEIS
DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORQUETA - RS**

Rodrigo Luis Bald

Lajeado, abril de 2018

Rodrigo Luis Bald

**AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE E RISCOS
A INUNDAÇÕES E ENXURRADAS NAS ÁREAS SUSCETÍVEIS
DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORQUETA - RS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado em Sistemas Ambientais Sustentáveis da Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES, como parte da exigência para obtenção do grau de Mestre em Sistemas Ambientais Sustentáveis na linha de Pesquisa de Eficiência Produtiva na Agroindústria, área de concentração Sustentabilidade da Cadeia Produtiva.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Garcia de Oliveira

Coorientador: Prof. Dr. Marlon Dalmoro

Lajeado, abril de 2018.

Rodrigo Luis Bald

**AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE E RISCOS
A INUNDAÇÕES E ENXURRADAS NAS ÁREAS SUSCETÍVEIS
DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORQUETA - RS**

A banca examinadora abaixo aprova o Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas Ambientais Sustentáveis, da Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES, como parte da exigência para a obtenção do grau de Mestre em Sistemas Ambientais Sustentáveis na linha de Pesquisa de Eficiência Produtiva na Agroindústria, área de concentração Sustentabilidade da Cadeia Produtiva

Prof. Dr. Guilherme Garcia de Oliveira – orientador
Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES

Prof. Dr. Marlon Dalmoro - coorientador
Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES

Prof. Dra. Claudete Rempel – 3º Membro
Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES

Prof. Dra. Luciana Turatti – 4º Membro
Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES

Prof. Dr. Claus Haetinger – 5º Membro
Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES

Lajeado, abril de 2018.

RESUMO

Os desastres naturais estão aumentando em frequência e intensidade ao longo dos anos. A título de exemplo, pode-se citar o ocorrido em janeiro de 2010, quando ocorreu a maior enxurrada já diagnosticada na Bacia Hidrográfica do Rio Forqueta, localizada no Vale do Taquari, no Estado do Rio Grande do Sul. Devido aos grandes impactos ambientais e sociais causados por esse evento extremo em vários municípios da região do Vale do Taquari, o presente estudo teve como objetivo analisar a vulnerabilidade e o risco associado às precipitações intensas relacionadas ao fato, com ênfase nas inundações e enxurradas resultantes nas áreas suscetíveis da bacia do Rio Forqueta. Trata-se de uma pesquisa de natureza qualitativa, realizada por meio do método dedutivo e de procedimento técnico bibliográfico e documental. Dessa forma, por meio de dados dos setores censitários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, bem como outros coletados *in loco*, este estudo vale-se de uma metodologia específica para a avaliação da vulnerabilidade da população, em que foram considerados índices de dimensões demográficas e sociais, saneamento e infraestrutura. Para tanto, realiza-se uma classificação dos riscos hidrológicos por meio do cruzamento entre os mapas de vulnerabilidade e suscetibilidade. A partir de entrevistas e observações com moradores dessas áreas, faz-se um levantamento das condicionantes sociais da vulnerabilidade e riscos da população, comparando-se essa percepção com a vulnerabilidade geográfica. Em relação à vulnerabilidade de acordo com as classificações e interpretações propostas, verifica-se que determinado município foi classificado com vulnerabilidade alta, 8 setores censitários classificados com vulnerabilidade média para alta e os restantes com vulnerabilidade média para baixa. Já em relação aos riscos, as áreas dos centros urbanos das cidades maiores, foram classificadas com risco muito alto, e a maioria das áreas atingidas, foram classificadas com risco alto e médio. Em relação à percepção da população, os respondentes de forma geral têm ciência de que eventualmente poderá haver mais eventos extremos, mas a maioria não manifesta receio com a probabilidade do fenômeno se repetir. Esta percepção por parte dos moradores entrevistados contrasta com os dados geográficos, os quais apontam risco de eventos extremos na bacia estudada.

Palavras-chave: Geoprocessamento. Eventos extremos hidrológicos. Desastres naturais. Gestão de riscos hidrológicos.

ABSTRACT

The natural disasters are increasing in frequency and intensity over the years. As an example, we can cite what occurred in January 2010, when the biggest flood already seen in the river basin of Rio Forqueta, located in Vale do Taquari, in the State of Rio Grande do Sul, happened. Due to the big environmental and social impacts that were caused by this extreme event in many cities in the region of Vale do Taquari, the present study has as its goal of analyzing the vulnerability and the risk associated with the intense rainfall related to the fact, with emphasis on the floods in the areas susceptible to the Forqueta River basin. It is a research of a qualitative nature, carried out by means of the deductive method and technical bibliographical and documentary procedure. Thus, through data from the census tracts of the Brazilian Institute of Geography and Statistics, as well as other data collected locally, this study draws on a specific methodology for the evaluation of the population's vulnerability, in which the indices of demographic dimensions and social, sanitation and infrastructure. In order to do so, a classification of hydrological risks is carried out by crossing the maps of vulnerability and susceptibility. Based on interviews and observations with residents of these areas, a survey is made of the social determinants of vulnerability and risks of the population, comparing this perception with the geographical vulnerability. In relation to the vulnerability according to the proposed classifications and interpretations, it is verified that a certain municipality was classified with high vulnerability, 8 census tracts classified with medium vulnerability for high and the remaining with medium vulnerability for low. Regarding the risks, the areas of the urban centers of the larger cities were classified as very high risk, and most of the affected areas were classified as high and medium risk. Regarding population perception, respondents are generally aware that there may be more extreme events, but most are not afraid of the likelihood of the phenomenon repeating itself. This perception on the part of the interviewed dwellers contrasts with the geographic data, which shows the risk of extreme events in the studied basin.

Key words: Geoprocessing, Extreme hydrological events, Natural disasters, Hydrological risk management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Registros do número de desastres e quanto foi gasto em milhões por ano no Brasil.	22
Figura 2 - Percentual de pessoas afetadas para cada tipo de desastre natural ocorrido no Brasil, entre 1991 e 2012.	24
Figura 3 - Percentual de óbitos para cada tipo de desastre natural ocorrido no Brasil, entre 1991 e 2012.	24
Figura 4 - Representação dos leitos menores, maiores e da planície de inundação.	27
Figura 5 - Mapa de Zoneamento das áreas suscetíveis no perímetro urbano de Igrejinha – RS.....	30
Figura 6 - Sistematização dos tipos de risco segundo o processo causador.	33
Figura 7 - Obtenção de imagem por sensoriamento remoto.	42
Figura 8 - Níveis de informação em SIG.	46
Figura 9 - Arquitetura de Sistemas de Informações Geográficas.....	47
Figura 10 - Comparações da AHP escalonando de 1 a 9.	49
Figura 11 - Matriz do método AHP.....	50
Figura 12 – Localização da bacia hidrográfica do Rio Forqueta - RS.	51

Figura 13 – Setores censitários suscetíveis da Bacia do Rio Forqueta-RS.....	52
Figura 14 - Série Histórica de inundações de Lajeado, RS.....	54
Figura 15 - Figura 15. Rede Hidrográfica da bacia do Rio Forqueta - RS.....	55
Figura 16 - Mapa de geomorfologia do Município de Marques de Souza - RS	56
Figura 17 - Fluxograma das etapas do trabalho.....	58
Figura 18 – Mapa contendo as áreas suscetíveis a inundações e enxurradas.	59
Figura 19 - Fluxograma das dimensões e seus respectivos indicadores de vulnerabilidade à inundações.....	60
Figura 20 - Número do Índice de Vulnerabilidade (IV), com sua dimensão correspondente e as respectivas variáveis	62
Figura 21 - Funções utilizadas para o reescalonamento das variáveis	63
Figura 22 - Mapa de suscetibilidade e mancha de inundação sobreposta aos setores censitários.....	71
Figura 23 - Casa com infraestrutura simples em madeira localizada na zona rural. .	78
Figura 24 - Casa construídas com material e sob pilotis.....	79
Figura 25 - Índice de vulnerabilidade em relação à demografia na bacia hidrográfica do Rio Forqueta – RS, como sendo: Mapa A: número de domicílios; Mapa B: densidade de domicílios; Mapa C: número de moradores; e Mapa D: densidade populacional.	83
Figura 26 - Índice de vulnerabilidade social na bacia hidrográfica do Rio Forqueta/RS, como sendo: Mapa A: proporção de domicílios alugados; Mapa B: número de analfabetos; Mapa C: taxa de alfabetização; e Mapa D: proporção de crianças.....	86
Figura 27 - Índice de vulnerabilidade na bacia hidrográfica do Rio Forqueta/RS, como sendo: Mapa A: proporção de idosos; Mapa B: renda média mensal por domicílio; Mapa C: proporção de pessoas com renda inferior a 1 salário mínimo; e Mapa D: proporção de domicílios com recolhimento de lixo.	87
Figura 28 - Índice de vulnerabilidade em saneamento e infraestrutura na bacia hidrográfica do Rio Forqueta/RS, como sendo: Mapa A: proporção de domicílios com tratamento de esgoto; Mapa B: proporção de domicílios com energia elétrica; Mapa C: proporção de domicílios com abastecimento de água; e Mapa D: proporção de domicílios com paredes externas de alvenaria.....	89
Figura 29 - Mapa de vulnerabilidade demográfica na bacia hidrográfica do Rio Forqueta/RS.....	96

Figura 30 - Mapa de vulnerabilidade social na bacia hidrográfica do Rio Forqueta/RS.....	98
Figura 31 - Mapa de vulnerabilidade em saneamento e infraestrutura na bacia hidrográfica do Rio Forqueta/RS.....	100
Figura 32 - Mapa de vulnerabilidade final na bacia hidrográfica do Rio Forqueta/RS...	102
Figura 33 - Mapa com a classificação de riscos s Inundação e enchentes.....	105

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação geral de desastres naturais, de acordo com sua origem, definição e principais tipos, segundo o banco de dados EM-DAT.....	20
Quadro 2 - Classificação dos desastres em grupos, tipos, subtipos e definições.....	25
Quadro 3 - Matriz de correlação para estabelecimento do grau de risco.....	34
Quadro 4 - Setores censitários para a análise de vulnerabilidade.....	59
Quadro 5 - Escala de vulnerabilidade com o tipo de equação utilizada em cada IV.	65
Quadro 6 - Matriz de correlação para estabelecimento do grau de risco.....	66
Quadro 7 - Valores brutos obtidos nos dados do IGBE, na dimensão demográfica com 4 variáveis.....	74
Quadro 8 - Valores brutos obtidos nos dados do IGBE, na dimensão social com 7 variáveis.....	76
Quadro 9 - Valores brutos obtidos nos dados do IGBE, na dimensão de saneamento e Infraestrutura com 5 variáveis.....	77
Quadro 10 - Valores reescalados entre 0 (baixa vulnerabilidade) e 1 (alta vulnerabilidade) da dimensão Demográfica com 4 variáveis.....	80
Quadro 11 - Valores reescalados entre 0 (baixa vulnerabilidade) e 1 (alta vulnerabilidade) da dimensão social com 7 variáveis.....	81
Quadro 12 - Valores reescalados entre 0 (baixa vulnerabilidade) e 1 (alta vulnerabilidade) da dimensão de saneamento e infraestrutura com 5 variáveis.....	82

Quadro 13 - Cálculo dos pesos das quatro variáveis na dimensão demográfica.....	91
Quadro 14 - Cálculo dos pesos das sete variáveis na dimensão social.....	91
Quadro 15 - Cálculo dos pesos das cinco variáveis na dimensão de saneamento e infraestrutura	92
Quadro 16 - Cálculos dos pesos das três dimensões: demográfica, social e de saneamento e infraestrutura.....	94
Quadro 17 - Quadro geral com o peso de cada variável e o peso de cada dimensão.....	95
Quadro 18 - Perfil social dos entrevistados na pesquisa.....	107
Quadro 19 - Perfil da moradia dos entrevistados na pesquisa	108
Quadro 20 - Respostas dos entrevistados para eventuais novas enchentes.....	108
Quadro 21 - Respostas dos entrevistados dos cuidados ao construir a casa em relação a vulnerabilidade e perigo.....	109
Quadro 22 - Respostas dos entrevistados, em relação aos motivos que fazem ele ficarem na casa e se tem medo....	110

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Critérios para definição dos graus de suscetibilidade às inundações e enxurradas..67

Tabela 2 - Critérios para definição dos graus de vulnerabilidade às inundações e enxurradas..67

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Cálculo do índice de vulnerabilidade (IV) realizado por Goerl et al. (2012).....	35
Equação 2 - Cálculo do índice de risco (IR) realizado por Goerl et al. (2012).....	38
Equação 3 - Função linear crescente.....	63
Equação 4 – Função linear decrescente	63
Equação 5 - Cálculo da vulnerabilidade por dimensão.	65
Equação 6 – Cálculo da vulnerabilidade final.....	66

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Problema de pesquisa	17
1.2 Objetivos	17
1.2.1 Objetivo geral	17
1.2.2 Objetivos específicos.....	17
1.3 Justificativa.....	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 Desastres naturais	19
2.2 Eventos hidrológicos extremos	25
2.3 Suscetibilidade, vulnerabilidade e risco hidrológico	28
2.3.1 Abordagens e métodos de análise de vulnerabilidade	34
2.3.2 Abordagens e métodos de análise de risco.....	38
2.4 Geotecnologias	40
2.4.1 Sensoriamento remoto	41
2.4.2 Geoprocessamento	44
2.4.3 Sistemas de Informações Geográficas (SIG)	45
2.5 Avaliação multicriterial	47
3 PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS.....	51
3.1 Caracterização da área de estudo	51
3.2 Materiais, softwares e equipamentos	57
3.3 Métodos.....	57
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	71
4.1 Análise de vulnerabilidade da população	71
4.2 Classificação dos riscos hidrológicos	103
4.3 Condicionantes sociais da vulnerabilidade a partir da percepção da população	106
5 CONCLUSÕES	113

REFERÊNCIAS.....116

APÊNDICES128

1 INTRODUÇÃO

Desastres naturais são todos os eventos adversos que causam impactos na sociedade, podendo ser classificados em humanos ou naturais, ocorrendo essencialmente pela vulnerabilidade das pessoas (INPE, 2017)

A cada dia que passa torna-se mais evidente o crescimento do número e da intensidade dos impactos causados pelos desastres naturais, o que os cientistas sugerem já ser em parte explicado pelo resultado das mudanças climáticas globais, responsáveis por expressivos danos e perdas de caráter social, econômico e ambiental (MARCELINO, 2008; LICCO; DOWELL, 2015).

Com a criação de mão de obra industrial decorrente do desenvolvimento, houve a necessidade de fixar as atividades humanas no espaço geográfico de forma mais aglomerada. Essa concentração populacional resultou em novas ocupações urbanas, onde houve a necessidade de se transformar o lugar a ser ocupado e, conseqüentemente, alterando-se a relação do homem com a natureza.

Para Silva e Zaidam (2004), o planejamento urbano não acompanha o crescimento das cidades, decorrendo uma ocupação com pouca organização, incluindo a residências em áreas de riscos. Outro fato que contribui para a ocupação desorganizada das áreas centrais é a especulação imobiliária, que impede ou dificulta as pessoas de baixo poder aquisitivo morarem em áreas mais adequadas, resultando a ocupação em áreas suscetíveis a riscos. Ainda, segundo Guerra e

Cunha (2004), a falta de planejamento urbano poderá levar as cidades ao caos ambiental, com um alto custo a ser pago por todos.

Mundialmente, o tema é bastante discutido e integra um vasto conjunto de publicações, sendo que no Brasil existem muitos estudos sobre desastres e inundações, bem como na esfera regional, com vastas publicações relacionadas a estudos de suscetibilidades. Por outro lado, ainda há uma limitada produção em nível nacional em relação às análises de vulnerabilidade, danos e riscos associados aos eventos extremos, pelo fato de que são mais complexas e exigem uma quantidade maior e mais detalhada de informações sociais, culturais, econômicas e de infraestrutura.

De acordo com o *Center for Research on the Epidemiology of Disasters* (CRED), por meio de uma pesquisa no EM-DAT (*The International Disaster Database*), entre 2007 e 2016, em um período de apenas 10 anos, ocorreram 1.789 desastres naturais hidrológicos em todo o planeta (inundações, enxurradas e movimentos de massa). Esses eventos resultaram em 795 milhões de pessoas afetadas, com aproximadamente 65 mil óbitos, e prejuízos econômicos na ordem de US\$ 370 bilhões de dólares (EM-DAT, 2017).

No Brasil, entre 2000 e o primeiro semestre de 2017, houve um registro de 6.164 ocorrências em desastres naturais hidrológicos, com mais de 40 milhões de pessoas afetadas e um prejuízo de aproximadamente US\$ 11,4 bilhões de dólares, totalizando 2.188 mortes (EM-DAT, 2017).

Para Santos (2007), um fator leva ao outro, em que o aumento da destruição ambiental eleva a intensidade dos impactos dos desastres e conseqüentemente aumenta a fragilidade do ser humano no ambiente natural. Outros fatores que aumentaram a ocorrência de desastres naturais são as condições socioeconômicas das pessoas, que não têm onde se instalar, e a quase inexistência de planejamento público, levando-as a se instalarem em áreas impróprias. O fato de os desastres e impactos, na maioria das vezes, ocorrerem e trazerem mais prejuízos onde estão instaladas as populações menos favorecidas é outro fator que agrava o problema.

De acordo com um levantamento patrocinado pelo Ministério da Integração Nacional, o Brasil sofreu mais de 30 mil desastres naturais entre 1990 e 2012, numa média de 1.363 eventos por ano. O Atlas Brasileiro de Desastres Naturais mostra que, entre 1991 e 2012, foram registradas 31.909 catástrofes no País, sendo que 73% ocorreram na última década (ATLAS..., 2013).

Conforme o documento, os três tipos de desastres naturais que mais resultam em óbitos são as enxurradas, as inundações e os deslizamentos. Verifica-se que desde 2008 houve um significativo aumento no número de desastres naturais (78%), de acordo com a compilação de dados da Defesa Civil. Deve-se ressaltar, no entanto, que os dados históricos relacionados aos desastres possuem algumas inconsistências e nem todos os registros estão atualizados (ATLAS..., 2013).

O Rio Grande do Sul tem sido atingido frequentemente pela ocorrência de desastres naturais associados a processos de dinâmica superficial e atmosférica. Dentre os desastres associados a processos de dinâmica superficial destacam-se as inundações e enxurradas. Também ocorrem, com frequência, desastres naturais associados à dinâmica atmosférica. Nesses eventos a interferência humana, em escala local, é mínima e o processo de prevenção e mitigação muito complexo.

Um dos últimos desastres no Estado ocorreu em janeiro de 2017, nos municípios de Rolante e Riozinho. Segundo a Defesa Civil, o acúmulo de detritos provocados por movimentos de massa (deslizamentos e corridas de detritos) provavelmente represou o rio com a formação de algumas barreiras naturais e, em seguida, provocou uma forte enxurrada nas planícies dos rios do Vale do Rio Rolante e do Rio Mascarada, espalhando lama, detritos e outros materiais pela região. Em apenas 12 horas, choveu o equivalente a 20 dias do esperado para aquele mês na região (COMO SE FORMOU..., 2017).

No Vale do Taquari, nos últimos anos os desastres naturais com grandes impactos têm sido frequentes devido a vários fatores. As cheias e inundações do Rio Taquari e seus afluentes são recorrentes e causam sempre muitos transtornos para toda a população. Em Lajeado, as inundações acontecem principalmente devido ao extravasamento das águas do Rio Taquari em períodos de muita chuva. Na cidade, o começo da ocupação aconteceu de forma espontânea e sem muito planejamento

e ao redor do rio, sendo que posteriormente ocorreram muitas ocupações indevidas, provocando prejuízos relacionados às inundações.

Um dos últimos grandes desastres naturais que aconteceu na região do Vale do Taquari, e o maior já registrado pelos moradores e autoridades no Vale do Rio Forqueta, ocorreu na Bacia do Rio Forqueta, em 04 de janeiro 2010. Segundo a Defesa Civil, o registro da precipitação foi em torno de 220 mm em menos de 24 horas na região (SANTOS, 2010). Muito se discutiu sobre esse evento extremo, mas ainda se sabe pouco sobre o desastre. A hipótese levantada nesta pesquisa preliminar é a de que ocorreu uma série de deslizamentos rasos, praticamente simultâneos, seguidos de corridas e acúmulo de detritos ao longo das linhas de drenagem e meandros dos rios, principalmente no Rio Fão e alguns de seus afluentes.

Com isso, esses detritos podem ter interrompido a passagem da água dos rios, formando barreiras naturais de materiais grosseiros constituídos por fragmentos de rochas, solos e árvores, favorecendo em um primeiro momento o acúmulo de água a montante. Em seguida, essas estruturas recém-formadas podem ter se rompido, o que justificaria a ocorrência de uma enxurrada muito rápida, descrita por alguns moradores como uma “onda” ou “tsunami”. Talvez essa seja a explicação para uma enxurrada sem precedentes no Vale dos Rios Fão e Forqueta.

Esse evento extremo, um desastre natural que não foi mensurado e nem previsto com antecedência, caracterizou a motivação principal para a realização desta pesquisa, uma vez que não existe nenhum trabalho de análise de vulnerabilidade e de risco no Vale do Rio Forqueta, bem como em relação à percepção da população dos riscos envolvidos.

Até então, os estudos de Santos (2015), Cas (2015) e Oliveira et al. (2018) trataram apenas da suscetibilidade e perigo, ou seja, a identificação das áreas que podem ser afetadas pelas inundações e enxurradas, mas sem analisar o contexto social e demográfico e, portanto, sem avançar nas dimensões de vulnerabilidade e de risco hidrológico.

1.1 Problema da pesquisa

Diante da problemática apresentada anteriormente, o presente estudo tem como problema: qual a vulnerabilidade e riscos associados aos desastres naturais de origem hidrológica na Bacia Hidrográfica do Rio Forqueta/RS e suas condicionantes sociais?

1.2 Objetivos

Diante da problemática apresentada anteriormente, esta pesquisa objetiva identificar quais são a vulnerabilidade e riscos associados aos desastres naturais.

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar a vulnerabilidade e riscos associados aos desastres naturais de origem hidrológica na Bacia Hidrográfica do Rio Forqueta, no Vale do Taquari, Estado do Rio Grande do Sul, bem como analisar as condicionantes sociais que envolvem a vulnerabilidade da população, incluindo as áreas rurais e urbanas do vale fluvial.

1.2.2 Objetivos específicos

Dentre os objetivos específicos buscados neste estudo, pretende-se:

- a) Avaliar a vulnerabilidade da população afetada por inundações e enxurradas;
- b) classificar os riscos hidrológicos no Vale do Rio Forqueta, a partir do cruzamento entre os mapas de suscetibilidade e de vulnerabilidade;
- c) compreender condicionantes sociais de vulnerabilidade, a partir da percepção da população acerca das inundações e enxurradas.

1.3 Justificativa

A temática da vulnerabilidade tem atraído a atenção de pesquisadores de diferentes campos da Ciência, como Goerl, Kobayana e Pellerin (2010), Ramos

(2017) e Oliveira et al. (to appear). Contudo, as diferentes abordagens têm sido pautadas principalmente em perspectivas disciplinares e com impacto local, em que cada estudo é capaz de fornecer informações para o local onde foi realizado, impedindo uma generalização dos resultados para outros contextos, como o caso da bacia do Rio Forqueta. Assim, novos estudos tornam-se necessários para atender às particularidades do local a ser analisado. Além disso, ao adotar uma perspectiva interdisciplinar, envolvendo tanto aspectos técnicos quanto sociais na compreensão da vulnerabilidade, o estudo avança na construção de ferramentas teóricas mais robustas.

Esta pesquisa também tem relevância prática, com a elaboração de mapas de vulnerabilidade e de risco, que podem auxiliar os gestores públicos a tomar decisões mais rápidas e precisas em relação à população que mora nas áreas mais perigosas. Também com base nessas informações, podem elaborar um mapa de uso da terra, para que o município não autorize mais construções em locais de vulnerabilidade e risco, bem como remover os moradores que estão localizados nessas áreas.

Já em relação ao programa de Pós-Graduação em Sistemas Ambientais Sustentáveis (PPGSAS), o estudo tem uma contribuição relevante na compreensão da realidade prática do discente e na transferência do conhecimento acadêmico para a realidade social. Ainda, reforça o caráter social do programa, alertando a comunidade sobre a vulnerabilidade e risco que estão ocorrendo em relação a eventos hidrológico extremos, uma vez que esse assunto é pouco discutido em outras instâncias sociais, como por exemplo pelo poder público.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Desastres naturais

Existem muitos conceitos associados aos desastres naturais em várias literaturas, apresentando classificações e critérios por vezes diferenciados. Segundo Porfiriev apud Sausen e Lacruz (2015), o desastre natural caracteriza-se pela sua natureza desestabilizadora do sistema social, que se manifesta como mau funcionamento ou desconexão entre seus elementos.

Para Mattedi e Butzke (2001), trata-se de uma ou série de acontecimentos que alteram o modo de funcionamento rotineiro de uma sociedade. De acordo com Castro (2009), compreende um resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem sobre um ecossistema vulnerável. O EM-DAT (2017) conceitua que desastres naturais são situações ou eventos que superam a capacidade local de enfrentamento, sendo necessário um pedido de assistência externa nacional ou internacional. Como fator inicial, são fenômenos naturais extremos de origem geofísica, meteorológica, hidrológica, climática ou biológica (SAUSEN; LACRUZ, 2015).

Desastres ambientais naturais são, na maioria das vezes, o resultado da interação indevida do homem com a natureza, normalmente agravando-se na sua tentativa de dominá-la. Quando não se aplicam medidas de prevenção ou redução

dos seus efeitos, ocorre aumento na intensidade, magnitude e frequência dos impactos (KOBAYAMA et al., 2006).

Segundo Oliveira (2010), os desastres naturais têm sua intensidade ampliada quando um local de áreas suscetíveis estiver ocupado ilegalmente, não possuindo medidas de prevenção ou redução dos seus impactos, o que caracteriza uma área vulnerável. Além disso, a grande expansão urbana nesses locais contribui muito para o aumento da frequência de impactos que provocam desastres.

Para Sausen e Lacruz (2015) e EM-DAT (2017), a origem dos fenômenos naturais pode ser organizada e classificada de acordo com o Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação geral de desastres naturais, de acordo com sua origem, definição e principais tipos, segundo o banco de dados EM-DAT.

Subgrupo	Definição	Principais tipos de desastres
Desastres geofísicos	Eventos originados na geosfera	Terremoto, erupção vulcânica, movimento de massa (seco)
Desastres meteorológicos	Eventos causados por processos atmosféricos de curta duração (de minutos a dias)	Tempestade
Desastres hidrológicos	Eventos causados por alterações no ciclo normal da água e/ou por transbordamento de sistemas hídricos por ação dos ventos	Inundação, movimento de massa (úmido)
Desastres climatológicos	Eventos causados por processos de longa duração (variabilidade climática de intrassazonal a multidecadal)	Temperaturas extremas, secas, incêndios espontâneos
Desastres biológicos	Eventos causados pela exposição de organismos vivos a germes e substâncias tóxicas	Epidemias, infestação de insetos, debanda de animais

Fonte: Sausen e Lacruz (2015).

Os eventos naturais extremos começaram a ser mais frequentes e intensos após o homem iniciar a ocupação do espaço ao redor dos rios e em áreas impróprias, sem se preocupar com uma organização mais rigorosa ou respeitar os limites da natureza, desafiando-a.

Para aumentar e contribuir com os eventos extremos, na área urbana aumentou a urbanização e a industrialização, ocorrendo a impermeabilização do solo, o adensamento das construções, a conservação de calor e a poluição do ar, e na área rural destaca-se a compactação dos solos, o assoreamento dos rios, o desmatamento e as queimadas (KOBAYAMA et al., 2006).

Durante muitos anos e até a Revolução Industrial, o homem viveu em harmonia com a natureza e respeitou seus limites, porém com a implantação do trabalho, iniciou-se um conflito entre ambos, sem que se possa mensurar sua dimensão. Apesar do avanço tecnológico, a sociedade ainda se encontra bastante vulnerável diante dos eventos naturais extremos (BRANDÃO, 2004).

Os eventos extremos relacionados ao regime fluvial são caracterizados e divididos em três categorias principais: enchentes, inundações e enxurradas (OLIVEIRA, 2010). Segundo o Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (CEPED), entre os anos de 1995 e 2014, os danos materiais e prejuízos decorrentes de desastres naturais superaram o valor de 72,3 bilhões de reais, com 9.002 registros, como pode ser observado na Figura 01 (CENTRO..., 2016).

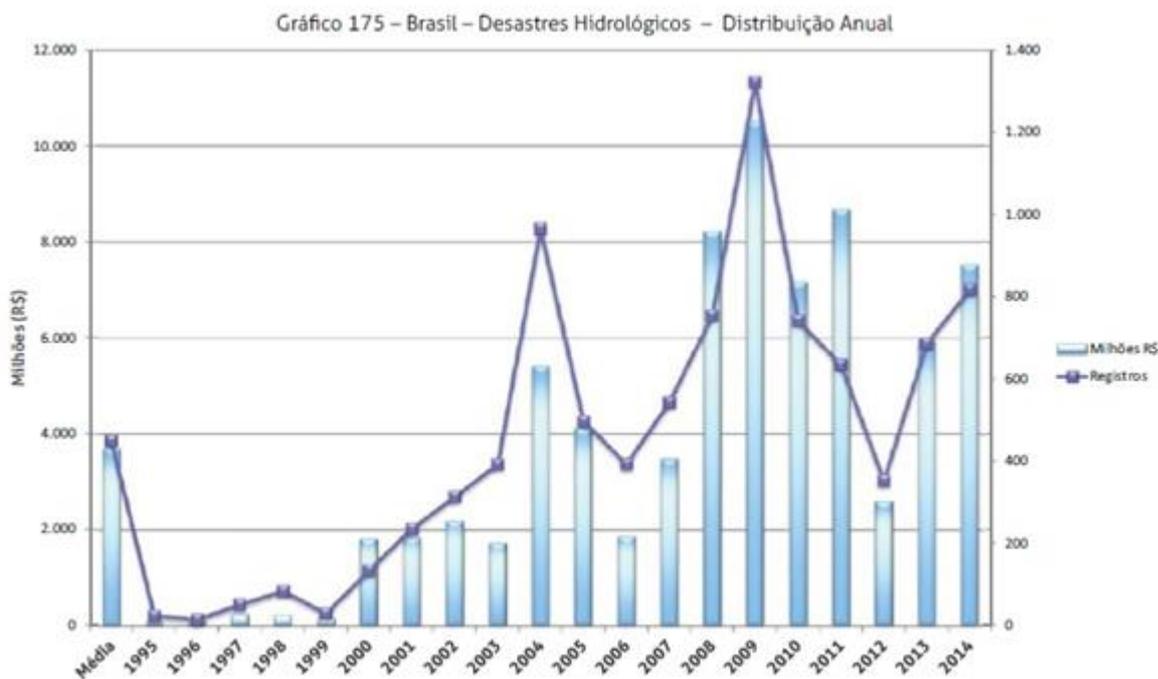
Como os eventos extremos de origem hidrológica são classificados em três categorias, nos próximos subcapítulos será feita sua descrição conceitual e detalhadamente, a fim de se obter uma melhor compreensão quanto às suas diferenças. Todos os eventos naturais anteriormente citados, ao provocarem grandes impactos na sociedade, causando sérios prejuízos e danos materiais, humanos e ambientais, são considerados desastres naturais (MARCELINO, 2008).

Segundo o EM-DAT (2017), na classificação internacional são considerados desastres naturais todos os eventos que possuem pelo menos um dos fatores a seguir:

- 10 ou mais pessoas mortas;

- 100 ou mais pessoas afetadas;
- declaração de estado de emergência;
- um pedido de assistência internacional.

Figura 01 - Registros do número de desastres e quanto foi gasto em milhões por ano no Brasil.



Fonte: CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO (2016).

As alterações climáticas contemporâneas resultantes das mudanças globais estão entre as principais causas do aumento do registro de desastres naturais. A região Sul do Brasil, bem como os países vizinhos, principalmente a partir da década de 1970, estão sendo severamente impactados por desastres naturais que resultaram em grandes prejuízos socioeconômicos e consequentemente elevaram o número de vítimas fatais (MARCELINO, 2008).

Segundo Tobin e Montz (1997), os desastres naturais são o resultado do impacto de um fenômeno natural extremo ou intenso sobre um sistema social, provocando vários prejuízos e danos e impossibilitando a convivência. Castro (2009) esclarece que os desastres podem ser classificados de acordo com a intensidade, evolução e origem. Em relação à intensidade, são classificados em quatro níveis: nível I, desastres de pequena intensidade (porte) ou acidentes; nível II, desastres de

média intensidade; nível III, desastres de grande intensidade; e nível IV, desastres de muito grande intensidade (porte).

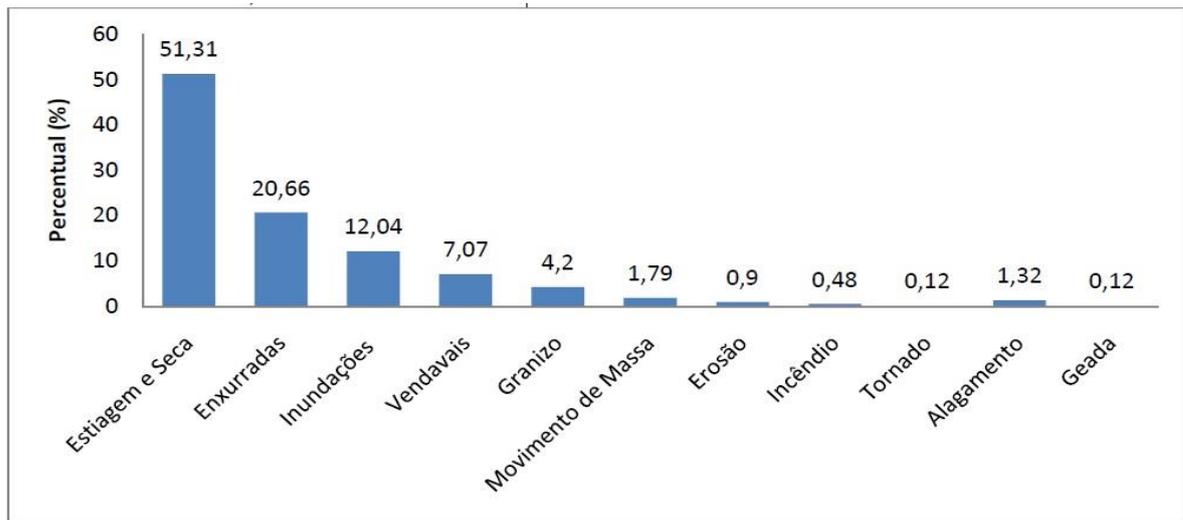
Quanto à evolução, são classificados em: súbitos ou de evolução aguda (acontecem muito rápido, inesperados); graduais ou de evolução crônica; e por somação de efeitos parciais (os prejuízos são causados por vários desastres seguidos e da mesma magnitude). Por fim, em relação à origem, são classificados em naturais, humanos ou antropogênicos, e mistos, afirma o autor.

De acordo com Uitto (1998) e Mitchell (1999), a ocorrência e a extensão de um desastre depende de três variáveis: perigo (fenômeno natural como inundação, movimento de massa, ciclones e outros); exposição (estrutura, edifícios, seres humanos e outras entidades expostas aos riscos); e vulnerabilidade (propensão a sofrer perdas e dificuldades de enfrentamento ou recuperação).

No Brasil, os desastres naturais que ocorrem com maior frequência são provocados por processos atmosféricos, como as inundações, enxurradas, deslizamentos e tempestades, principalmente quando existe uma intensa e prolongada precipitação pluviométrica. Contudo, mesmo com precipitações localizadas, podem ocorrer chuvas extremamente intensas durante todo o ano, dependendo da região, o que dificulta as previsões e ações de alerta desses eventos (KOBAYAMA et al., 2006; OLIVEIRA, 2010).

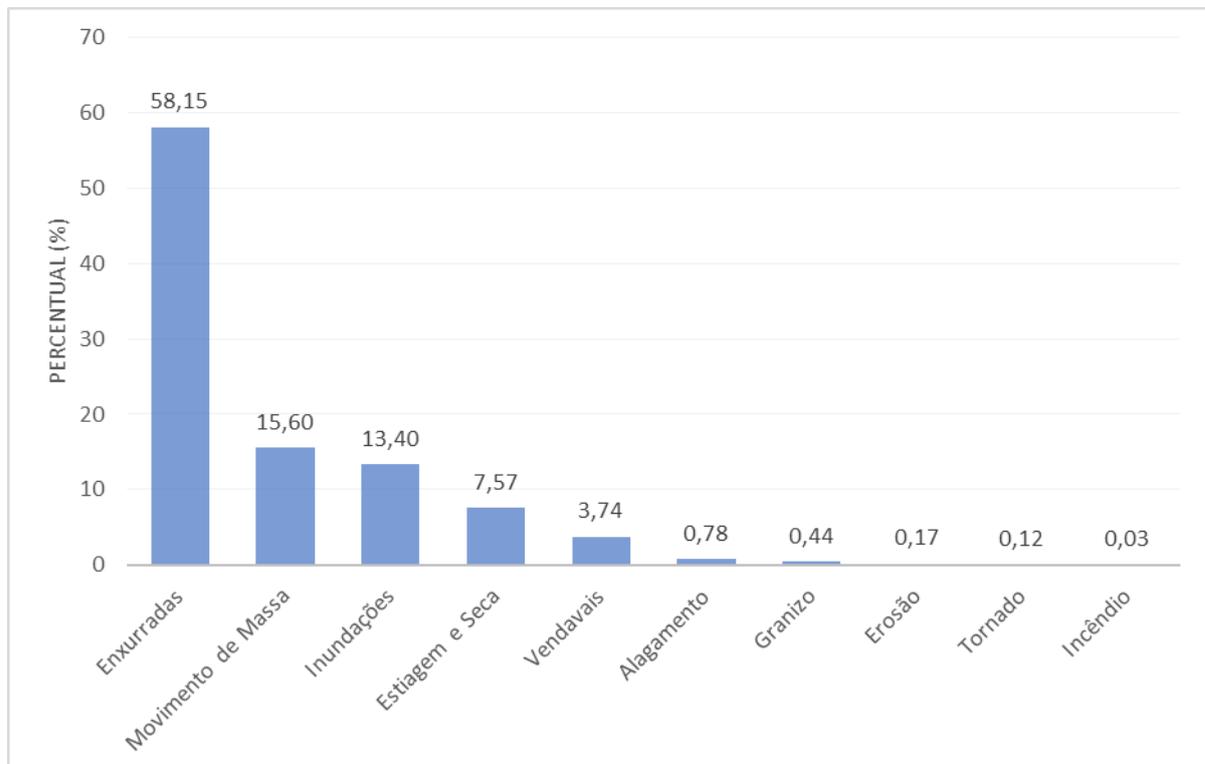
Os desastres que mais ocorreram entre 1991 e 2012, segundo o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, foram a estiagem e a seca (Figura 02), sendo que os que causaram maior número de óbitos foram as enxurradas, movimentos de massa e inundações (Figura 03).

Figura 02 - Percentual de pessoas afetadas para cada tipo de desastre natural ocorrido no Brasil, entre 1991 e 2012.



Fonte: Atlas... (2013, texto digital).

Figura 03 - Percentual de óbitos para cada tipo de desastre natural ocorrido no Brasil, entre 1991 e 2012.



Fonte: Atlas... (2013, texto digital).

Verifica-se que as enxurradas e os movimentos de massas são os grandes responsáveis pelos óbitos em desastres naturais, e esses dois fenômenos podem

estar sendo agravados com a ação do homem na intervenção com ocupações indevidas e sem se preocupar em protegê-la (ATLAS..., 2013). Recentemente, foi instituída uma Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), que define os grupos, tipos e a definição de cada espécie de desastre em âmbito nacional, cuja síntese dos desastres hidrológicos demonstra-se no Quadro 2.

Os desastres que mais ocorreram entre 1991 e 2012, segundo o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, foram a estiagem e a seca (Figura 3) e os desastres que causaram maiores números de óbitos foram as enxurradas, movimento de massa e inundações (Figura 4).

Quadro 2 - Classificação dos desastres em grupos, tipos, subtipos e definições.

Hidrológicos	Inundações	Submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície
	Enxurradas	Escoamento superficial de alta velocidade e energia, provocado por chuvas intensas e Concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado. Caracterizada pela elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial. Apresenta grande poder destrutiva.
	Alagamentos	Extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e conseqüente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas.

Fonte: Brasil (2007).

Passa-se agora ao estudo dos eventos hidrológicos extremos.

2.2 Eventos hidrológicos extremos

As enchentes são um dos problemas de grande porte mais frequentes e comuns em boa parte dos Estados brasileiros, conceituadas como uma temporária elevação do nível de água normal da drenagem, causada pelo acréscimo de uma descarga pluvial, de acordo com Eckhardt, (2008). Segundo Castro (2009), as enchentes são a elevação do nível de água de um rio, aumentando o escoamento

normal, podendo ou não causar inundações. Em muitos casos o conceito de enchente é utilizado como sinônimo de cheia.

Para Tucci (2005), as ocupações do solo em superfícies impermeáveis e em redes de condutores de escoamento aumentam a frequência e a intensidade das enchentes, somado à urbanização rápida. Em geral, as ocupações iniciais tendem a ocorrer nas áreas de planície de enchente, uma vez que o terreno se torna mais atrativo para construções e com mais facilidade de locomoção, por ser uma área plana. Já as Inundações ocorrem juntamente com as enchentes, quando houver grande volume de precipitação num curto período de tempo, na mesma bacia hidrográfica. Pode-se dizer que se trata de um tipo particular de cheia, cuja elevação não se limita à calha principal do rio, estendendo-se às áreas marginais (LICCO; DOWELL, 2015).

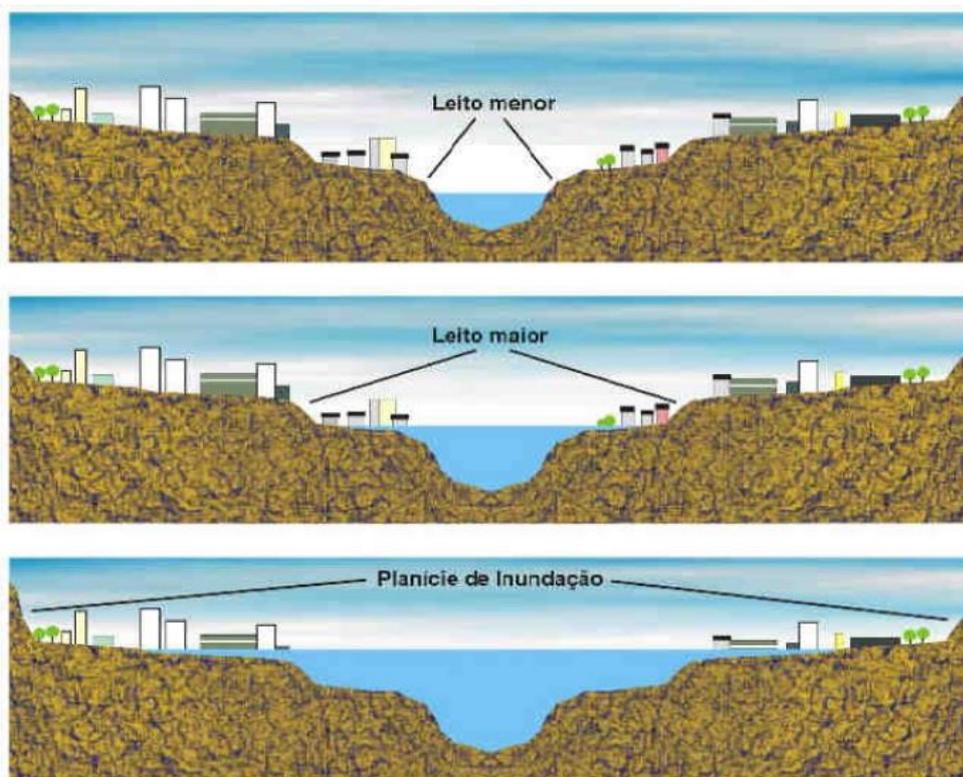
Amaral e Ribeiro (2012) lecionam que a frequência e a grandeza de uma inundação estão diretamente relacionadas à distribuição da precipitação e ao tipo de solo, sendo que, quanto menos impermeável, pior será o grau de saturação, além das características morfológicas e morfométricas da bacia de drenagem.

As inundações predominam em bacias de maior porte, pois se trata do extravasamento gradual das águas, caracterizado como um processo mais lento do que as enxurradas. Normalmente, estão associadas a precipitações volumosas em um período de tempo maior e de forma mais homogênea na bacia hidrográfica (ECKHARDT, 2008; OLIVEIRA, 2010).

No Rio Grande do Sul, isso costuma acontecer na passagem de sistemas frontais de precipitação, quando ocorre o encontro de duas massas de ar com diferentes temperaturas e pressões atmosféricas, predominantemente entre os meses de junho e outubro. Uma agravante pode ocorrer com a incidência de frentes frias estacionárias, algumas vezes influenciadas pelos jatos subtropicais de altos níveis e por bloqueios atmosféricos na porção central do território brasileiro. Assim, o acúmulo de chuvas em um mesmo período e região está associado às mudanças climáticas (SANCHES et al., 2014; BARATTO; WOLLMANN; HOPPE, 2015).

Oliveira (2010) e Reckziegel (2007) conceituam a inundação como um extravasamento das águas do leito menor (leito normal) para uma planície de inundação (leito maior), devido à grande quantidade de água que chega de montante, pelo fato de o leito menor não haver conseguido drenar (Figura 04). Portanto, inundação é o resultado de uma enchente de grandes proporções, onde a cheia do rio atinge as áreas marginais e causa muitos prejuízos.

Figura 04 - Representação dos leitos menores, maiores e da planície de inundação.



Fonte: Eckhardt (2008).

Por sua vez, as enxurradas resultam de maiores volumes de água em pouco tempo, como chuvas intensas que escoam em grande velocidade na superfície do terreno, preferencialmente em bacias pequenas e declivosas. Logo, pode-se concluir que, nesse estágio da água, a enxurrada ocorre juntamente a inundações, porém com muito mais força, podendo ser capaz de carregar muitos detritos e trazer mais prejuízos (CASTRO, 2009; OLIVEIRA, 2010).

Para Brasil (2007) e Reckziegel (2007), enxurradas são o volume de água de escoamento, em decorrência de intensas e concentradas chuvas, na superfície do terreno.

Possuem pico agudo, com elevação e baixa de nível muito rápido, surpreendendo por sua violência e menor previsibilidade, provocando danos materiais e humanos intensos.

Para Goerl e Kobiyama (2005) e Ramos (2017), enxurradas são fenômenos mais violentos que inundações, porém configuram-se como uma consequência das segundas, por serem fenômenos mais localizados e atingirem áreas menores, além de terem mais capacidade de transporte de detritos e sedimentos grosseiros, podendo destruir o que estiver pela frente. São provocadas por precipitações mais intensas e localizadas, sendo difícil seu diagnóstico na previsão meteorológica e, portanto, com um tempo muito limitado para alerta da população.

No Rio Grande do Sul, as chuvas são bem distribuídas ao longo do ano, mas as enxurradas estão mais associadas às precipitações ocorridas nas estações mais quentes (chuvas de verão), no período entre novembro e março, quando atuam as massas de ar tropical sobre o Estado (SILVA; VERARDO; WOLLMANN, 2016).

A seguir, passar-se-á à análise dos fatores pertinentes ao tema proposto.

2.3 Suscetibilidade, vulnerabilidade e risco hidrológico

Existem vários fatores que podem contribuir para uma área ser considerada de maior ou menor suscetibilidade. Para Bitar (2014), o conceito de suscetibilidade relaciona-se à predisposição ou propensão dos terrenos em relação ao desenvolvimento de um fenômeno ou processo de natureza física. Assim, uma área de suscetibilidade possui grande possibilidade de sofrer um evento adverso, devido às suas propriedades morfométricas, climáticas e ambientais, que favorecem o acontecimento de processos extremos da natureza.

Tais fenômenos nem sempre podem ser previstos com a antecedência desejada, mas as áreas de sua ocorrência podem ser identificadas com técnicas que envolvem a análise espacial do terreno. No caso dos deslizamentos, por exemplo, a declividade do terreno é o fator predisponente ao desenvolvimento do processo. Já em relação às inundações e enxurradas, um fator importante é a diferença de nível topográfico do local analisado e o rio adjacente.

As áreas suscetíveis devem ser entendidas como sujeitas a eventos extremos, podendo estimar-se sua probabilidade de ocorrência e magnitude. Uma análise de suscetibilidade deve avaliar de que forma os aspectos físicos e ambientais como declividades, geologia, cobertura e uso do solo podem favorecer a predisposição para a ocorrência de fenômenos extremos, como inundações e movimentos de massa (MENESES; ALMEIDA, 2012).

A suscetibilidade a deslizamento pode ser definida também como:

Uma avaliação quantitativa ou qualitativa do tipo, do volume ou área, e da distribuição espacial dos deslizamentos que existem ou potencialmente possam ocorrer em uma área. A suscetibilidade também pode incluir uma descrição da velocidade e da intensidade do deslizamento, potencial ou existente (FELL et al., 2008, p. 97).

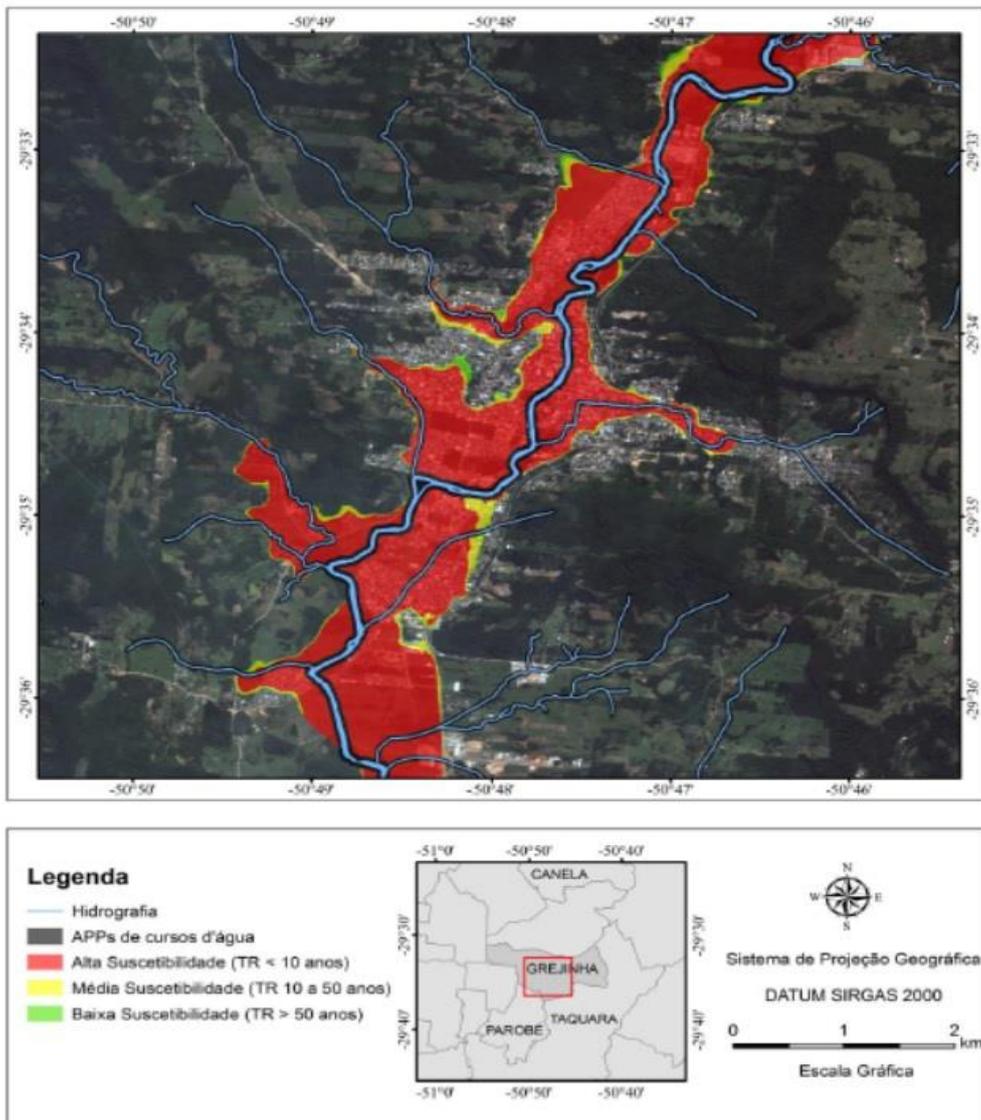
Para Souza (2005), a suscetibilidade corresponde ao grau de probabilidade que os atributos naturais têm em condicionar, induzir ou acelerar a ocorrência de um determinado perigo. De acordo com Lima (2010), a ação do homem foi um agente intensificador da suscetibilidade pois, ao impermeabilizar o solo, com o grande aumento da urbanização, contribuiu para uma significativa alteração da dinâmica hídrica natural. Também é fato que a suscetibilidade é apenas uma condição potencial, não uma certeza de que ocorrerá um desastre.

Guasselli et al. (2016) usaram uma metodologia para mapeamento de suscetibilidade à inundação na área urbana de Igrejinha - RS, baseado na criação de um hietograma de projeto e seguindo uma modelagem hidrológica, culminando na obtenção das vazões atingidas. Isso permitiu a espacialização das áreas afetadas, com o uso de ferramentas de geoprocessamento, obtendo dados altimétricos por sensoriamento remoto. Ao final, apresentou um mapa com zoneamento das áreas mais suscetíveis à inundação, considerando-se as áreas de alta suscetibilidade, média suscetibilidade e baixa suscetibilidade (Figura 05).

Para Oliveira et al. (2015), uma melhor precisão numa análise de suscetibilidade depende dos dados obtidos e da estruturação de uma base de registros voltados à análise de suscetibilidade. Bem organizados, esses dados podem facilitar e permitir o armazenamento, sistematização e gerenciamento da informação, possibilitando a redução e a prevenção de eventuais perdas econômicas e humanas nas áreas atingidas.

Para os autores, nas áreas ao longo dos rios declivosos é de extrema importância a identificação das áreas de suscetibilidade considerando a linha de água e não uma cota de enchente fixa, o que a maioria dos município usa. Partindo-se da linha de água, o fenômeno é observado na realidade, o que permite uma maior precisão para delimitar as áreas suscetíveis.

Figura 05 - Mapa de Zoneamento das áreas suscetíveis no perímetro urbano de Igrejinha/RS.



Fonte: Guasselli et al. (2016, texto digital).

Por sua vez, para compreender e classificar a vulnerabilidade de uma área, é preciso saber quais dos seus elementos estão expostos e quais estão de fato ameaçados, em caso de um evento extremo. O Instituto de Pesquisas Tecnológicas

de São Paulo (IPT), em sua classificação de vulnerabilidade, definiu um índice de grau de perdas e danos, variável entre 0 (sem perdas e danos) e 1 (com perdas e danos totais), relata Bitar (2014).

De acordo com a magnitude do evento, como volume, velocidade, trajetória e área atingida, a avaliação é feita com parâmetros relativos à capacidade da geração de perdas e danos do evento, que denominaram de severidade (JULIÃO et al., 2009).

Wisner et al. (2004) afirmam que a vulnerabilidade é um processo que envolve causas complexas e diversas, como fatores políticos, econômicos, históricos, ambientais e demográficos, que produzem desigualdade, pressões dinâmicas (processo sociais específicos, como uma rápida urbanização ou conflitos sociais) e condições de vida pouco seguras (exposição desigual ao risco).

Para Mendes et al. (2009) e Wisner et al. (2004), o conceito de vulnerabilidade está associado ao grau de exposição aos perigos naturais e tecnológicos e aos acontecimentos extremos, dependendo estritamente da capacidade de resistência e de resiliência dos indivíduos e das comunidades mais afetadas.

Para determinar a vulnerabilidade, Goerl, Kobiyama e Pellerin (2010) utilizam características socioeconômicas como idade, gênero, renda, educação e naturalidade dos grupos sociais. A vulnerabilidade depende de quanto o local ou a área é suscetível à ocorrência de um perigo natural, e o quê ou quem o está ocupando e de que forma. O que pode determinar um local ou grupo de pessoas mais vulnerável do que outro é a falta de acesso a recursos, informações e conhecimento, desigualdades sociais, falta de políticas públicas, determinadas crenças e culturas e fraquezas dos indivíduos e das construções.

Os autores supracitados utilizaram dados censitários para fazer os mapas de vulnerabilidade, onde determinaram as seguintes variáveis de vulnerabilidade: número de moradores, média de moradores por domicílio, densidade demográfica, porcentagem da população acima de 65 anos e abaixo de 12 anos, porcentagem de analfabetos acima de 12 anos e porcentagem das pessoas sem rendimento e com

rendimento mínimo. Com esses dados, foi aplicada uma equação que resultou em um Índice de vulnerabilidade e, após, foi realizada a divisão em quatro classes (baixa, média, alta e muita alta).

Uma área de risco hidrológico pode ser identificada a partir de uma medida da ameaça e das consequências que um evento extremo poderá causar durante certo período de tempo, além de integrar as análises de perigo e de consequência, incluindo os elementos expostos (BITAR, 2014).

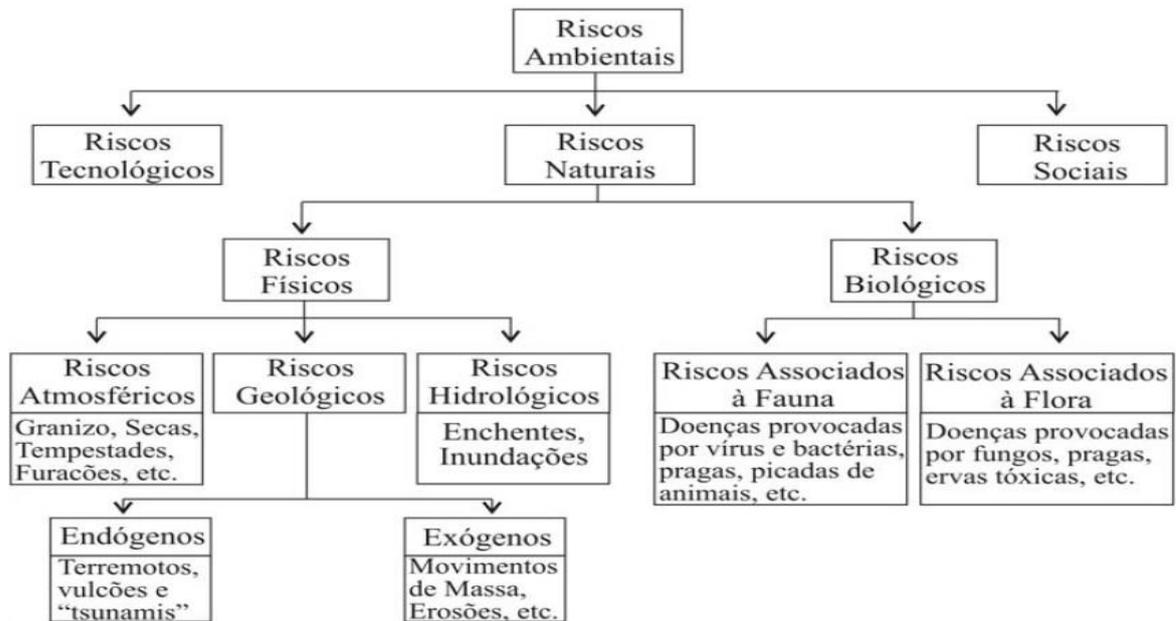
O risco pode ser considerado a probabilidade de consequências danosas ou perda esperada de vidas, feridos, propriedades e atividades econômicas ou ambientais afetadas, resultantes da interação entre perigo e vulnerabilidade. Sendo assim, pode-se dizer que o risco está diretamente relacionado com o perigo e a vulnerabilidade (MARCELINO, 2008).

Segundo Fell et al. (2008), as áreas de risco constituem-se em locais onde existe uma probabilidade e severidade de um efeito adverso à saúde, propriedade ou meio ambiente, sendo que o risco pode ser analisado em função de dois aspectos:

- Em relação à perda de vida, considerando-se o perigo e a probabilidade espaço-temporal e vulnerabilidade da pessoa;
- em relação à perda de propriedade, considerando os elementos em risco, sua probabilidade e vulnerabilidade espaço-temporal.

Várias classificações são usadas para os riscos, mas a mais utilizada foi proposta por Cerri (1993), onde o risco ambiental engloba todos os tipos de risco, e os subdivide em riscos tecnológicos, sociais e naturais, e mais uma vez são subdivididos de acordo com a Figura 06.

Figura 06 - Sistematização dos tipos de risco segundo o processo causador.



Fonte: Cerri (1993).

Não há como definir análise de risco quando não se tem a certeza da vulnerabilidade e do perigo. Segundo Saueressig e Robaina (2015), a análise de perigo consiste em determinar as cotas de enchente e definir as áreas afetadas por inundações como de baixo grau de perigo (áreas atingidas por inundações severas/extremas) e de alto grau de perigo as (atingidas com maior frequência pelas inundações), como mostra o Quadro 3.

Os autores também definiram a vulnerabilidade da população em relação ao padrão construtivo das residências e à infraestrutura pública disponível, como: Baixo Grau de Vulnerabilidade (bom padrão construtivo e bom estado da infraestrutura); Médio Grau de Vulnerabilidade (médio padrão construtivo e a alternância de ruas calçadas e de chão batido); e Alto Grau de Vulnerabilidade (padrão construtivo infraestrutura precários).

A figura a seguir evidencia a correlação para que se estabeleça o grau de risco.

Quadro 3 - Matriz de correlação para estabelecimento do grau de risco.

Perigo Baixo	RISCO BAIXO	
Perigo Alto	Vulnerabilidade Baixa	RISCO MÉDIO
	Vulnerabilidade Média	RISCO ALTO
	Vulnerabilidade Alta	RISCO MUITO ALTO

Fonte: Saueressig e Robaina (2015).

Os autores salientam que o cenário de Risco Baixo caracteriza-se por inundações extraordinárias, com edificações de padrão construtivo variado; o cenário de Risco Médio, como área atingida por inundação ordinária, com predomínio de edificações de bom padrão construtivo; o cenário de Risco Alto, como área atingida por inundações ordinárias, com predomínio de edificações de médio padrão construtivo; e o cenário de Risco Muito Alto, como a área atingida por inundações ordinárias, com predomínio de edificações de baixo padrão construtivo.

2.3.1 Abordagens e métodos de análise de vulnerabilidade

Um método bastante mencionado na maioria dos trabalhos foi realizado por Goerl et al. (2012), no Município de Rio Negrinho/SC, onde o principal objetivo era propor um Índice de Vulnerabilidade para o mapeamento de vulnerabilidade social. O indicador foi composto por oito variáveis socioeconômicas e agrupado em seis dimensões ou segmentos: número de moradores no setor, média de moradores por domicílio, densidade demográfica, faixa etária da população, alfabetização da população e renda. As unidades de análise foram os setores censitários da área urbana, sendo utilizados os dados do IBGE do senso de 2000.

Com esses dados, foi aplicada a Equação 01 para a obtenção do índice de vulnerabilidade (IV), em que: IV é o índice de vulnerabilidade; Dd é a densidade

demográfica; Ms é o número de moradores no setor; Mm é a média de moradores por residência; PD é o percentual de dependência de idosos e jovens; PA é o percentual de analfabetos acima de 12 anos; R é a renda do responsável com até 1 salário mínimo e IDHM é o índice de desenvolvimento humano municipal.

Equação 1 - Cálculo do índice de vulnerabilidade (IV) realizado por Goerl et al. (2012).

$$IV = \frac{Dd + Ms + Mm + PD + PA + R}{IDHM} \quad (01)$$

Os autores concluem que o Mapa de Vulnerabilidade depende muito dos fatores utilizados, os quais podem variar muito os resultados. Ainda destacam que o uso dessa metodologia é eficiente e de baixo custo e que poderia ser aplicada em outros municípios.

Reis et al. (2014) utilizaram a metodologia do trabalho de Goerl et al. (2012) com algumas adaptações, porém a área de estudo foram os municípios de Alto Feliz e São Vendelino, ambos situados no Rio Grande do Sul, e foi alterada a idade da população considerada dependente, de 12 anos para 14 anos, e de 65 anos para 60 anos. Os resultados obtidos variam mesmo se aplicada a mesma metodologia, portanto os autores realizaram a pesquisa com menos variáveis para ver se também é possível ter um resultado satisfatório na identificação das áreas de vulnerabilidade. Ao usarem menos variáveis, os resultados não se alteraram. Por fim, afirmam também que é um método rápido e com certa eficiência, permitindo aos municípios prevenir ocorrência de vítimas fatais.

Outro trabalho realizado foi o de Nachornik et al. (2011), em que a área estudada foi no Município de Almirante Tamandaré/PR e o principal objetivo foi a obtenção do mapeamento de vulnerabilidades socioambientais em áreas urbanas. Foram feitas análises sistêmica do meio físico, biológico e socioeconômico, mediante a elaboração de uma base de dados georreferenciados com a utilização SIG, que permite a análise e cruzamento dessas informações para a geração dos resultados pretendidos, formando uma integração lógica entre os indicadores. A metodologia utilizada foi adaptada de Vitte e Santos (1999), que determina a

unidade de conservação a partir da declividade de vertentes, tipos de solo, graus de erosividade e cobertura vegetal para determinar o conceito de fragilidade.

Segundo Nachornik et al. (2011), ao ser aplicada essa metodologia, os dados coletados em campo já expressaram resultados preliminares bem interessantes, porém é necessário um estudo maior para verificar qual metodologia deve ser utilizada para apontar as áreas que apresentam vulnerabilidade socioambiental, recomendando-se a adaptação de outros métodos.

O estudo de Grassi et al. (2013) teve como principal objetivo obter mapas de vulnerabilidade de inundações e deslizamentos de terra no estado do Paraná cujos dados provieram do sensoriamento remoto, topografia, e os dados vetoriais da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR), Serviço Geológico do Paraná (MINEROPAR), Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES) e Departamento de Estradas e Rodagem (DER). Para obtenção dos mapas, foram usados seis parâmetros geofísicos, dentre o uso do solo e cobertura vegetal, declividade, solos e geomorfologia, entre outros.

No trabalho, os eventos foram divididos em dois grupos: inundação e eventos de deslizamentos e escorregamentos da terra. Os mapeamentos foram realizados com o ArcGIS (sistema de informação geográfica – GIS - para trabalhar com mapas e informações geográficas), baseado em duas equações distintas para inundação e deslizamento. Os autores afirmam que, com essa metodologia, foi possível verificar as regiões mais afetadas por inundações e deslizamentos de terra, mesmo utilizando dados sem coleta manual e em escala não adequada, sendo possível precaver as comunidades para enfrentar, resistir e recuperar-se de um desastre.

Outro trabalho que também analisou a vulnerabilidade à inundação foi de Bernini et al. (2015), realizado na bacia do igarapé Penal, perímetro urbano de Porto Velho/RO, cujo objetivo foi apontar as seções consideradas críticas por recorrência de inundação. A metodologia usada foi a mesma desenvolvida por Souza, Correa e Bernini (2011), cujo trabalho apresentou resultados satisfatórios.

A metodologia utilizada deteve-se nas áreas onde havia intervenção estrutural, como galerias ou bueiros, sendo definidos quatro parâmetros para serem aplicados: estimativa de área e declividade, capacidade dos bueiros, tempo de intensidade de chuva e vazão do bueiro ou galeria. Como resultado, os autores verificaram que os problemas encontrados eram na maioria causados por ordem estrutural e, com os mapas e gráficos, constataram onde e como o corpo técnico municipal pode fazer intervenções nos pontos críticos.

No trabalho realizado por Reis et al. (2016), foi analisada a vulnerabilidade aos desastres hidrológicos no Arroio Forromeco/RS. Os dados socioeconômicos foram coletados no Censo do IBGE (2010) e a metodologia usada foi a mesma utilizada por Goerl et al. (2012) e Reis et al. (2014), porém com o diferencial dos parâmetros da idade para determinação da população dependente.

Para tanto, foi estabelecida uma correlação entre as variáveis que determinam o índice de vulnerabilidade na Bacia e também feitas várias sobreposições de variáveis, o que, segundo os autores, mascara a realidade, não comprovando a veracidade das áreas de maior vulnerabilidade. Os pesquisadores sugeriram que se faça uma integração de variáveis consideradas elementares na espacialização, para obter resultados melhores.

Um dos últimos trabalhos realizados nesse segmento é o de Ramos (2017), onde foi analisada e proposta uma metodologia para mapeamento de vulnerabilidade no Município de Igrejinha/RS. Para tanto, a autora seguiu o método de Goerl et al. (2012) com várias adaptações, sendo as principais a utilização de valores diferentes para cada tipo de indicador. Essa mensuração de pesos foi obtida por meio da aplicação do método AHP - *Analytic Hierarchy Process*, com especialistas da área de desastres. Após a definição da escala do mapa a ser utilizado, foram elaborados os indicadores de vulnerabilidade, entre os quais os dados do censo, a malha digital censitária, imagens de satélites e manchas urbanas e de inundação, entre outros.

O mapeamento de vulnerabilidade foi elaborado baseando-se em 10 indicadores distribuídos em três dimensões diferentes, aos quais foram atribuídos pesos pelo método AHP. Os mapas foram gerados no programa SIG, utilizando-se

dados censitários com outras fontes. Ramos (2017) ressalta que, para estimar corretamente os impactos da inundação, é necessário estimar o risco e, para controlar ou prever os desastres, é necessário saber, além da vulnerabilidade, o risco que abrange os danos e perigos.

2.3.2 Abordagens e métodos de análise de risco

Para a análise de riscos, um dos trabalhos conceituados é de Goerl et al. (2012), cujo principal objetivo foi a elaboração de uma nova proposta metodológica para mapeamento de área de risco à inundação, com estudo no Município de Rio Negrinho - SC. Para a mensuração da vulnerabilidade do local, utilizou-se as características socioeconômicas coletadas do IBGE e, para verificar a vulnerabilidade, a mesma equação usada no trabalho de Goerl et al. (2010). Para verificar o risco, multiplicou-se a vulnerabilidade pelo perigo estimado (Equação 2):

Equação 2 - Cálculo do índice de risco (IR) realizado por Goerl et al. (2012).

$$IR = IV * PE \quad (02),$$

em que IR é o índice de Risco, IV é o índice de vulnerabilidade e PE é o perigo estimado.

Com os resultados, os autores concluíram que os setores que apresentam alto risco pela fórmula, nem sempre na prática, no local, podem apresentar altos valores de perigo e vulnerabilidade. Ainda, ressaltam que, com o uso de metodologias de baixo custo e fácil implementação, os mapas de risco são importantes para medidas de proteção e prevenção de inundações, bem como diminuição dos seus danos.

Reckziegel, Robaina e Oliveira (2005) realizaram a identificação, análise, zoneamento e hierarquização da área de riscos geomorfológicos nas bacias hidrográficas dos arroios Cancela e Sanga do Hospital, em Santa Maria/RS. Para a obtenção das áreas de risco foram observadas algumas características físicas, como declividade e localização das mesmas.

O padrão de ocupação das áreas foi estabelecido em função das características construtivas/estruturais das moradias, infraestrutura, adensamento populacional e forma de ocupação (ordenada/desordenada), sendo as áreas classificadas em quatro tipos de risco. Ao analisarem os resultados, verificaram a necessidade de retirarem moradias consideradas em área de risco muito alto e do congelamento da ocupação do restante das áreas.

Outro trabalho para obtenção de mapeamento de área de risco foi de Barbosa, Oliveira e Alves (2011), em que a principal novidade foi o uso de geotecnologias para a identificação das áreas, foi realizado em Angra dos Reis/RJ. Para a realização do trabalho foram utilizados vetores no formato “shp” (*shapefile*), disponibilizados pelo Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG), da Universidade Federal de Goiás (UFG), e os dados altimétricos do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), além de imagens do satélite meteorológico americano GOES-12. Os programas foram os *softwares* de SIG ArcGis e Global Mapper.

Com isso, obteve-se um modelo em três dimensões, que caracteriza e indica os possíveis locais de risco. Os autores finalizam concluindo que o local é considerado de muito risco, mas a falta de planejamento à ocupação indevida e desordenada faz com que as catástrofes possam alcançar grandes proporções.

No estudo realizado por Marino, Silva e Quintanilha (2012), foi criada uma metodologia para obtenção de mapeamento de risco, que retrata avaliação positiva ou negativa das condições ambientais em áreas de desmoronamentos e enchentes em assentamentos precários na bacia do Córrego Cabuçu de Baixo/SP. O objetivo principal foi a obtenção de dois mapas, um com área adequada e outro com áreas críticas no assentamento. Os procedimentos foram conduzidos pela metodologia de análise ambiental utilizando o SIG VISTA/SAGA/UFRJ. Segundo os autores, esse sistema foi escolhido como ferramenta de aplicação em função de sua praticidade em se alcançar a finalidade proposta.

Com a sobreposição de vários mapas e o processamento na ferramenta utilizada, o resultado foi a identificação das Áreas Críticas e também Áreas Indicadas para Transposição e, com o geoprocessamento, possibilitou-se a

abrangência de áreas maiores e em menos tempo. Marino, Silva e Quintanilha (2012) concluem que o uso dessa ferramenta, além de fornecer os mapas desejados, comprova a eficácia do aplicativo no resultado adquirido.

Schenkel (2014) realizou o mapeamento de risco de escorregamentos translacionais na Bacia do Arroio Forromeco- RS. Para analisar o perigo, utilizou o modelo SHALSTAB, que considera os dados topográficos, pedológicos e hidrológicos. Os índices de vulnerabilidade foram definidos por meio de dados censitários, com as seis variáveis utilizadas por Goerl et al. (2010), e o mapa de risco foi determinado pela relação entre os mapas de perigo e vulnerabilidade.

Schenkel (2014) ressalta que escolher a vulnerabilidade social para representar a suscetibilidade local, sem considerar a exposição ao perigo como fator de vulnerabilidade, pode ser um problema na escolha da metodologia. Ainda, ressalta que o SHALSTAB tem um desempenho bom, mas depende dos dados que foram utilizados, e que os resultados foram satisfatórios, porém contendo dificuldades em relação ao detalhamento dos dados topográficos.

Pamplona e Fernandes (2014) analisaram e discutiram uma metodologia simples para uma avaliação do risco à ocorrência de movimento de massa, onde foram elaboradas tabelas de avaliação quantitativas de suscetibilidade (geomorfologia, geologia, hidrologia e geografia), de vulnerabilidade (população, construções, infraestrutura e uso do solo, entre outras) e de risco específico. Foram apresentadas avaliações da suscetibilidade, da vulnerabilidade e do risco específico.

A metodologia foi organizada em três fases baseadas na informação gerada por um conjunto de tabelas, as quais são provenientes de levantamentos bibliográficos e cartográficos, com dados extraídos do campo. Os autores concluem que essa metodologia poderia ser aplicada a nível local ou regional, por ser de caráter universal e capaz de avaliar diferentes grupos de fatores.

2.4 Geotecnologias

As geotecnologias são representadas principalmente pelos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), pelas ferramentas de Geoprocessamento, pelo

Sensoriamento Remoto (imagens de satélite ou fotografias aéreas) e pelo Sistema de Posicionamento Global (GPS). Essas tecnologias permitem coletar, armazenar, processar e analisar grandes quantidades de dados em um curto espaço de tempo, o que seria inviável coletar com recursos analógicos e tradicionais, devido à complexidade dos sistemas naturais e, no caso deste estudo, dos mecanismos relacionados aos desastres naturais.

Além da rapidez da obtenção dos dados, outras vantagens do uso de geotecnologias referem-se ao baixo custo, à possibilidade de integração de várias fontes de dados espaciais e à rapidez na análise e na elaboração de modelos preventivos que servem para dar suporte nas tomadas de decisões (BONHAM-CARTER, 1996). Segundo Marcelino (2008), outra grande vantagem das geotecnologias é a flexibilidade, em que tudo pode ser adaptado em função do que é preciso, como a função do projeto de prevenção, o fenômeno que vai ser analisado, a escala de trabalho e o orçamento que se disponibiliza.

A seguir, será apresentada uma revisão conceitual relacionada às geotecnologias, dentre elas, o sensoriamento remoto, o geoprocessamento e os sistemas de informações geográficas.

2.4.1 Sensoriamento remoto

Novo (2010) descreve o sensoriamento remoto como a utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves etc., com o objetivo de estudar o ambiente terrestre por meio do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias do planeta Terra, em suas mais diversas manifestações. As fotografias aéreas e imagens de satélite e radar são produtos de sensoriamento remoto.

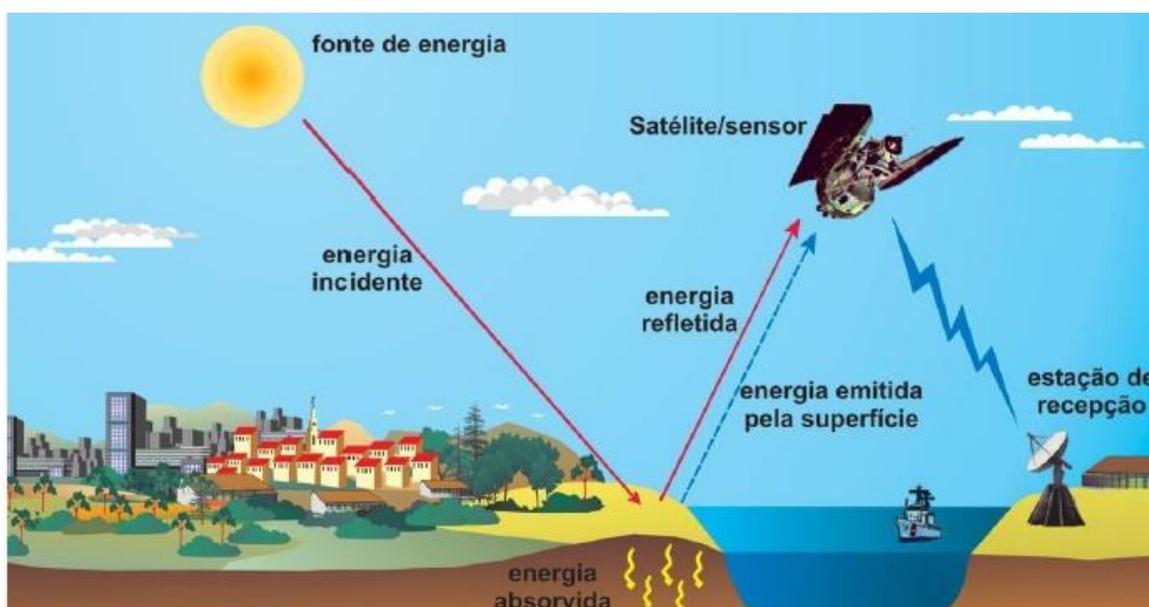
Com o sensoriamento remoto, é possível a obtenção da imagem da superfície terrestre (JENSEN, 2009). A energia é radiada pelas partículas liberadas pelo Sol, que interagem com a atmosfera e a superfície da Terra e depois retornam para a atmosfera, atingindo o sensor que, com a energia, interage com vários

componentes, como filtros, ópticos, emulsões de filmes ou detectores, resultando na imagem da superfície terrestre (Figura 07).

Na definição de Ferreira, Venticinqu e Almeida (2005) e Meneses e Almeida (2012), sensoriamento remoto é toda e qualquer captação ou registro de imagens e informações sobre o extrato superficial terrestre, a partir de alguma ferramenta digital que simplesmente atue como mediadora nesse processo. Atualmente, é muito usado para a produção e leitura de mapas digitais e aerofotográficos, representando um estudo realizado de forma remota, sem necessidade de contato direto com a área estudada.

O sensoriamento remoto pode ser entendido como um conjunto de atividades que permite a obtenção de informações dos objetos que compõem a superfície terrestre sem a necessidade de contato direto com os mesmos, envolvendo a detecção, aquisição e análise (interpretação e extração de informações) da energia eletromagnética emitida ou refletida pelos objetos terrestres e registrada por sensores remotos, também denominada de radiação eletromagnética (MORAES, 2002).

Figura 07 - Obtenção de imagem por sensoriamento remoto.



Fonte: Bernardes e Suertegaray (2009).

A relevância desse método é abordada por Rosa (2005), pois com ele é possível elaborar mapas de riscos e desastres naturais, com grande agilidade e com

redução de custos, uma vez que a informação é obtida com a utilização de imagens orbitais mediante fotos de satélites, resultando em mapas multiespectrais da superfície da terra.

Essa superfície é coberta com diferentes tipos de objetos, e a radiação solar que nela incide interage de forma diferente com cada tipo de alvo. Isso é determinado principalmente por causa das diferentes composições físico-químicas dos objetos ou feições terrestres. Devido a essa diferença, cada tipo de alvo tem sua própria assinatura ou código espectral, absorvendo ou refletindo de modo diferente cada uma das faixas do espectro da luz incidente.

Cabe ressaltar que, tanto a irradiância como a radiância que atinge aos alvos (parte da energia refletida) podem ser afetadas em suas trajetórias pelos componentes atmosféricos. Ao ser feito um trabalho com sensoriamento remoto, deve-se ter o cuidado em áreas nubladas, pois são impossíveis de serem imageadas por meio da luz solar (FIGUEIREDO, 2005).

Com a grande evolução do sensoriamento remoto por intermédio de sensores mais potentes, rápidos e precisos, proporcionando imagens com resoluções cada vez melhores, em conjunto com as ferramentas de extração e manipulação de informação oriundas do processamento de imagens, ampliou-se sua aplicabilidade a diversas áreas do conhecimento: levantamento de área para medição, recursos e análises ambientais, geologia, agricultura, florestas, estudos e planejamento urbano e estudos e levantamentos de desastres naturais.

Atualmente existem muitos satélites operando, das mais diversas espécies e modelos, fornecendo imagens em diferentes resoluções espaciais e bandas espectrais de todo o planeta, dentre os quais cita-se o Landsat. Os satélites da série Landsat são mundialmente utilizados para muitos serviços, mas principalmente em trabalhos científicos, pelo fato de conseguirem apresentar uma média resolução, além da aquisição de suas imagens ser gratuita. Desde fevereiro de 2013, o satélite em operação dessa série é o Landsat 8, transmitindo imagens com ampla abrangência de cada cena, e padrão de escala de até 1:25.000 (SANTOS et al., 2014).

Dentro do sensoriamento remoto encontra-se o Sistema de Posicionamento Global (GPS) que, segundo Bernardi e Landim (2002), consiste num sistema de posicionamento geográfico cujas coordenadas são obtidas de um lugar qualquer sobre a superfície da Terra, desde que se tenha um instrumento capaz de receber sinal de satélites. Por meio da posição cartesiana, X, Y, e Z, em relação ao centro de massa da Terra, o sistema também permite determinar a posição em latitude, longitude e altura geométrica ou elipsoidal.

Segundo Florenzano et al. (2001), com o sensoriamento remoto obtém-se as imagens dos satélites que possibilitam o estudo e o monitoramento de fenômenos naturais dinâmicos do meio ambiente, como a erosão do solo, o desmatamento, as inundações e o vulcanismo, entre outros que marcam a paisagem.

2.4.2 Geoprocessamento

O geoprocessamento consiste na aplicação das técnicas de mapeamento e análise espacial de informações específicas, como a vegetação, geomorfologia, geologia, hidrografia, população e solos, e é muito útil para as questões relativas a enxurradas, deslizamentos e inundações (MARTINS, 2013). Segundo Silva (2009), geoprocessamento é o conjunto de tecnologias de coleta, tratamento, processamento, manipulação e apresentação de informações espaciais, baseadas e alimentadas com dados georreferenciados, podendo tornar-se relevantes nos esferas da prevenção, mensuração e alerta.

As técnicas e ferramentas de geoprocessamento para o tratamento de dados coletados por sistemas de sensoriamento remoto, de acordo com Moreira (2005), evoluíram em função dos avanços tecnológicos na área da computação e informática, e fortaleceram-se em função de dois motivos: para acelerar as tarefas manuais realizadas durante a interpretação visual e para possibilitar ao analista introduzir outros tipos de informações, e cruzá-las com padrões espectrais contidos nas imagens.

Para Eckhardt (2008) e Martins (2013), é importante a utilização da ferramenta de geoprocessamento para analisar áreas suscetíveis a eventos de

deslizamento, inundações e enxurradas, sendo que sua principal função é a coleta de informações e a construção de um banco de dados para análise posterior.

O geoprocessamento usa diversas ferramentas e programas, possibilitando realizar as operações necessárias e adequadas para cada finalidade. As geotecnologias são representadas principalmente pelo SIG, o sensoriamento remoto e o GPS, que facilitam a geração e produção de dados e informações para os diversos estudos de fenômenos geográficos, entre eles os desastres naturais.

Desse procedimento resultam mapas, cartogramas, coordenadas de localização, ilustrações, mapeamento de uso do solo e cobertura vegetal, análises qualitativas e quantitativas, área a ser afetada, bem como a comparação dos mapas de projetos básicos, executivos ou geométricos com a realidade. Em resumo, o uso das ferramentas do geoprocessamento é imprescindível para o apoio à tomada de decisão às questões socioambientais.

2.4.3 Sistemas de Informações Geográficas (SIG)

O SIG é um conjunto de software e aplicativo computacional que compreende um conjunto de ferramentas de geoprocessamento e que permite inserir e integrar dados georreferenciados para análises, realizando o geoprocessamento simultâneo de vários dados coletados com outros de sensoriamento remoto. Essas informações podem ser aplicadas em várias áreas da ciência, como a Cartografia, Geografia, Agricultura e Florestas e a Geologia, contribuindo para o planejamento urbano e rural (MOREIRA, 2005).

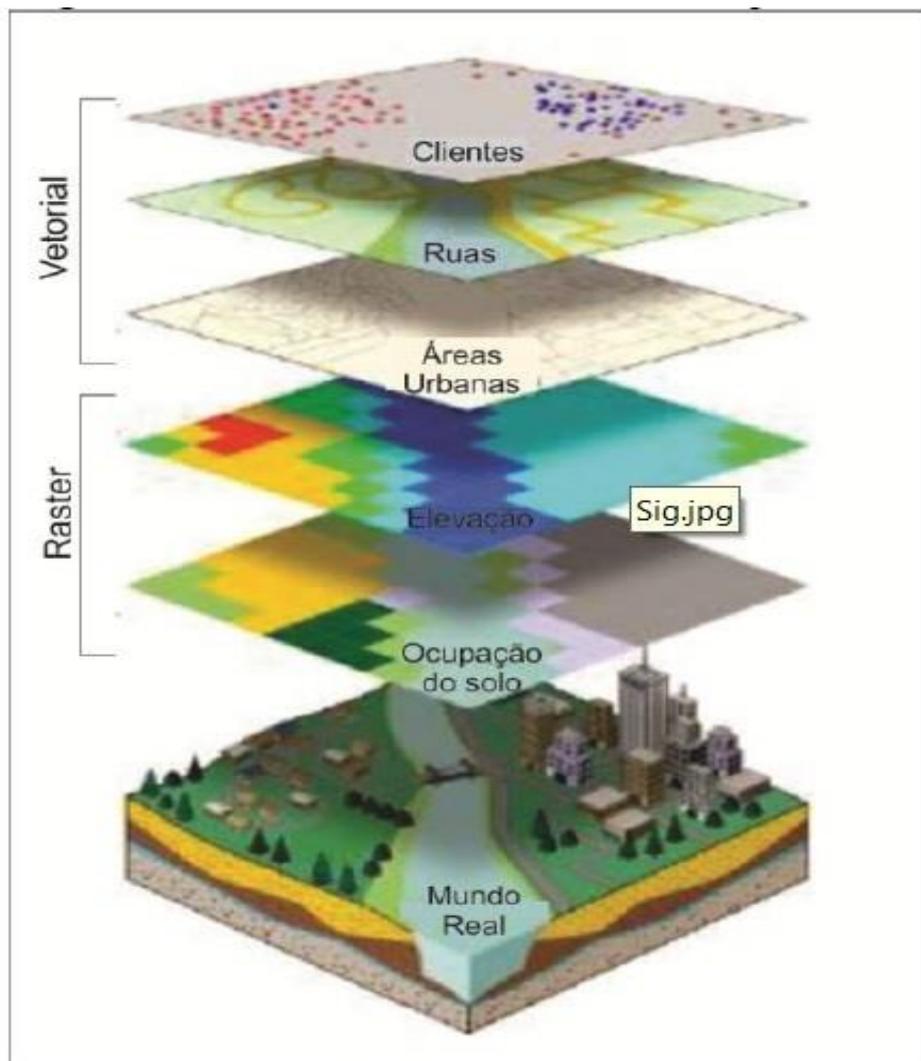
O autor ressalta que o SIG permite inserir e integrar, em uma única base de dados, informações espaciais provenientes de diversas fontes. Por meio de algoritmos de manipulações e análises, oferece mecanismo para combinar várias informações (Figura 08), além de ser possível consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo dessa base de dados georreferenciados.

Segundo Silva (1999), o SIG é um banco de dados georreferenciados, de forma digital, com limite e controle de erro e com cujos dados podem ser realizados processos e análises espaciais, sendo uma das grandes vantagens a exibição dos

dados e dos resultados na forma numérica e gráfica (em forma de mapas). Câmara et al. (2004) complementam que o SIG funciona com os componentes mostrados na Figura 09, onde todos se relacionam de forma hierárquica. A interface homem-máquina define como o sistema é operado e controlado.

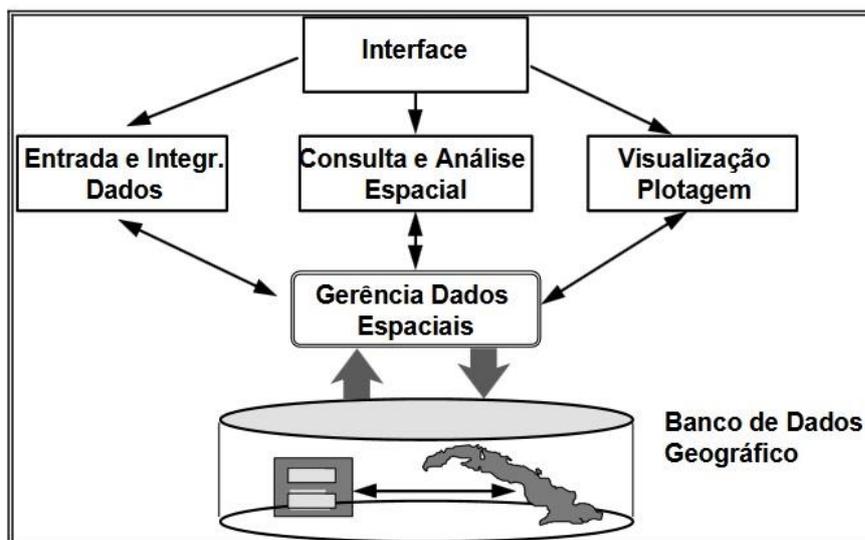
Um dos programas mais utilizados dentro do SIG para a área de desastres ambientais é o ArcGis, um sistema que fornece uma infraestrutura para criar mapas e buscar informações geográficas, sendo muito utilizado para a criação e utilização de mapas, compilação de dados geográficos, análise de informações mapeadas, compartilhamento e descoberta de informações geográficas, uso de mapas e informações geográficas, em uma gama de aplicações e na gestão de informações geográficas numa base de dados.

Figura 08 - Níveis de informação em SIG.



Fonte: Martins (2013).

Figura 09 - Arquitetura de Sistemas de Informações Geográficas.



Fonte: Câmara et al. (2004).

Outro programa é o WebGIS, semelhante ao anterior, com a diferença fundamental de que o usuário pode estar muito distante fisicamente do hardware, onde estão guardados os dados, sendo possível o acesso remoto pela internet com qualquer aparelho. É um programa de baixo custo em virtude da disponibilidade de softwares livres. Para Martins (2013), o WebGIS permite armazenar, disponibilizar e acessar planos de informações georreferenciadas, executar rotinas de geoprocessamento e análises espaciais de qualquer lugar do mundo pela internet, podendo ser usado por várias pessoas ao mesmo tempo em vários lugares distantes, além de visualizar e gerar mapas e figuras de modo instantâneo.

2.5 Avaliação multicriterial

Para uma avaliação e análises de vulnerabilidade em decorrência de desastres naturais, é preciso processar dados de caractere pessoal e de difícil externalização, obtidos e compostos por diferentes etapas, que correspondem a um ciclo contínuo de ações, cujo objetivo principal é a melhor interpretação e descrição dos números para tentar a redução dos impactos de um evento adverso (CENTRO..., 2016).

Para Meyer (2003), a melhor solução para a diferença dos valores e significados é a simplificação da medição. O autor afirma que as medidas são imperfeitas e com valores mensurados bem diferentes um do outro, sendo necessário encontrar uma forma que defina o que realmente importa e que os valores escolhidos e adaptados sejam capazes de fornecer os dados necessários.

Segundo Voogd (1983), os métodos de decisão multicritério são utilizados para avaliar e estruturar alternativas com base em múltiplos critérios e objetivos. Assim, durante o processo são atribuídos pesos específicos para cada critério, quantificando a importância relativa de cada um. Dessa forma, um critério pode ter diferentes graus de importância, não existindo um único método para definição de pesos, existindo na literatura diversos métodos para este fim. Segundo Hajkovicz e Collins (2007), os métodos de decisão multicritério podem ser classificados nos seguintes grupos: ordenamento de critérios, escala de pontos, distribuição de pontos e comparação de critérios par a par. Cada um desses métodos engloba uma infinidade de técnicas diferentes, desenvolvidas para estudos de diversas finalidades.

Um dos métodos mais usados é o AHP (*Analytic Hierarchy Process*), devido à sua simplicidade e flexibilidade, de acordo com Brito (2016). Esse procedimento corresponde à aplicação de uma metodologia de análise hierárquica, comparando critérios ou variáveis de par a par. Foi desenvolvida e introduzida por Saaty (1977) e consiste na comparação de critérios, questionando-se o quanto um é mais ou menos que importante que o outro, por meio de uma escala pré-definida.

Segundo Saaty (1991), o método AHP é um processo de tomada de decisões, minimizando-se suas falhas. Ocorre um processo de priorização, que envolve aplicar julgamentos de questões de dominância de um elemento sobre o outro, quando comparados a uma prioridade. A repetição dessa sistemática atinge o nível máximo quando este representa o objetivo do processo.

O autor recomenda a escala mostrada na Figura 10, onde os valores variam de 1 a 9 e 1 significa pouca diferença entre um critério em relação a outro, e 9 significa a extrema importância de um critério sobre o outro. Somente a metade das comparações precisa ser feita, pois o confronto entre os próprios critérios resulta em

1, e a outra metade constitui-se nas comparações recíprocas da matriz de comparações.

Figura 10 - Comparações da AHP escalonando de 1 a 9.

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Mesma importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra; sua dominação de importância é demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre os adjacentes	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.
Recíprocos dos valores acima de zero	Se a atividade i recebe uma das designações diferentes acima de zero, quando comparada com a atividade j, então j tem o valor recíproco quando comparada com i.	Designação razoável.
Racionais	Razões resultantes da escala	Se a consistência tiver de ser forçada para obter valores numéricos n, somente para completar a matriz.

Fonte: Saaty (1991).

Para o preenchimento da matriz, de acordo com a Figura 11, utiliza-se a resposta de duas perguntas: qual dos dois elementos é mais importante com respeito a um critério de nível superior, e com que intensidade, baseando-se na Figura 10. O elemento mais importante da comparação é sempre usado como valor inteiro da escala, e o menos importante como o inverso dessa unidade.

Figura 11 - Matriz do método AHP

$$\begin{array}{c|cccc}
 \textit{Vulnerabilidade} & A & B & C & D \\
 \hline
 A & 1 & 5 & 6 & 7 \\
 B & 1/5 & 1 & 4 & 6 \\
 C & 1/6 & 1/4 & 1 & 4 \\
 D & 1/7 & 1/6 & 1/4 & 1
 \end{array}$$

Fonte: Silva (2007).

Verifica-se que as posições na diagonal sempre serão 1, pois a importância de um elemento sempre é igualmente importante com ele mesmo. Para o preenchimento do restante da matriz, julga-se e determina-se a intensidade de importância entre os elementos, de acordo com a Figura 10. E para as comparações inversas, na parte inferior esquerda da matriz, coloca-se os valores inversos da parte superior direita da mesma.

Neste exemplo, os elementos da parte superior direita, os elementos-linha, eram mais dominantes do que os elementos-coluna. Para exemplificar lê-se: A (Linha) é 5 vezes mais dominante do que B (coluna) e 6 vezes mais dominante do que C (coluna).

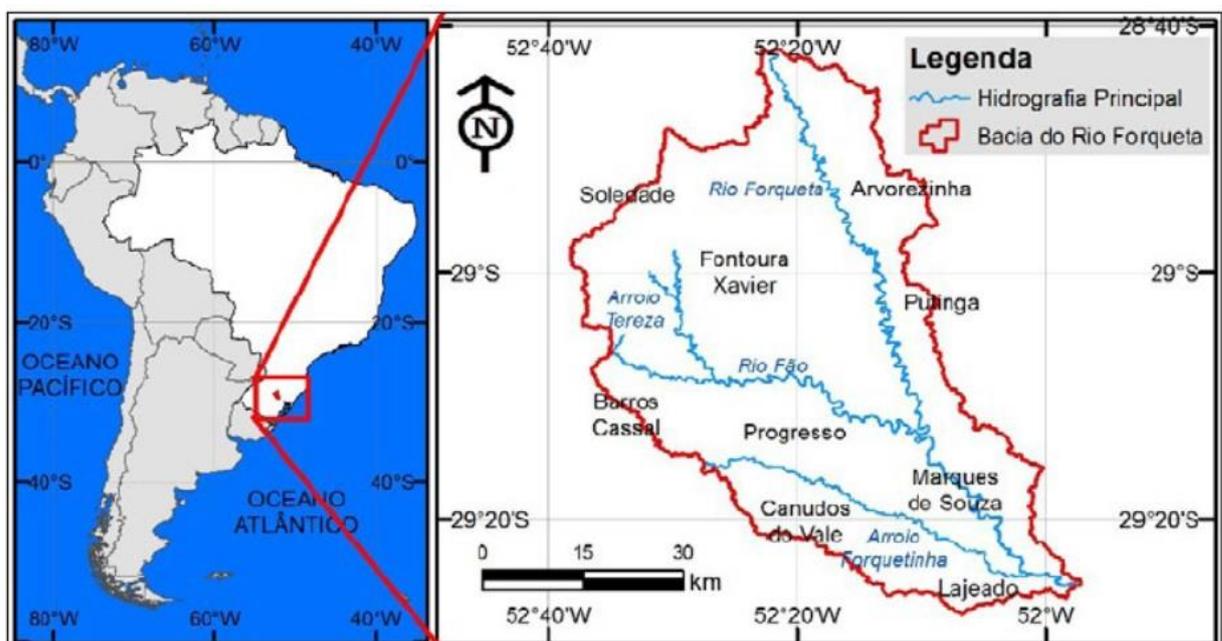
Com todas as leituras e pesquisas realizadas no referencial teórico, foi analisado o melhor procedimento metodológico que se enquadrava para a obtenção das respostas para a resolução do objetivo principal proposto.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Caracterização da área de estudo

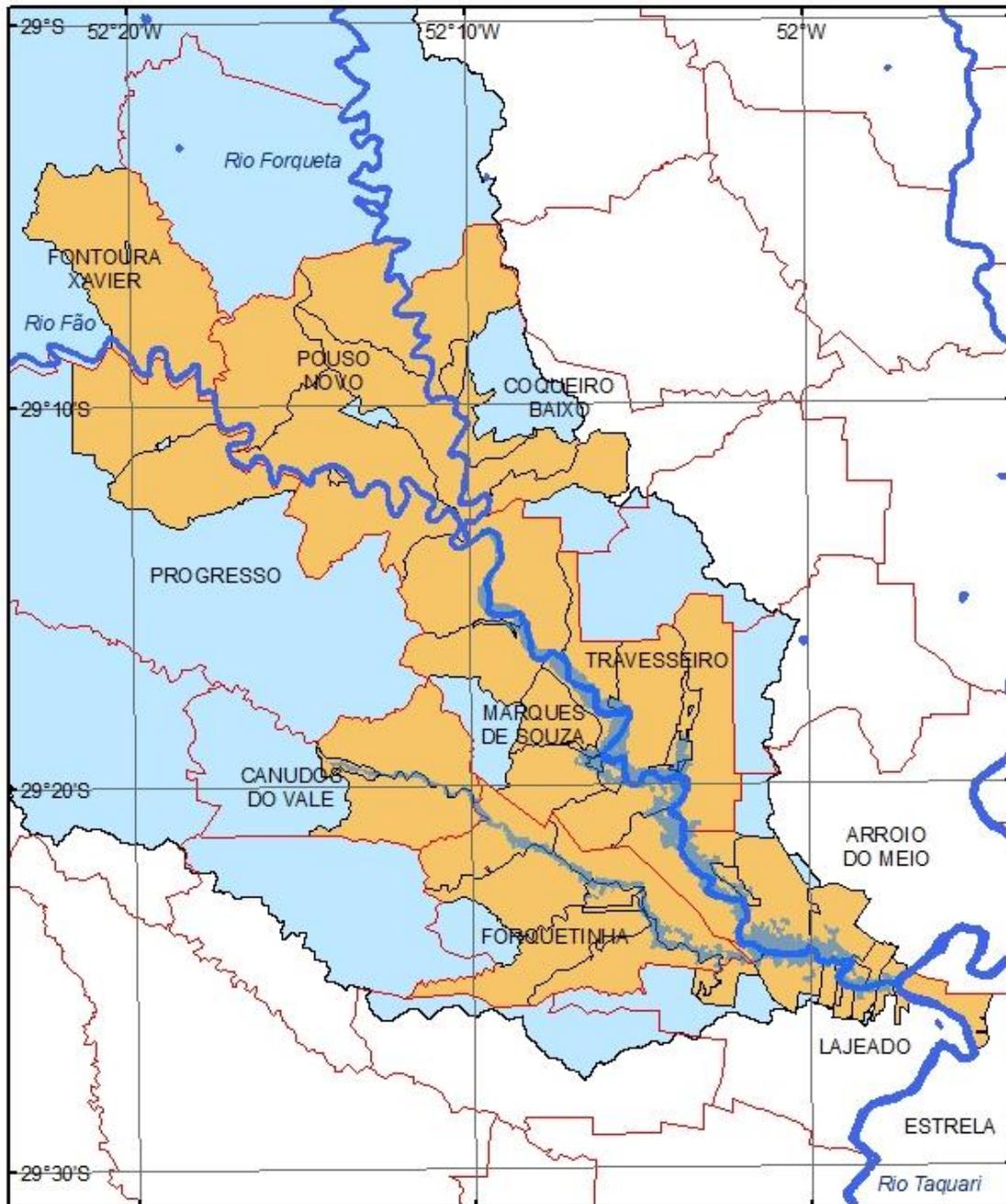
A área de estudo deste trabalho localiza-se dentro da bacia do Rio Forqueta, no Vale do Taquari, Estado do Rio Grande do Sul. Toda a bacia do Rio Forqueta integra a bacia hidrográfica dos rios Taquari-Antas e encontra-se inserida entre as latitudes 29°30' e 28°49' S e as longitudes 52°00' e 52°45', na porção central do Estado (Figura 12). As áreas analisadas são os setores censitários do IBGE, suscetíveis dentro da bacia do Rio Forqueta, (Figura 13)

Figura 12 - Localização da bacia hidrográfica do Rio Forqueta/RS.

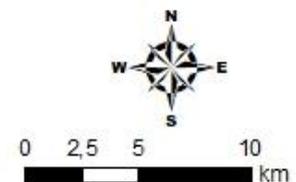
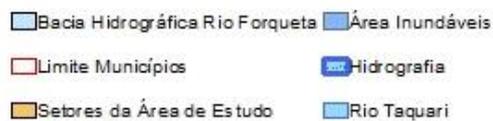


Fonte: Oliveira et al. (2017).

Figura 13 – Setores censitários suscetíveis da Bacia do Rio Forqueta/RS.



Mapa com os setores censitários estudados



Fonte: do Autor (2018).

O Rio Forqueta está inserido em um vale rodeado por elevações, poços e corredeiras, tendo sua foz no Rio Taquari, na divisa dos municípios de Arroio do Meio e Lajeado. Integram sua bacia os municípios de Soledade, Arvorezinha,

Itapuca, Fontoura Xavier, Putinga, São José do Herval, Pouso Novo, Marques de Souza, Arroio do Meio, Travesseiro e Lajeado.

De acordo com o Comitê Taquari-Antas (2014), que gerencia a Bacia Hidrográfica Taquari-Antas e atua como fórum de debate sobre questões afins aos usos do recursos hídricos, a bacia do Rio Forqueta encontra-se dentro da bacia Taquari-Antas, com área de drenagem bacia de aproximadamente 2.845 km². Faz parte da Região Hidrográfica do Guaíba, sendo o rio Taquari-Antas o principal afluente do rio Jacuí, que deságua no Lago Guaíba.

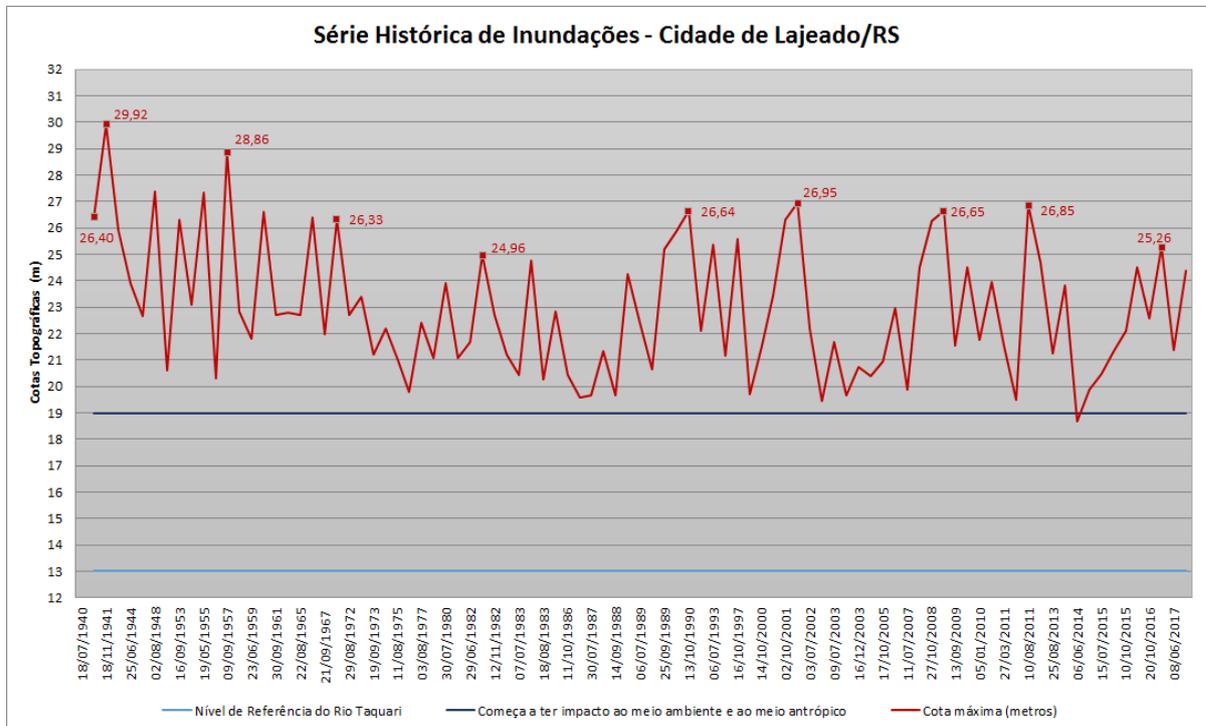
Pela Classificação de Köppen (1931), o clima na região do Vale do Taquari está enquadrado no subtropical úmido (Cf), subdividido em duas variedades: a subtropical com verões quentes (Cfa), na parte mais baixa da bacia, e a subtropical com verões amenos (Cfb), que atua mais nas regiões localizadas no extremo Norte da bacia, que compreende os municípios de Putinga, Ilópolis e Arvorezinha.

A Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM) estabelece que a média anual de precipitação é de 1.600 mm e a temperatura média anual é de 18,7°C com média anual de umidade relativa do ar de 76%. No ano de 2017, de acordo com o Núcleo de Informações Hidrometeorológicas, mensurou uma média anual de precipitação do Vale do Taquari de 1.278,70 mm, com um total de 163 dias de precipitação, sendo que nos meses de maio e outubro não houve medição. No mês de janeiro ocorreu a maior precipitação mensal durante todo o ano, num total de 218,7 mm, com temperatura média de 21,42°C, a umidade relativa do ar média de 78% e a velocidade média do vento de 3,3 km/h (UNIVERSIDADE..., 2017).

A região do Vale do Taquari passa periodicamente por inundações ou cheias e eventualmente por enxurradas. As inundações ocorrem devido ao grande volume de precipitações em pouco espaço de tempo. De acordo com o Núcleo de Informações Hidrometeorológicas, que monitora os níveis dos rios, em Marques de Souza a leitura é feita na ponte do Rio Forqueta e o nível médio é de 49,95 metros. Na sua maior enchente, que ocorreu em 04/01/2010, o nível atingido foi de 59,00 metros no Município. Outro ponto de coleta fica no porto de Estrela, perto da cidade de Lajeado, onde o nível médio do Rio Taquari é de 12,60 metros, sendo que, ao atingir um nível superior a 19 metros, passa a impactar o meio ambiente e o meio

antrópico na cidade de Lajeado. A sua maior cheia foi registrada em 06/05/1941, atingindo 29,92 metros, de acordo com a Figura 14, que representa as cheias históricas no Município de Lajeado.

Figura 14 - Série histórica de inundações de Lajeado/RS.

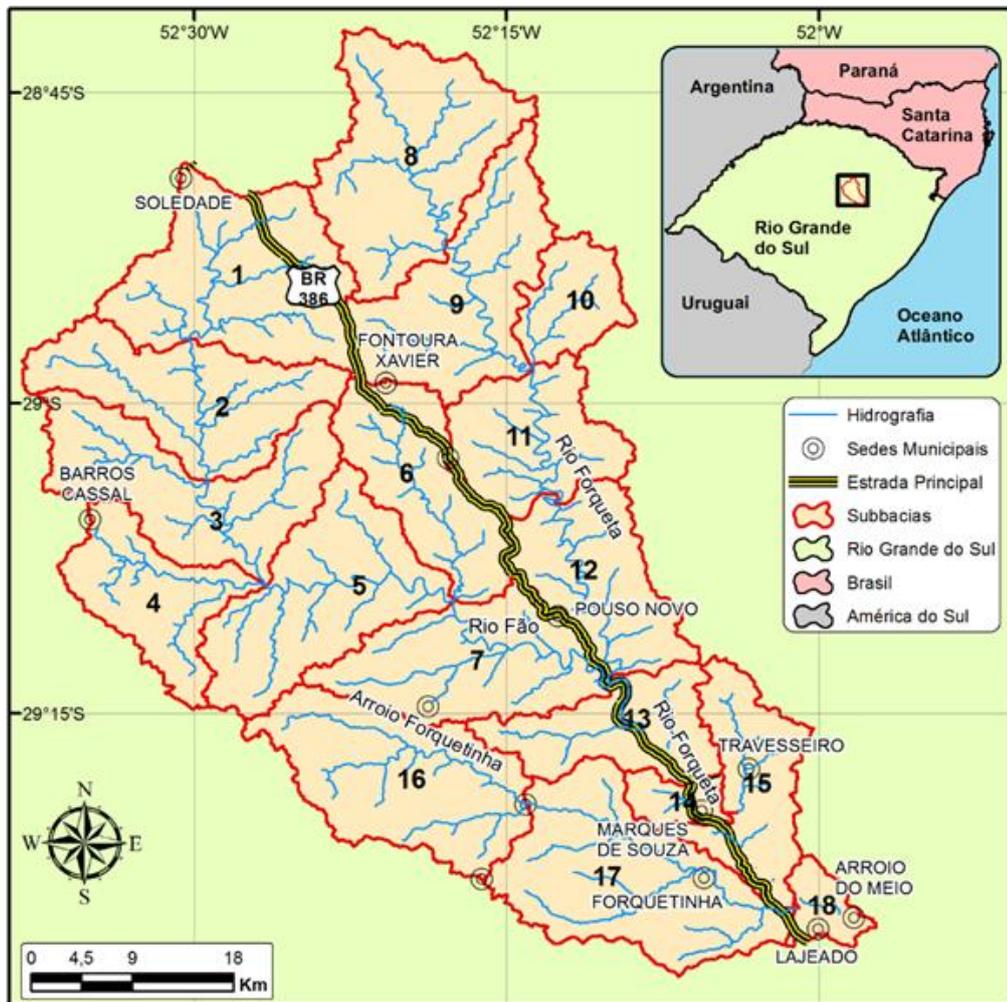


Fonte: Do autor, adaptado de Eckhardt et al. (2008).

O Município de Marques de Souza foi o mais atingido no grande desastre natural hidrológico que aconteceu em 2010. A Bacia daquela região é formada por diversos rios e arroios, sendo que o município é banhado em toda a sua extensão pelos rios Fão e Forqueta (Figura 15).

O município possui dois arroios que cortam sua extensão, o Arroio Tamanduá e o Pau Queimado, além do Arroio Barrinha, que divide o município ao Norte com a cidade de Progresso.

Figura 15 - Rede Hidrográfica da Bacia do Rio Forqueta/RS.

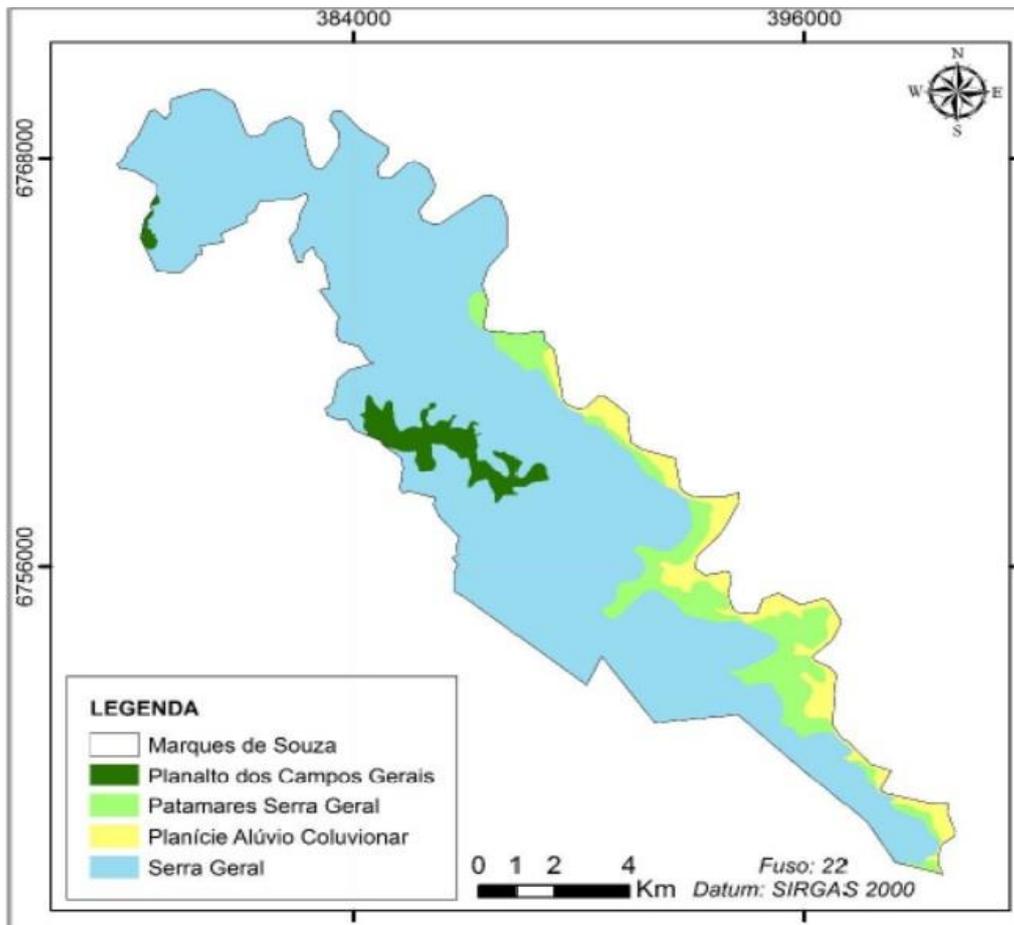


Fonte: Oliveira et al. (to appear).

O Município de Marques de Souza, de acordo com o IBGE, é composto por quatro Unidades Geomorfológicas (UG): a Serra Geral, Planalto dos Campos Gerais, Patamares da Serra e Planície Alúvio Coluvionar (Figura 16). A UG da Serra Geral apresenta maior desnível, podendo atingir alturas superiores a 400 metros, composta por muitos morros estreitos e com formas irregulares, apresentando também um relevo com formas abruptas e vales fluviais profundos.

Já a UG Planalto dos Campos Gerais tem um relevo de plano ondulado, onde os topos de morros são tabulares, com declive menos acentuado, sendo separados da UG Serra Geral pela linha de ruptura de declive. A UG Planície Alúvio Coluvionar é representada por superfície plana, sendo sua altitude média de 24 metros.

Figura 16 - Mapa de geomorfologia do Município de Marques de Souza/RS.



Fonte: Oliveira al. (2015, texto digital).

O Município de Marques de Souza localiza-se na zona alta da região geopolítica do Vale do Taquari, distante 130 km de Porto Alegre, com uma população de 4.068 habitantes, PIB per capita de R\$ 14.113,00 e densidade demográfica de 32,4 hab/km², conforme o Censo de 2010. Foi emancipado em 28/12/1995 pela Lei nº 10665, tendo Lajeado como município de origem e economia principal na produção primária, destacando-se a avicultura, pecuária leiteira, suinicultura e produção de grãos (INSTITUTO..., 2010).

De acordo com o IBGE, existem dois tipos de solos no município de Marques de Souza, o Argissolo Vermelho (2%) e Neossolo Litólico (98%). Também é composto por rochas pertencentes a Formação Serra Geral, na divisão da Fácies Gramado e Caxias.

3.2 Material, softwares e equipamentos

Para a elaboração do presente estudo foram utilizados os seguintes materiais, softwares e equipamentos:

- Dados do IBGE;
- setores censitários;
- mapa de suscetibilidade ao longo do rio Forqueta – projeto da UNIVATES;
- dados do site da Defesa Civil do RS – AVADANS;
- dados da Prefeitura Municipal de Marques de Souza;
- Dados do Núcleo de Informações Hidrometeorológicas da UNIVATES;
- Auto Cad;
- Google Earth;
- ArcGis;
- SIG;
- Microsoft Office (Excel e Word 2013);
- Estação Total – Nikon DTM 350;
- GPS Leica RTK GS15;
- Drone DJI Phantom 4;
- máquina fotográfica (câmera digital);
- veículo simples para se locomover.

3.3 Métodos

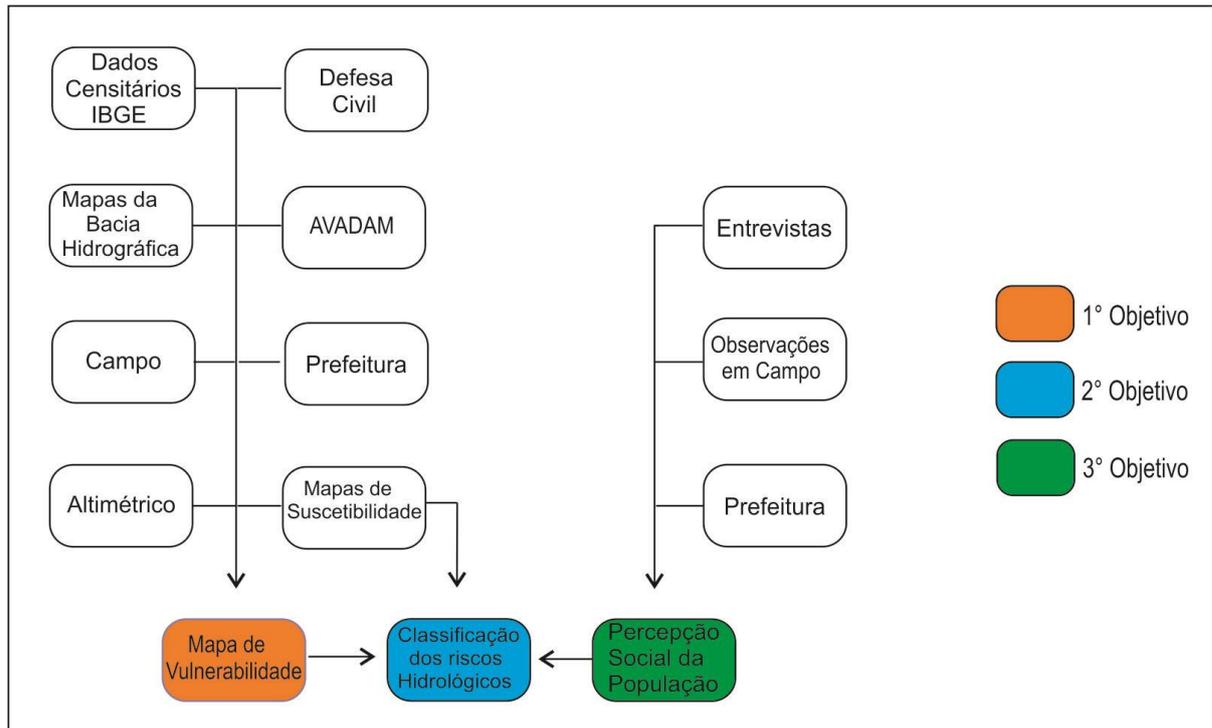
Para atingir o objetivo geral proposto no trabalho, o estudo foi dividido em três etapas, em que a primeira relacionou-se à análise de vulnerabilidade, considerando-se a demografia, o social, e o saneamento e a infraestrutura, para chegar ao índice de vulnerabilidade de cada setor censitário pesquisado e coletado pelo IBGE (2010).

Por segundo, foi verificado, mediante entrevistas e conversas com vários moradores de diversos setores, as condicionantes sociais da vulnerabilidade, de acordo com cada entrevistado, para saber se os moradores realmente se sentem

vulneráveis ou não. Por último, foi realizada uma classificação dos riscos hidrológicos, cruzando-se os mapas de suscetibilidade e de vulnerabilidade.

Para se chegar aos objetivos propostos no estudo, o trabalho foi desenvolvido de acordo com as seguintes etapas da Figura 17.

Figura 17 - Fluxograma das etapas do trabalho.



Fonte: Do autor (2018).

Para a realização do objetivo principal, o presente trabalho foi subdividido e organizado em três etapas, cada uma correspondendo a um objetivo específico do estudo: i) análise de vulnerabilidade; ii) análise e classificação dos riscos; iii) análise da percepção da população em relação à vulnerabilidade e riscos.

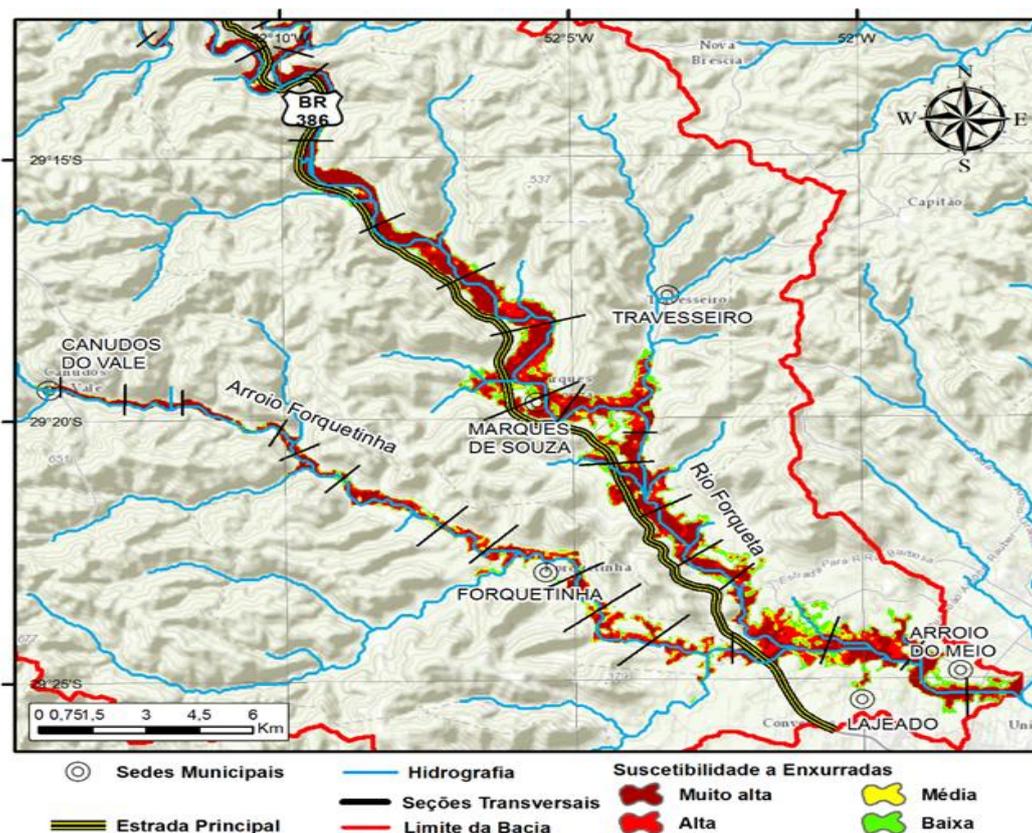
Na primeira etapa, que se refere à análise de vulnerabilidade, foram utilizados os dados do Censo de 2010, com os quais foram definidos os índices de 59 setores censitários localizados em 11 municípios diferentes, de acordo com a Quadro 4. A escolha desses setores censitários dentro dos respectivos municípios deve-se à localização das áreas suscetíveis à inundações e enxurradas na bacia do Rio Forqueta (Figura 18), identificados e analisados a partir de modelagem hidrológica e uso de técnicas de geoprocessamento no estudo de Oliveira et al. (2018).

Quadro 4 - Setores censitários para a análise de vulnerabilidade.

Setores Censitários	Código Arbitrado para o Setor Censitário	Município	Setores Censitários	Código Arbitrado para o Setor Censitário	Município
430100805000008	1	ARROIO DO MEIO	431140305000104	31	LAJEADO
430100805000021	2	ARROIO DO MEIO	431140305000105	32	LAJEADO
430100805000028	3	ARROIO DO MEIO	431140305000106	33	LAJEADO
430100816000001	4	ARROIO DO MEIO	431205405000001	34	MARQUES DE SOUZA
430100816000002	5	ARROIO DO MEIO	431205405000002	35	MARQUES DE SOUZA
430100816000003	6	ARROIO DO MEIO	431205405000004	36	MARQUES DE SOUZA
430461405000001	7	CANUDOS DO VALE	431205405000005	37	MARQUES DE SOUZA
430461405000002	8	CANUDOS DO VALE	431205405000006	38	MARQUES DE SOUZA
430461405000003	9	CANUDOS DO VALE	431205405000007	39	MARQUES DE SOUZA
430583505000002	10	COQUEIRO BAIXO	431205405000008	40	MARQUES DE SOUZA
430583505000004	11	COQUEIRO BAIXO	431205405000009	41	MARQUES DE SOUZA
430583505000005	12	COQUEIRO BAIXO	431205410000001	42	MARQUES DE SOUZA
430583505000006	13	COQUEIRO BAIXO	431205410000002	43	MARQUES DE SOUZA
430583510000003	14	COQUEIRO BAIXO	431205415000001	44	MARQUES DE SOUZA
430780723000003	15	ESTRELA	431205415000002	45	MARQUES DE SOUZA
430830035000002	16	FONTOURA XAVIER	431205415000003	46	MARQUES DE SOUZA
430843305000001	17	FORQUETINHA	431513105000002	47	POUSO NOVO
430843305000002	18	FORQUETINHA	431513105000003	48	POUSO NOVO
430843305000003	19	FORQUETINHA	431513105000004	49	POUSO NOVO
430843305000004	20	FORQUETINHA	431513105000005	50	POUSO NOVO
430843305000005	22	FORQUETINHA	431515612000002	51	PROGRESSO
430843305000006	22	FORQUETINHA	431515612000003	52	PROGRESSO
430843305000008	23	FORQUETINHA	432162605000001	53	TRAVESSEIRO
431140305000036	24	LAJEADO	432162605000002	54	TRAVESSEIRO
431140305000038	25	LAJEADO	432162605000003	55	TRAVESSEIRO
431140305000043	26	LAJEADO	432162605000004	56	TRAVESSEIRO
431140305000044	27	LAJEADO	432162605000005	57	TRAVESSEIRO
431140305000045	28	LAJEADO	432162605000006	58	TRAVESSEIRO
431140305000056	29	LAJEADO	432162605000007	59	TRAVESSEIRO
431140305000069	30	LAJEADO			

Fonte: Do autor (2018).

Figura 18 - Á áreas suscetíveis a inundações e enxurradas.

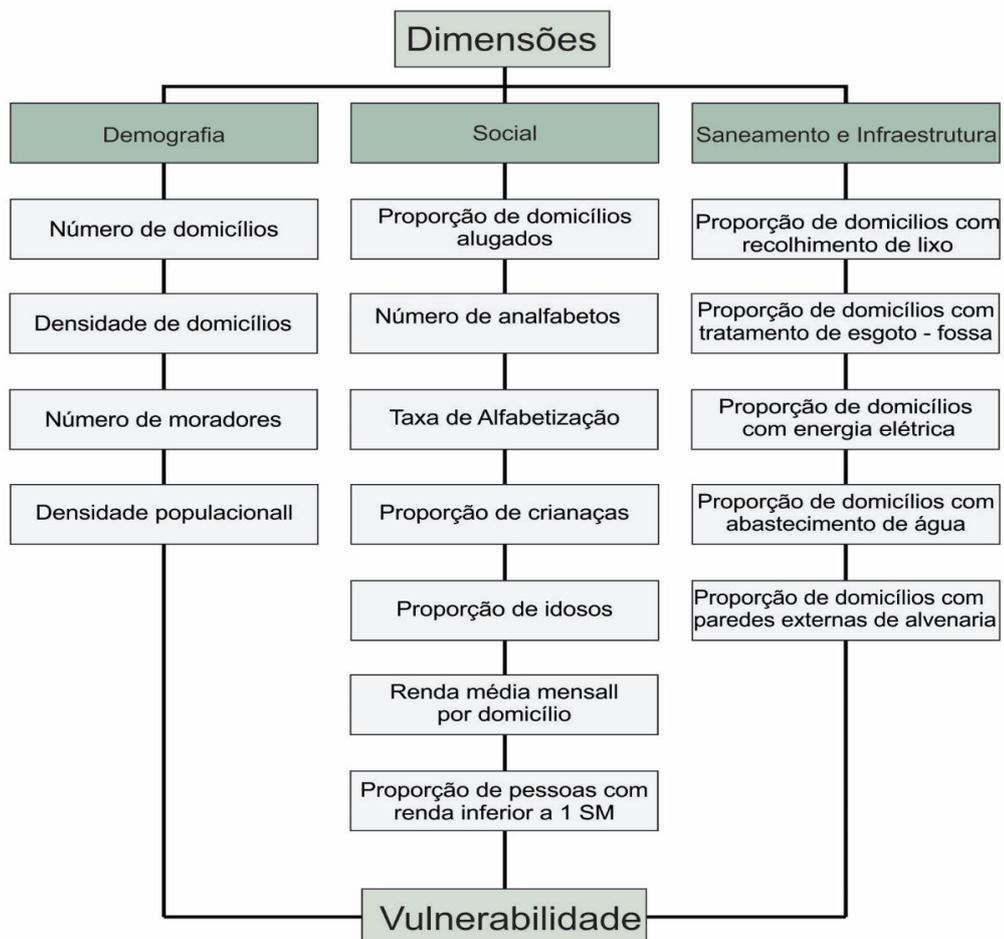


Fonte: Oliveira et al (to appear).

Para a elaboração do mapa de vulnerabilidade, considerou-se três dimensões: demográfica, social e de saneamento e infraestrutura, escolhidas por se enquadrarem numa melhor definição para a obtenção do resultado esperado. Também são consideradas as dimensões mais relevantes para determinar as dificuldades que a população apresenta para o enfrentamento dos desastres hidrológicos, ampliando-se assim sua vulnerabilidade. Além disso, essas dimensões também foram usadas em outros estudos de análise de vulnerabilidade, tais como nos de Goerl et al. (2010) e Ramos (2017).

Dentro dessas três dimensões foram analisadas e processadas 16 variáveis, sempre considerando-se os dados de cada setor censitário onde todos os números foram obtidos do banco de dados do IBGE (Figura 19).

Figura 19 - Fluxograma das dimensões e seus respectivos indicadores de vulnerabilidade a inundações.



Fonte: Do autor (2018).

Na dimensão demográfica foram consideradas quatro variáveis, denominadas de IV01 à IV04: a) Número de domicílios, b) Densidade de domicílios, c) Número de moradores e d) Densidade populacional (Figura 20). Nessa dimensão foram escolhidos os dados da população no sentido demográfico, do espaço físico e quantidade de moradores e domicílios.

Na dimensão social foram consideradas sete variáveis, denominadas de IV05 à IV11: a) Proporção de domicílios alugados, b) Números de analfabetos, c) Taxa de alfabetização, d) Proporção de crianças, e) Proporção de Idosos, f) Renda média mensal por domicílio e g) Proporção de pessoas com renda inferior a um salário mínimo (SM) (Figura 20).

Todas essas variáveis relatam o estado social, etário e econômico da população residente em cada setor censitário, podendo-se compreender quais setores apresentam maior proporção de pessoas dependentes ou com menor capacidade de tomada de decisões, seja em função da idade, da baixa escolaridade ou poder econômico.

Em relação ao saneamento e infraestrutura, foram observadas cinco variáveis, denominados de IV12 à IV16: a) Proporção de domicílios com recolhimento de lixo, b) Proporção de domicílios com tratamento de esgoto ou fossa, c) Proporção de domicílios com energia elétrica, d) Proporção de domicílios com abastecimento de água e e) Proporção de domicílios com paredes externas de alvenaria (Figura 20).

Nessa dimensão, foram analisados e processados os dados correspondentes às condições de saneamento básico das moradias e da população, bem como o padrão construtivo das mesmas, como se evidencia na imagem a seguir.

Figura 20 - Número do Índice de Vulnerabilidade (IV), com sua dimensão correspondente e as respectivas variáveis.

IV	Dimensão	Variável
1	Demografia	Número de domicílios
2	Demografia	Densidade de domicílios
3	Demografia	Número de moradores
4	Demografia	Densidade populacional
5	Social	Proporção de domicílios alugados
6	Social	Número de analfabetos
7	Social	Taxa de alfabetização
8	Social	Proporção de crianças
9	Social	Proporção de idosos
10	Social	Renda média mensal por domicílio
11	Social	Proporção de pessoas com renda inferior a 1 SM
12	Saneamento e Infraestrutura	Proporção de domicílios com recolhimento de lixo
13	Saneamento e Infraestrutura	Proporção de domicílios com tratamento de esgoto - fossa
14	Saneamento e Infraestrutura	Proporção de domicílios com energia elétrica
15	Saneamento e Infraestrutura	Proporção de domicílios com abastecimento de água
16	Saneamento e Infraestrutura	Proporção de domicílios com paredes externas de alvenaria

Fonte: Do autor (2018).

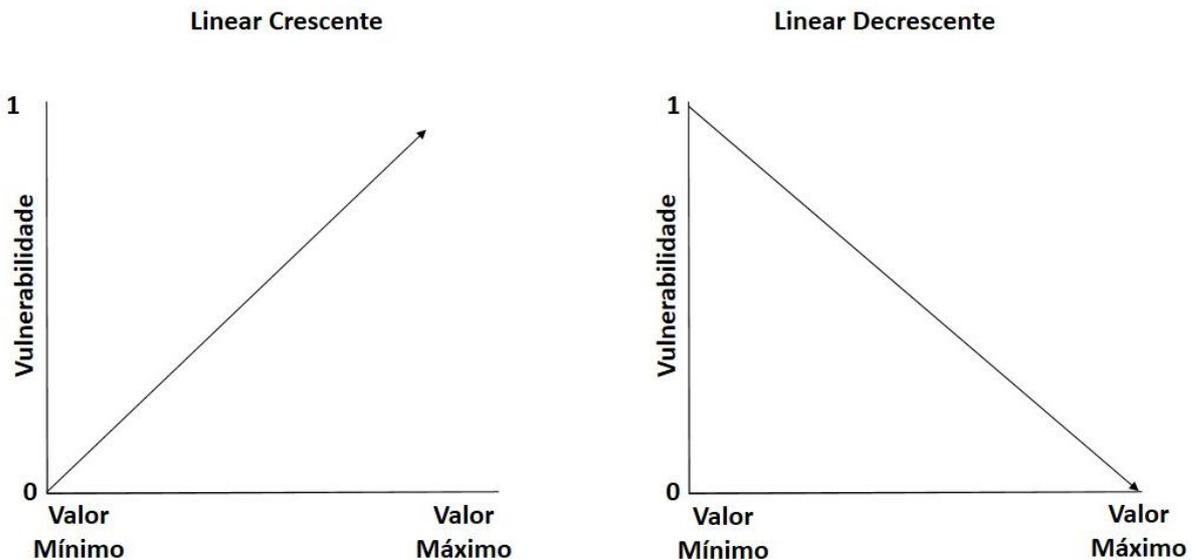
Foi aplicado o reescalonamento das variáveis, para uma escala comum de 0 a 1, valores de 0 (menor vulnerabilidade, situação tranquila) e valor de 1 (maior vulnerabilidade, situação crítica) em cada variável e em todos os setores. O reescalonamento foi necessário em função de cada variável apresentar uma medida diferente e somente é possível fazer a comparação entre duas medidas se as mesmas estão numa escala de valores compatíveis. O reescalonamento foi obtido aplicando-se duas equações.

A função linear crescente (Equação 3; Figura 21) foi usada para as variáveis que apresentam características de aumento na vulnerabilidade na mesma proporção em que os valores do indicador aumentam. Um exemplo é o IV08, que se refere à proporção de crianças. Quanto maior a proporção de crianças, maior também será a vulnerabilidade. Neste caso, o setor com a menor proporção de crianças receberá o valor de vulnerabilidade igual a 0, enquanto que o setor com a maior proporção receberá o valor máximo de vulnerabilidade, ou seja, igual a 1.

Já a função linear decrescente (Equação 4; Figura 21) foi usada para as variáveis que apresentam características de redução na vulnerabilidade na mesma proporção em que os valores do indicador aumentam. Um exemplo é o IV10, que se

refere à renda média. Quanto menor a renda, maior será a vulnerabilidade, considerando-se essa variável. Por outro lado, quanto maior a renda, menor também será a vulnerabilidade. Neste caso, o setor com a maior renda receberá o valor de vulnerabilidade igual a 0, enquanto que o setor com a menor renda receberá o valor máximo de vulnerabilidade, ou seja, igual a 1.

Figura 21 - Funções utilizadas para o reescalonamento das variáveis.



Fonte: Do autor (2018).

Equação 3 - Função linear crescente.

$$IV_i = \frac{(Z_i - \text{mín})}{(\text{máx} - \text{mín})} \quad (3),$$

em que: IV_i é o índice de vulnerabilidade da variável analisada no setor i , na escala de 0 (baixa) a 1 (alta); Z_i é o valor da variável no setor censitário i ; mín é o valor mínimo observado da variável em todos os setores censitários; máx é o valor máximo observado da variável em todos os setores censitários.

Equação 4 - Função linear decrescente.

$$IV_i = 1 - \frac{(Z_i - \text{mín})}{(\text{máx} - \text{mín})} \quad (4),$$

em que: IV_i é o índice de vulnerabilidade da variável analisada no setor i , na escala de 0 (baixa) a 1 (alta); Z_i é o valor da variável no setor censitário i ; $mín$ é o valor mínimo observado da variável em todos os setores censitários; $máx$ é o valor máximo observado da variável em todos os setores censitários.

No Quadro 5, pode-se observar, para cada variável, qual foi a função escolhida para o reescalonamento dos valores na escala de 0 a 1 de vulnerabilidade. A forma linear crescente foi aplicada a nove variáveis, enquanto a linear decrescente foi utilizada em sete.

Para a interpretação e fator de relevância no que se refere à vulnerabilidade, assume-se nesta pesquisa que as variáveis dentro das referidas dimensões e as dimensões entre elas não possuem o mesmo peso. Desta forma, foram estabelecidos pesos diferente de acordo com a importância de cada variável, pelos quais os dados seguiram uma normativa de uniformização.

Essa padronização foi necessária para diminuir a probabilidade de equívocos e uma melhor uniformidade no processo de escolha dos pesos, utilizando-se o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*), considerado multicritério e com objetivo auxiliar na tomada de decisões coletivas ou individuais. A sua principal característica é a decomposição hierárquica do problema para criação de uma hierarquia de critérios, convertendo avaliações subjetivas de importância relativa em um conjunto de pontuações (SAATY apud ROSSONI, 2011).

A aplicação do método AHP foi escolhido por ser utilizado em muito trabalhos, e sua finalidade foi para o julgamento e determinação dos pesos e variáveis mais importantes. Essa aplicação foi realizada em cada variável dentro de cada dimensão e também entre as dimensões. As variáveis e as dimensões foram comparadas par a par, sendo atribuindo-se em cada julgamento um valor comparativo na escala de 1/9 (variável A é extremamente menos importante do que a variável B) a 9 (variável A é extremamente mais importante do que a variável B). Valores próximos a 1 indicam uma similar importância entre duas variáveis.

Quadro 5 - Escala de vulnerabilidade com o tipo de equação utilizada em cada IV.

Escala de Vulnerabilidade			
IV	0 (baixa vulnerabilidade)	1 (alta vulnerabilidade)	Regra (Equação)
1	menor número	maior número	Linear Crescente
2	menor densidade	maior densidade	Linear Crescente
3	menor número	maior número	Linear Crescente
4	menor densidade	maior densidade	Linear Crescente
5	menor % de aluguel	maior % de aluguel	Linear Crescente
6	menor número	maior número	Linear Crescente
7	maior taxa	menor taxa	Linear Decrescente
8	menor % de crianças	maior % de crianças	Linear Crescente
9	menor % de idosos	maior % de idosos	Linear Crescente
10	maior renda	menor renda	Linear Decrescente
11	menor % de pessoas	maior % de pessoas	Linear Crescente
12	maior % com recolhimento	menor % com recolhimento	Linear Decrescente
13	maior % tratamento	menor % tratamento	Linear Decrescente
14	maior % com energia	menor % com energia	Linear Decrescente
15	maior % com água	menor % com água	Linear Decrescente
16	maior % de alvenaria	menor % de alvenaria	Linear Decrescente

Fonte: Do autor (2018).

Com a determinação dos pesos de cada variável, dentro das três dimensões, calculou-se por meio da Equação 05 a vulnerabilidade de cada dimensão e após, o resultado foi novamente reescalado pela Equação 3 na escala de 0 a 1, usando-se a função linear crescente, para manter o mesmo intervalo de comparação entre os setores censitários.

Equação 5 - Cálculo da vulnerabilidade por dimensão.

$$V_{i,j} = \sum IV_{j,k} \times W_{j,k} \quad (5)$$

em que: $V_{i,j}$ é a vulnerabilidade do setor censitário i na dimensão j ; $IV_{j,k}$ é o índice de vulnerabilidade da variável k , pertencente à dimensão j ; $W_{j,k}$ é o peso da variável k , pertencente à dimensão j .

Para a obtenção da vulnerabilidade final de cada setor censitário, foi aplicada a Equação 6.

Equação 6 - Cálculo da vulnerabilidade final.

$$VF_i = \sum V_{i,j} \times W_j \quad (6),$$

em que: VF_i é a vulnerabilidade final do setor censitário i ; $V_{i,j}$ é a vulnerabilidade do setor censitário i na dimensão j ; W_j é o peso da dimensão j .

O reescalonamento foi realizado em todas as etapas para facilitar a comparação visual dos mapas (para manter sempre a mesma escala de valores e cores) e relação de vulnerabilidade entre os setores, sempre atribuindo ao setor de maior vulnerabilidade o valor 1 e o de menor vulnerabilidade o valor 0. Ou seja, o índice utilizado neste estudo pode ser considerado relativo à área de estudo, não podendo ser extrapolado para outras áreas.

Para a realização do segundo objetivo específico, que tem como finalidade a obtenção de uma classificação dos riscos hidrológicos no Vale do Rio Forqueta, a partir do cruzamento entre os mapas de suscetibilidade e de vulnerabilidade, foi utilizada a metodologia adaptada de Robaina e Saueressig (2015). Foram realizadas classificações do mapa de suscetibilidade e do mapa de vulnerabilidade, a fim de, mediante o cruzamento entre eles, gerar o mapa de risco final.

Os graus de riscos foram definidos, de acordo com o Quadro 6, em quatro estágios: risco muito alto, alto, médio e baixo. Essa classificação foi obtida por meio da aplicação da matriz de correlação de critérios e parâmetros de suscetibilidade e vulnerabilidade.

Quadro 6 - Matriz de correlação para estabelecimento do grau de risco.

		VULNERABILIDADE				RISCO
		BAIXA	MÉDIA	ALTA	MUITO ALTA	
SUSCETIBILIDADE	BAIXA					BAIXO
	MÉDIA					MÉDIO
	ALTA					ALTO
	MUITO ALTA					MUITO ALTO

Fonte: Do autor (2018).

Com a definição das classes de risco, buscou-se classificar os mapas de suscetibilidade e de vulnerabilidade, também em quatro categorias cada um, para após ser realizado o cruzamento entre ambos. Assim, na Tabela 1, destaca-se o critério usado para definir os graus de suscetibilidade, em quatro categorias, de acordo com Oliveira et al. (to appear). Assim, uma área recebeu um grau muito alto para a suscetibilidade, quando a profundidade da água nos eventos extremos é superior a 3 metros, com alta frequência, considerando tempo de retorno de até 10 anos. A categoria de alta suscetibilidade foi definida quando a água atinge altura de 1 a 3 metros com frequência a cada 10 anos e quando a água atingir mais de 3 metros com frequência de 10 a 30 anos (Tabela 1).

Tabela 1 - Critérios para definição dos graus de suscetibilidade às inundações e enxurradas.

Profundidade das águas (metros)	Frequência (TR em anos)		
	Até 10	De 10 a 30	De 30 a 100
Superior a 3	MUITO ALTA	ALTA	MÉDIA
De 1 a 3	ALTA	MÉDIA	BAIXA
Até 1	MÉDIA	BAIXA	-

Fonte: Oliveira et al. (to appear).

A Tabela 2 mostra a classificação do mapa de vulnerabilidade, onde se optou por utilizar classes de intervalos iguais. Com valores reescalados no intervalo de 0 a 1, a classificação com uso de intervalos iguais ficou: de 0,0 a 0,2 como não

vulnerável; de 0,2 a 0,4 como vulnerabilidade baixa; de 0,4 a 0,6 como vulnerabilidade média; de 0,6 a 0,8 como vulnerabilidade alta; e de 0,8 a 1,0 como vulnerabilidade muito alta.

Tabela 2 - Critérios para definição dos graus de vulnerabilidade às inundações e enxurradas.

Intervalo	Classe
0,0 a 0,2	SEM VULNERABILIDADE
0,2 a 0,4	BAIXA
0,4 a 0,6	MÉDIA
0,6 a 0,8	ALTA
0,8 a 1,0	MUITO ALTA

Fonte: Do autor (2018)

A classificação da vulnerabilidade usada no trabalho baseia-se ao trabalho realizado por Ramos (2017), na classificação final em quatro classes, porém difere do método da classificação. O autor valeu-se da classificação por Otimização de Jenks, conhecido por “quebras naturais”, que tem como premissa básica minimizar as diferenças de valores de uma mesma classe e maximizar a diferenças entre as classes, formando-se classes heterogêneas internamente, assegurando-se a heterogeneidade entre elas.

No trabalho de Goerl et al. (2012), foi utilizado o método do desvio quartílico, onde se divide a série de dados em quatro grupos com igual número de ocorrências, em que cada classe teria 25% dos valores. Segundo Slocul et al. (2009), a classificação por quartis é recomendada apenas para conjuntos de dados com distribuição retangular, que não apresentem valores muito repetitivos.

Analisando-se os dados, optou-se em seguir a classificação final em quatro classes: baixa, média, alta e muito alta, porém com classificação em classes de intervalos iguais. Foi feita essa classificação por se entender que fica mais real de acordo com a vulnerabilidade no local.

Após a classificação dos mapas de suscetibilidade e de vulnerabilidade, foi elaborado o mapa final de risco, por meio do cruzamento dos mapas no programa ArcGis, no sistema de álgebra de mapas, resultando num mapa de classificação de

riscos à inundação e enxurradas com quatro estágios de risco: baixo, médio, alto e muito alto.

Para a realização do terceiro objetivo específico, que consiste em compreender as condicionantes sociais da vulnerabilidade, a partir da percepção da população acerca das inundações e enxurradas, utiliza-se uma abordagem qualitativa, por meio de entrevistas e observações em campo. Essa etapa do estudo visa compreender a percepção dos moradores. Dessa forma, entende-se que a pesquisa qualitativa permite ter uma compreensão mais ampla do fenômeno estudado e da opinião de cada entrevistado, bem como confrontá-la com outros dados coletados em campo.

Foram conduzidas entrevistas semiestruturadas que, segundo Triviños (1987), são caracterizadas por questionamentos básicos para dar apoio em teorias e hipóteses que se relacionam ao tema pesquisado. Dependendo das respostas, essas poderiam dar suporte para novas hipóteses na linha da pesquisa, além de manter o pesquisador consciente e atuante no processo de coleta das informações. “[...] favorece não só a descrição dos fenômenos sociais, mas também sua explicação e a compreensão de sua totalidade [...]” relata Triviños (1987, p. 152).

Segundo Manzini (1990), esse tipo de entrevista caracteriza-se por escolher um tema, baseado em um roteiro onde se prioriza as perguntas principais, juntamente com outras questões que possam contribuir com a qualidade da pesquisa, resultando numa maior liberdade para se obter respostas que não estão no roteiro, mas que podem ser de grande valia para o processo.

Assim, foram realizadas entrevistas com auxílio de um roteiro elaborado com perguntas básicas inseridas no início da pesquisa, bem como questões objetivas e outras abertas, para que os entrevistados pudessem ter maior liberdade, sendo que cada entrevistado assinou um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, de acordo com o Apêndice 1.

O roteiro que auxiliou as entrevistas, evidenciado no Apêndice 2, foi elaborado com 14 perguntas envolvendo perfil social, histórico do morador em relação à sua propriedade e à região, sua percepção de vulnerabilidade e risco em

função de inundações e enxurradas, sua condição de acesso às informações corretas e instantâneas, a relação da sua permanência no local em relação a eventos extremos já ocorridos anteriormente e também uma questão aberta, para os moradores poderem contar sua história e experiências.

A escolha dos entrevistados deu-se pela acessibilidade e se finalizou quando não se obteve mais elementos novos nas respostas, esgotando-se a necessidade de novos entrevistados, procurando-se sempre casos em municípios diferentes e geograficamente afastados, mas em locais que apresentam maior grau de vulnerabilidade, de acordo com os mapas elaborados. Nesse caso não houve a intenção de seguir um critério amostral, mas sim capturar a percepção de entrevistados de diferentes regiões. No total, foram entrevistadas 10 pessoas que se encontravam nas regiões pré-estabelecida nos critério acima, em 5 municípios diferentes, conforme a ordem da pesquisa: Fontoura Xavier, Coqueiro Baixo, Marques de Souza, Forquetinha e Lajeado. Por questões de confidencialidade, os nomes dos entrevistados foram ocultados.

Todos os pesquisados foram abordados nas suas residências, com a aplicação das perguntas em forma de conversa, para que se sentissem mais seguros nas suas respostas, uma vez que a maioria possui baixa escolaridade e dificuldade em expressar diretamente a resposta desejada. Juntamente com a conversa, também foram realizados registros fotográficos, para ajudar a compor as observações de campo.

As observações colhidas durante e após as entrevistas com os moradores, serviram para melhor compreender e complementar as respostas objetivas e sugestões dadas pelos pesquisados, além de situar o pesquisador em relação à fala subjetiva dos entrevistados.

Com as entrevistas realizadas, os dados obtidos foram analisados mediante categorias, com o fim de agrupar as respostas capazes de auxiliar no melhor entendimento da pesquisa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Análise de vulnerabilidade da população

Ao analisar a vulnerabilidade da população, considerou-se o mapa de suscetibilidade demonstrado na Figura 22, onde se destacam as áreas atingidas com uma possível elevação do nível das águas. Na imagem verificam-se que 59 setores censitários, localizados em 11 municípios diferentes, apresentam algum tipo de perigo e exposição às inundações e enxurradas na bacia hidrográfica do Rio Forqueta.

Ao todo, na análise de vulnerabilidade, foram considerados 13 setores em Marques de Souza, dez em Lajeado, sete nos municípios de Forquetinha e Travesseiro, seis em Arroio do Meio, cinco em Coqueiro Baixo, quatro em Pouso Novo, três em Canudos do Vale, dois em Progresso e somente um nos municípios de Estrela e Fontoura Xavier.

Figura 22 - Mapa de suscetibilidade e mancha de inundação sobreposta aos setores censitários.



Fonte: Do autor (2018).

Na dimensão demográfica, estão incluídas quatro variáveis: (1) número de domicílios, (2) densidade de domicílios, (3) número de moradores e (4) densidade populacional. O Quadro 7 apresenta os valores brutos obtidos a partir do Censo Demográfico de 2010 do IBGE, para cada um dos 59 setores analisados.

Analisando-se os dados, pode-se observar que o Município de Lajeado apresenta o maior número de domicílios absolutos, bem como a maior densidade dessas moradias, sendo que o setor com maior número de domicílios possui 281

casas, e o de maior densidade 350 domicílios por km². Considerada toda a área de análise, o setor com menor número de domicílios possui apenas 5 casas e localiza-se no Município de Coqueiro Baixo, na área rural, apresentando também a menor densidade de domicílios (2 residências por km²).

Em relação ao número absoluto de moradores, também se destaca o Município de Lajeado, com um total de 5.879 moradores em setores censitários que apresentam algum grau de suscetibilidade às inundações. Em seguida, observa-se o Município de Marques de Souza com 3.899, Travesseiro com 3.214 e Arroio do Meio com 2.307 moradores nos setores analisados.

O município que tem menos moradores incluídos na mancha de suscetibilidade é o de Estrela, com 138 moradores, seguido de Fontoura Xavier com 528 moradores e Progresso com 700 moradores. A maior densidade populacional fica na cidade de Travesseiro, em dois setores, um com 1.210 habitantes por km² e outro com 1.012 pessoas por km². A menor densidade fica no Município de Coqueiro Baixo, com 0,74 moradores por km², seguido de um setor em Forquetinha, com 1,45 moradores por km², localizados nas áreas rurais do município.

Pode-se afirmar, portanto, que os setores que se destacam em termos demográficos, com a maior quantidade de moradias e habitantes expostos às inundações e enxurradas do rio Forqueta, estão localizadas nas áreas urbanas dos municípios de Lajeado, Marques de Souza, Travesseiro e Arroio do Meio.

Quanto maior a exposição, maior também deverá ser a vulnerabilidade demográfica do local e conseqüentemente o risco para a ocorrência de desastres, uma vez que os danos materiais e a possibilidade de feridos e óbitos aumenta. Além disso, o aspecto demográfico também determina o número de pessoas que eventualmente, precisarão ser retiradas ou desalojadas de suas casas, em caso de um evento extremo hidrológico, tornando mais trabalhosa a ação da Defesa Civil.

Quadro 7 - Valores brutos obtidos nos dados do IBGE, na dimensão demográfica com 4 variáveis.

Dimensão Demográfica						Dimensão Demográfica					
Município	ID	IV01	IV02	IV03	IV04	Município	ID	IV01	IV02	IV03	IV04
ARROIO DO MEIO	1	107	85,54	308	5,41	LAJEADO	31	154	195,04	501	77,97
ARROIO DO MEIO	2	197	18,69	616	20,38	LAJEADO	32	34	30,17	105	17,31
ARROIO DO MEIO	3	179	87,24	465	17,01	LAJEADO	33	31	42,31	82	13,98
ARROIO DO MEIO	4	101	65,66	329	12,64	MARQUES DE SOUZA	34	334	214,06	826	142,62
ARROIO DO MEIO	5	155	9,52	464	18,17	MARQUES DE SOUZA	35	88	7,10	260	60,51
ARROIO DO MEIO	6	40	6,82	125	5,08	MARQUES DE SOUZA	36	105	10,49	323	102,20
CANUDOS DO VALE	7	148	84,33	411	17,02	MARQUES DE SOUZA	37	75	17,45	225	89,48
CANUDOS DO VALE	8	115	5,12	350	15,35	MARQUES DE SOUZA	38	90	7,49	267	108,89
CANUDOS DO VALE	9	128	6,82	382	16,93	MARQUES DE SOUZA	39	115	8,86	310	151,09
COQUEIRO BAIXO	10	70	6,01	207	9,22	MARQUES DE SOUZA	40	43	113,64	131	72,30
COQUEIRO BAIXO	11	30	3,36	92	4,23	MARQUES DE SOUZA	41	64	108,23	200	113,96
COQUEIRO BAIXO	12	5	2,04	16	0,74	MARQUES DE SOUZA	42	55	120,48	129	82,68
COQUEIRO BAIXO	13	76	3,54	219	11,09	MARQUES DE SOUZA	43	127	5,57	403	261,99
COQUEIRO BAIXO	14	18	3,11	57	2,99	MARQUES DE SOUZA	44	94	229,30	259	176,12
ESTRELA	15	44	7,25	138	7,35	MARQUES DE SOUZA	45	82	4,98	237	161,64
FONTOURA XAVIER	16	161	2,83	582	31,34	MARQUES DE SOUZA	46	110	5,92	329	237,72
FORQUETINHA	17	153	60,84	444	26,44	POUSO NOVO	47	89	2,95	260	207,85
FORQUETINHA	18	8	9,23	24	1,46	POUSO NOVO	48	114	4,17	415	358,21
FORQUETINHA	19	155	9,40	419	25,43	POUSO NOVO	49	76	3,37	227	201,42
FORQUETINHA	20	161	12,12	475	29,18	POUSO NOVO	50	116	4,72	330	374,86
FORQUETINHA	21	158	8,30	436	27,98	PROGRESSO	51	127	5,26	393	453,54
FORQUETINHA	22	95	5,66	273	20,55	PROGRESSO	52	90	3,52	307	369,80
FORQUETINHA	23	102	6,55	263	20,25	TRAVESSEIRO	53	155	85,55	472	597,77
LAJEADO	24	147	46,51	399	32,18	TRAVESSEIRO	54	134	5,15	413	563,72
LAJEADO	25	196	30,50	584	48,63	TRAVESSEIRO	55	12	14,45	30	43,47
LAJEADO	26	222	191,62	694	59,62	TRAVESSEIRO	56	84	4,25	242	409,24
LAJEADO	27	281	191,08	936	88,80	TRAVESSEIRO	57	97	10,35	284	622,13
LAJEADO	28	228	164,74	715	71,45	TRAVESSEIRO	58	142	96,85	415	1012,33
LAJEADO	29	251	285,12	792	84,55	TRAVESSEIRO	59	149	6,85	458	1210,45
LAJEADO	30	242	350,66	808	90,50						

Legenda: IV-01: número de domicílios; IV-02: densidade de domicílios; IV-03: número de moradores; IV-04: densidade populacional

Fonte: Do autor (2018).

A dimensão social inclui 7 variáveis: (1) a proporção de domicílios alugados, (2) número de analfabetos, (3) taxa de analfabetos, (4) crianças, (5) idosos, (6) renda média mensal por domicílio e (7) domicílios com renda inferior a 1,5 salário mínimo. O Quadro 8 apresenta os valores brutos obtidos a partir do Censo Demográfico de 2010 do IBGE, para cada um dos 59 setores analisados.

Verificados os dados, nota-se que, em relação a imóveis alugados, o pior índice fica nos setores censitários das áreas urbanas dos municípios de Marques de Souza (25%) e de Lajeado (23%). Nesse quesito, 12 setores em vários municípios, situados na área rural, não apresentaram moradias alugadas.

Com relação à alfabetização e renda, ainda no Quadro 9, o maior número de analfabetos foi de 176 pessoas, e a menor taxa de alfabetização foi de 69%, com menor renda mensal média por domicílio de R\$1.033,00. O maior número de pessoas com renda inferior a um salário mínimo, num total de 186 pesquisados, fica no Município de Fontoura Xavier, seguido por um setor censitário do Município de Pouso Novo. Todos os setores com os piores índices localizam-se nos setores censitários nas áreas rurais dos municípios.

Já os setores com taxa de alfabetização maior ficam nas áreas urbanas e centrais dos municípios, com destaque para um setor do Município de Arroio do Meio, com 99% de pessoas alfabetizadas. Igualmente, os domicílios com maior renda mensal localizam-se nas áreas urbanas das cidades, onde a maior renda mensal média encontra-se em um setor do Município de Pouso Novo, com R\$ 3.408,00 por mês.

Com esses dados, pode-se afirmar que as pessoas com maior vulnerabilidade social moram nas áreas rurais dos municípios, principalmente aqueles localizados na porção superior da bacia hidrográfica, como no Município de Fontoura Xavier.

Outro fator que se pode destacar é a proporção de crianças residindo nessas regiões, sendo que a maior proporção fica no Município de Fontoura Xavier, com 23,5%, seguido por setores censitários dos municípios de Marques de Souza e Lajeado com 20,1 % de crianças em relação ao total. O menor índice de crianças fica no setor censitário no Município de Coqueiro Baixo, com apenas 6,5%. Já a maior proporção de idosos situa-se em um setor censitário do Município de Coqueiro Baixo, com 33,3%, e os menores índices localizam-se em um setor do Município de Lajeado, com 4,1%.

Verifica-se que na dimensão social a vulnerabilidade de cada variável está bem definida e aleatória, de acordo com os dados, confirmando uma realidade fática de que, quanto mais moradores necessitarem de ajuda (crianças e idosos) numa eventual evacuação das residências, mais problemática, tensa e cara torna-se a retirada dos moradores, em relação a um possível evento extremo hidrológico. Ou seja, quanto mais pessoas para retirar, mais efetivo a Defesa Civil precisa para fazer

o deslocamento dessas pessoas, bem como para realizar o devido monitorando dessas regiões.

Quadro 8 - Valores brutos obtidos nos dados do IBGE, na dimensão social com 7 variáveis.

Dimensão Social									Dimensão Social								
Município	ID	IV05	IV06	IV07	IV08	IV09	IV10	IV11	Município	ID	IV05	IV06	IV07	IV08	IV09	IV10	IV11
ARROIO DO MEIO	1	0,13	16	0,95	0,14	0,13	2264,68	37	LAJEADO	31	0,09	46	0,91	0,14	0,09	2102,00	63
ARROIO DO MEIO	2	0,05	44	0,93	0,13	0,13	1997,63	78	LAJEADO	32	0,12	15	0,86	0,18	0,09	1560,00	15
ARROIO DO MEIO	3	0,17	2	1,00	0,14	0,16	1814,76	54	LAJEADO	33	0,10	8	0,90	0,12	0,20	1784,19	10
ARROIO DO MEIO	4	0,07	22	0,93	0,12	0,18	2394,46	34	MARQUES DE SOUZA	34	0,21	66	0,92	0,09	0,22	2282,31	64
ARROIO DO MEIO	5	0,03	25	0,95	0,08	0,21	2059,97	39	MARQUES DE SOUZA	35	0,07	38	0,85	0,13	0,19	2025,28	41
ARROIO DO MEIO	6	0,00	4	0,97	0,09	0,22	2464,33	9	MARQUES DE SOUZA	36	0,06	64	0,80	0,20	0,11	1290,23	88
CANUDOS DO VALE	7	0,11	59	0,86	0,11	0,18	2041,32	50	MARQUES DE SOUZA	37	0,11	32	0,86	0,12	0,16	2016,76	40
CANUDOS DO VALE	8	0,02	61	0,83	0,08	0,17	2491,38	47	MARQUES DE SOUZA	38	0,04	15	0,94	0,09	0,27	2507,51	36
CANUDOS DO VALE	9	0,02	54	0,86	0,13	0,18	2462,39	57	MARQUES DE SOUZA	39	0,04	32	0,90	0,08	0,19	2219,32	36
COQUEIRO BAIXO	10	0,01	13	0,94	0,09	0,22	1561,81	25	MARQUES DE SOUZA	40	0,26	15	0,89	0,14	0,12	2835,12	14
COQUEIRO BAIXO	11	0,00	7	0,92	0,07	0,23	2580,13	7	MARQUES DE SOUZA	41	0,14	31	0,85	0,16	0,14	2029,09	26
COQUEIRO BAIXO	12	0,00	3	0,81	0,13	0,25	1212,00	3	MARQUES DE SOUZA	42	0,09	12	0,91	0,07	0,27	2505,36	10
COQUEIRO BAIXO	13	0,00	37	0,83	0,14	0,25	1615,58	43	MARQUES DE SOUZA	43	0,00	48	0,88	0,14	0,17	1639,33	77
COQUEIRO BAIXO	14	0,00	7	0,88	0,09	0,33	1555,56	11	MARQUES DE SOUZA	44	0,06	30	0,88	0,11	0,21	1645,35	34
ESTRELA	15	0,09	6	0,96	0,09	0,20	1795,34	10	MARQUES DE SOUZA	45	0,06	27	0,89	0,10	0,20	2206,04	37
FONTOURA XAVIER	16	0,02	176	0,70	0,24	0,10	1033,24	186	MARQUES DE SOUZA	46	0,01	26	0,92	0,11	0,25	2173,85	48
FORQUETINHA	17	0,13	34	0,92	0,10	0,14	2263,59	40	POUSO NOVO	47	0,03	35	0,87	0,13	0,20	2339,51	41
FORQUETINHA	18	0,00	1	0,96	0,17	0,25	1935,00	2	POUSO NOVO	48	0,00	55	0,87	0,13	0,14	1377,32	66
FORQUETINHA	19	0,06	34	0,92	0,07	0,27	2035,86	40	POUSO NOVO	49	0,00	51	0,78	0,13	0,17	2075,49	55
FORQUETINHA	20	0,06	62	0,87	0,11	0,18	2137,90	86	POUSO NOVO	50	0,00	16	0,95	0,09	0,24	3408,82	53
FORQUETINHA	21	0,02	51	0,88	0,11	0,17	1933,58	67	PROGRESSO	51	0,02	64	0,84	0,13	0,13	1432,20	103
FORQUETINHA	22	0,04	24	0,91	0,10	0,21	2013,71	36	PROGRESSO	52	0,00	50	0,84	0,17	0,09	1394,38	66
FORQUETINHA	23	0,03	24	0,91	0,08	0,27	1079,60	50	TRAVESSEIRO	53	0,06	41	0,91	0,12	0,18	2101,92	61
LAJEADO	24	0,12	30	0,92	0,13	0,15	1606,18	49	TRAVESSEIRO	54	0,01	40	0,90	0,09	0,20	2474,68	52
LAJEADO	25	0,12	68	0,88	0,12	0,12	1781,43	71	TRAVESSEIRO	55	0,00	3	0,90	0,10	0,27	2436,67	2
LAJEADO	26	0,23	73	0,89	0,19	0,05	1603,18	115	TRAVESSEIRO	56	0,02	10	0,96	0,08	0,27	2149,25	21
LAJEADO	27	0,07	153	0,84	0,20	0,04	1564,65	160	TRAVESSEIRO	57	0,01	19	0,93	0,10	0,24	1771,87	53
LAJEADO	28	0,18	89	0,88	0,19	0,07	1983,47	122	TRAVESSEIRO	58	0,08	30	0,93	0,12	0,22	2512,66	55
LAJEADO	29	0,12	90	0,89	0,16	0,05	2131,17	116	TRAVESSEIRO	59	0,02	55	0,88	0,14	0,19	2168,96	83
LAJEADO	30	0,15	111	0,86	0,20	0,05	1510,67	143									

Legenda: IV-05: proporção de domicílios alugados; IV-06: número de analfabetos; IV-07: Taxa de alfabetização; IV-08: Proporção de Crianças; IV-09: proporção de idosos; IV-10: renda média por domicílio; IV-11: proporção de pessoas com renda inferior a 1SM

Fonte: Do autor (2018).

Já a dimensão de saneamento e infraestrutura possui 5 variáveis: proporção de domicílios com: (1) recolhimento de lixo, (2) tratamento de esgoto, (3) energia elétrica, (4) abastecimento de água e (5) com paredes externas de alvenaria. O Quadro 9 apresenta os valores brutos obtidos a partir do Censo Demográfico de 2010 do IBGE, para cada um dos 59 setores analisados.

Nos setores censitários localizados nas áreas urbanas, e quanto mais perto do centro dos municípios, quase que na sua totalidade possuem os domicílios atendidos com recolhimento de lixo, tratamento de esgoto e abastecimento de energia elétrica e água, enquanto que nas áreas rurais a proporção de casas atendidas com esses benefícios reduz muito. Os piores setores em relação à

infraestrutura e saneamento ficam nos municípios de Coqueiro Baixo e Canudos do Vale, como se verifica na Figura 23, inclusive ainda com latrinas, sem água e sem tratamento de esgoto.

Em relação ao padrão construtivo, também se verifica que nos setores rurais a proporção de moradias com paredes externas de alvenaria é baixa, sendo que no Município de Coqueiro Baixo fica em 33,5% (Figura 23), e o melhor índice nessa variável fica no Município de Lajeado, nas áreas centrais, onde se verifica que as casas já são construídas em alvenaria e muitas vezes sobre pilotis (Figura 24).

Quadro 9 - Valores brutos obtidos nos dados do IBGE, na dimensão de saneamento e infraestrutura com 5 variáveis.

Dimensão de Saneamento e Infraestrutura							Dimensão de Saneamento e Infraestrutura						
Município	ID	IV12	IV13	IV14	IV15	IV16	Município	ID	IV12	IV13	IV14	IV15	IV16
ARROIO DO MEIO	1	0,98	0,98	1,00	0,99	0,85	LAJEADO	31	0,99	0,95	0,97	0,97	0,88
ARROIO DO MEIO	2	0,95	0,16	0,99	1,00	0,85	LAJEADO	32	0,97	0,91	1,00	0,03	0,88
ARROIO DO MEIO	3	0,84	0,35	0,79	0,79	0,85	LAJEADO	33	1,00	1,00	1,00	0,68	0,88
ARROIO DO MEIO	4	0,99	1,00	1,00	0,98	0,85	MARQUES DE SOUZA	34	1,00	0,74	0,90	0,89	0,62
ARROIO DO MEIO	5	0,97	0,06	1,00	0,99	0,85	MARQUES DE SOUZA	35	0,40	0,52	1,00	0,97	0,62
ARROIO DO MEIO	6	0,95	0,08	1,00	1,00	0,85	MARQUES DE SOUZA	36	0,58	0,19	0,97	0,89	0,62
CANUDOS DO VALE	7	0,98	0,43	0,96	0,95	0,48	MARQUES DE SOUZA	37	0,95	0,17	0,97	0,84	0,62
CANUDOS DO VALE	8	0,75	0,90	0,97	0,97	0,48	MARQUES DE SOUZA	38	0,83	0,59	0,99	0,90	0,62
CANUDOS DO VALE	9	0,83	0,00	1,00	0,98	0,48	MARQUES DE SOUZA	39	0,85	0,28	1,00	0,97	0,62
COQUEIRO BAIXO	10	0,47	0,00	1,00	0,99	0,34	MARQUES DE SOUZA	40	1,00	0,60	1,00	0,93	0,62
COQUEIRO BAIXO	11	0,33	0,00	1,00	1,00	0,34	MARQUES DE SOUZA	41	1,00	0,61	1,00	1,00	0,62
COQUEIRO BAIXO	12	0,00	0,00	1,00	1,00	0,34	MARQUES DE SOUZA	42	0,95	0,69	1,00	0,98	0,62
COQUEIRO BAIXO	13	0,00	0,03	0,99	0,93	0,34	MARQUES DE SOUZA	43	0,76	0,27	1,00	0,99	0,62
COQUEIRO BAIXO	14	0,17	0,00	1,00	0,94	0,34	MARQUES DE SOUZA	44	0,99	0,97	1,00	1,00	0,62
ESTRELA	15	1,00	0,98	1,00	1,00	0,84	MARQUES DE SOUZA	45	0,52	0,26	1,00	0,94	0,62
FONTOURA XAVIER	16	0,02	0,00	0,96	0,76	0,40	MARQUES DE SOUZA	46	0,46	0,03	0,99	0,98	0,62
FORQUETINHA	17	0,99	0,97	0,99	0,99	0,65	POUSO NOVO	47	0,39	0,20	0,96	0,84	0,46
FORQUETINHA	18	1,00	1,00	1,00	1,00	0,65	POUSO NOVO	48	0,11	0,08	0,98	0,96	0,46
FORQUETINHA	19	0,82	0,28	0,99	0,98	0,65	POUSO NOVO	49	0,18	0,01	0,99	0,86	0,46
FORQUETINHA	20	0,55	0,11	0,99	0,94	0,65	POUSO NOVO	50	0,41	0,29	0,89	0,74	0,46
FORQUETINHA	21	0,48	0,30	0,99	0,94	0,65	PROGRESSO	51	0,01	0,35	0,98	0,80	0,50
FORQUETINHA	22	0,55	0,16	1,00	0,99	0,65	PROGRESSO	52	0,06	0,00	1,00	1,00	0,50
FORQUETINHA	23	0,44	0,51	0,98	0,99	0,65	TRAVESSEIRO	53	0,99	0,01	1,00	1,00	0,67
LAJEADO	24	0,86	0,78	0,85	0,84	0,88	TRAVESSEIRO	54	0,84	0,07	0,98	1,00	0,67
LAJEADO	25	0,98	0,94	1,00	0,90	0,88	TRAVESSEIRO	55	0,92	0,00	1,00	1,00	0,67
LAJEADO	26	1,00	0,97	0,99	0,09	0,88	TRAVESSEIRO	56	0,94	0,18	1,00	0,95	0,67
LAJEADO	27	1,00	0,52	1,00	0,02	0,88	TRAVESSEIRO	57	0,87	0,06	1,00	0,98	0,67
LAJEADO	28	1,00	0,71	1,00	0,97	0,88	TRAVESSEIRO	58	0,99	0,10	0,99	0,99	0,67
LAJEADO	29	1,00	0,96	0,99	0,99	0,88	TRAVESSEIRO	59	0,89	0,07	1,00	0,95	0,67
LAJEADO	30	1,00	0,32	0,98	0,02	0,88							

Legenda: proporção de domicílios com: IV-12: recolhimento de lixo; IV-13: tratamento de esgoto; IV-14: energia elétrica; IV-15: águas; IV-16: paredes externas de alvenaria.

Fonte: Do autor (2018).

Figura 23 - Casa com infraestrutura simples em madeira, localizada na zona rural.



Fonte: Do autor (2018).

Quanto menos saneamento e infraestrutura um lugar possui, mais vulnerável ficará em relação às enchurradas e inundações. Ao ser atingido por um evento extremo hidrológico, uma residência com características construtivas mais fortes tem menos chances de ser destruída do que outra cujas características construtivas são, por exemplo, de madeira. Porém, quanto mais completo e eficiente for o saneamento e a infraestrutura, menos probabilidade de destruição das residências existe, e conseqüentemente menos probabilidade de haver feridos ou mortos.

Figura 24. Casa construída com alvenaria e sobre pilotis.



Fonte: Do autor (2018).

Com os valores brutos obtidos do banco de dados do IBGE (2010), e já organizados nos respectivos 59 setores censitários, divididos em três dimensões, com um total de 16 variáveis, foi feito o reescalonamento dos valores em cada variável de cada setor. O valor reescalonado ficou entre 0 (baixa vulnerabilidade) e 1 (alta vulnerabilidade), como se vê no Quadro 10, na dimensão demográfica com 4 variáveis; no Quadro 11, com a dimensão social com 7 variáveis; e no Quadro 12, com a dimensão de saneamento e infraestrutura com 5 variáveis.

Quadro 10 - Quadro com os valores reescalados entre 0 (baixa vulnerabilidade) e 1 (alta vulnerabilidade), da dimensão demográfica com 4 variáveis.

Dimensão Demográfica						Dimensão Demográfica					
Município	ID	IV01	IV02	IV03	IV04	Município	ID	IV01	IV02	IV03	IV04
ARROIO DO MEIO	1	0,31	0,24	0,32	0,21	LAJEADO	31	0,45	0,55	0,53	0,54
ARROIO DO MEIO	2	0,58	0,05	0,65	0,04	LAJEADO	32	0,09	0,08	0,10	0,07
ARROIO DO MEIO	3	0,53	0,24	0,49	0,19	LAJEADO	33	0,08	0,12	0,07	0,09
ARROIO DO MEIO	4	0,29	0,18	0,34	0,18	MARQUES DE SOUZA	34	1,00	0,61	0,88	0,45
ARROIO DO MEIO	5	0,46	0,02	0,49	0,02	MARQUES DE SOUZA	35	0,25	0,01	0,27	0,01
ARROIO DO MEIO	6	0,11	0,01	0,12	0,01	MARQUES DE SOUZA	36	0,30	0,02	0,33	0,02
CANUDOS DO VALE	7	0,43	0,24	0,43	0,20	MARQUES DE SOUZA	37	0,21	0,04	0,23	0,04
CANUDOS DO VALE	8	0,33	0,01	0,36	0,01	MARQUES DE SOUZA	38	0,26	0,02	0,27	0,01
CANUDOS DO VALE	9	0,37	0,01	0,40	0,01	MARQUES DE SOUZA	39	0,33	0,02	0,32	0,01
COQUEIRO BAIXO	10	0,20	0,01	0,21	0,01	MARQUES DE SOUZA	40	0,12	0,32	0,13	0,29
COQUEIRO BAIXO	11	0,08	0,00	0,08	0,00	MARQUES DE SOUZA	41	0,18	0,30	0,20	0,28
COQUEIRO BAIXO	12	0,00	0,00	0,00	0,00	MARQUES DE SOUZA	42	0,15	0,34	0,12	0,24
COQUEIRO BAIXO	13	0,22	0,00	0,22	0,00	MARQUES DE SOUZA	43	0,37	0,01	0,42	0,01
COQUEIRO BAIXO	14	0,04	0,00	0,04	0,00	MARQUES DE SOUZA	44	0,27	0,65	0,26	0,54
ESTRELA	15	0,12	0,01	0,13	0,01	MARQUES DE SOUZA	45	0,23	0,01	0,24	0,01
FONTOURA XAVIER	16	0,47	0,00	0,62	0,00	MARQUES DE SOUZA	46	0,32	0,01	0,34	0,01
FORQUETINHA	17	0,45	0,17	0,47	0,15	POUSO NOVO	47	0,26	0,00	0,27	0,00
FORQUETINHA	18	0,01	0,02	0,01	0,02	POUSO NOVO	48	0,33	0,01	0,43	0,01
FORQUETINHA	19	0,46	0,02	0,44	0,02	POUSO NOVO	49	0,22	0,00	0,23	0,00
FORQUETINHA	20	0,47	0,03	0,50	0,03	POUSO NOVO	50	0,34	0,01	0,34	0,01
FORQUETINHA	21	0,47	0,02	0,46	0,01	PROGRESSO	51	0,37	0,01	0,41	0,01
FORQUETINHA	22	0,27	0,01	0,28	0,01	PROGRESSO	52	0,26	0,00	0,32	0,00
FORQUETINHA	23	0,29	0,01	0,27	0,01	TRAVESSEIRO	53	0,46	0,24	0,50	0,22
LAJEADO	24	0,43	0,13	0,42	0,10	TRAVESSEIRO	54	0,39	0,01	0,43	0,01
LAJEADO	25	0,58	0,08	0,62	0,07	TRAVESSEIRO	55	0,02	0,04	0,02	0,03
LAJEADO	26	0,66	0,54	0,74	0,51	TRAVESSEIRO	56	0,24	0,01	0,25	0,00
LAJEADO	27	0,84	0,54	1,00	0,54	TRAVESSEIRO	57	0,28	0,02	0,29	0,02
LAJEADO	28	0,68	0,47	0,76	0,44	TRAVESSEIRO	58	0,42	0,27	0,43	0,24
LAJEADO	29	0,75	0,81	0,84	0,77	TRAVESSEIRO	59	0,44	0,01	0,48	0,01
LAJEADO	30	0,72	1,00	0,86	1,00						

Legenda: IV-01: número de domicílios; IV-02: densidade de domicílios; IV-03: número de moradores; IV-04: densidade populacional

Fonte: Do autor (2018).

Quadro 11 - Quadro com os valores reescalados entre 0 (baixa vulnerabilidade) e 1 (alta vulnerabilidade) da dimensão social com 7 variáveis.

Dimensão Social								Dimensão Social									
Município	ID	IV05	IV06	IV07	IV08	IV09	IV10	IV11	Município	ID	IV05	IV06	IV07	IV08	IV09	IV10	IV11
ARROIO DO MEIO	1	0,51	0,91	0,84	0,46	0,30	0,48	0,22	LAJEADO	31	0,36	0,74	0,71	0,46	0,16	0,55	0,24
ARROIO DO MEIO	2	0,20	0,75	0,77	0,36	0,32	0,59	0,24	LAJEADO	32	0,46	0,92	0,54	0,68	0,15	0,78	0,31
ARROIO DO MEIO	3	0,66	0,99	1,00	0,41	0,41	0,67	0,17	LAJEADO	33	0,38	0,96	0,69	0,33	0,53	0,68	0,22
ARROIO DO MEIO	4	0,27	0,88	0,79	0,30	0,47	0,43	0,15	MARQUES DE SOUZA	34	0,81	0,63	0,75	0,12	0,61	0,47	0,04
ARROIO DO MEIO	5	0,13	0,86	0,83	0,07	0,58	0,57	0,07	MARQUES DE SOUZA	35	0,27	0,79	0,52	0,41	0,52	0,58	0,37
ARROIO DO MEIO	6	0,00	0,98	0,91	0,13	0,63	0,40	0,02	MARQUES DE SOUZA	36	0,22	0,64	0,35	0,82	0,25	0,89	0,82
CANUDOS DO VALE	7	0,45	0,67	0,53	0,29	0,49	0,58	0,22	MARQUES DE SOUZA	37	0,42	0,82	0,54	0,35	0,42	0,59	0,45
CANUDOS DO VALE	8	0,07	0,66	0,43	0,10	0,46	0,39	0,27	MARQUES DE SOUZA	38	0,17	0,92	0,83	0,14	0,80	0,38	0,27
CANUDOS DO VALE	9	0,09	0,70	0,54	0,40	0,49	0,40	0,33	MARQUES DE SOUZA	39	0,17	0,82	0,67	0,11	0,52	0,50	0,20
COQUEIRO BAIXO	10	0,06	0,93	0,80	0,16	0,60	0,78	0,22	MARQUES DE SOUZA	40	1,00	0,92	0,63	0,42	0,28	0,24	0,16
COQUEIRO BAIXO	11	0,00	0,97	0,76	0,00	0,64	0,35	0,04	MARQUES DE SOUZA	41	0,55	0,83	0,49	0,56	0,32	0,58	0,26
COQUEIRO BAIXO	12	0,00	0,99	0,39	0,35	0,72	0,92	0,49	MARQUES DE SOUZA	42	0,36	0,94	0,70	0,03	0,79	0,38	0,04
COQUEIRO BAIXO	13	0,00	0,79	0,45	0,42	0,70	0,75	0,52	MARQUES DE SOUZA	43	0,00	0,73	0,61	0,43	0,44	0,74	0,50
COQUEIRO BAIXO	14	0,00	0,97	0,60	0,13	1,00	0,78	0,51	MARQUES DE SOUZA	44	0,25	0,83	0,63	0,25	0,59	0,74	0,26
ESTRELA	15	0,36	0,97	0,87	0,17	0,55	0,68	0,02	MARQUES DE SOUZA	45	0,24	0,85	0,63	0,21	0,54	0,51	0,36
FONTOURA XAVIER	16	0,07	0,00	0,00	1,00	0,21	1,00	1,00	MARQUES DE SOUZA	46	0,04	0,86	0,75	0,24	0,72	0,52	0,32
FORQUETINHA	17	0,51	0,81	0,76	0,23	0,34	0,48	0,09	POUSO NOVO	47	0,13	0,81	0,56	0,36	0,54	0,45	0,35
FORQUETINHA	18	0,00	1,00	0,87	0,60	0,72	0,62	0,07	POUSO NOVO	48	0,00	0,69	0,57	0,40	0,34	0,86	0,37
FORQUETINHA	19	0,23	0,81	0,74	0,02	0,79	0,58	0,12	POUSO NOVO	49	0,00	0,71	0,26	0,37	0,43	0,56	0,71
FORQUETINHA	20	0,24	0,65	0,58	0,25	0,48	0,53	0,46	POUSO NOVO	50	0,00	0,91	0,85	0,17	0,68	0,00	0,37
FORQUETINHA	21	0,07	0,71	0,62	0,28	0,43	0,62	0,35	PROGRESSO	51	0,09	0,64	0,47	0,38	0,31	0,83	0,79
FORQUETINHA	22	0,16	0,87	0,72	0,22	0,56	0,59	0,26	PROGRESSO	52	0,00	0,72	0,47	0,63	0,17	0,85	0,60
FORQUETINHA	23	0,11	0,87	0,71	0,06	0,80	0,98	0,50	TRAVESSEIRO	53	0,23	0,77	0,72	0,31	0,48	0,55	0,25
LAJEADO	24	0,45	0,83	0,76	0,35	0,36	0,76	0,20	TRAVESSEIRO	54	0,03	0,78	0,69	0,16	0,55	0,39	0,24
LAJEADO	25	0,48	0,62	0,62	0,34	0,27	0,69	0,22	TRAVESSEIRO	55	0,00	0,99	0,68	0,20	0,77	0,41	0,00
LAJEADO	26	0,92	0,59	0,66	0,73	0,04	0,76	0,40	TRAVESSEIRO	56	0,09	0,95	0,88	0,08	0,78	0,53	0,08
LAJEADO	27	0,28	0,13	0,47	0,79	0,00	0,78	0,42	TRAVESSEIRO	57	0,04	0,90	0,79	0,20	0,68	0,69	0,48
LAJEADO	28	0,72	0,50	0,60	0,73	0,10	0,60	0,42	TRAVESSEIRO	58	0,33	0,83	0,77	0,32	0,60	0,38	0,27
LAJEADO	29	0,47	0,49	0,63	0,56	0,03	0,54	0,32	TRAVESSEIRO	59	0,08	0,69	0,61	0,43	0,51	0,52	0,46
LAJEADO	30	0,60	0,37	0,55	0,80	0,03	0,80	0,45									

Legenda: IV-05: proporção de domicílios alugados; IV-06: número de analfabetos; IV-07: Taxa de alfabetização; IV-08: Proporção de Crianças; IV-09: proporção de idosos; IV-10: renda média por domicílio; IV-11: proporção de pessoas com renda inferior a 1SM

Fonte: Do autor (2018).

Quadro 12 - Quadro com os valores reescalados entre 0 (baixa vulnerabilidade) e 1 (alta vulnerabilidade), da dimensão saneamento e infraestrutura, com 5 variáveis.

Dimensão de Saneamento e Infraestrutura							Dimensão de Saneamento e Infraestrutura						
Município	ID	IV12	IV13	IV14	IV15	IV16	Município	ID	IV12	IV13	IV14	IV15	IV16
ARROIO DO MEIO	1	0,02	0,02	0,00	0,01	0,06	LAJEADO	31	0,01	0,05	0,12	0,03	0,00
ARROIO DO MEIO	2	0,05	0,84	0,02	0,00	0,06	LAJEADO	32	0,03	0,09	0,00	0,99	0,00
ARROIO DO MEIO	3	0,16	0,65	1,00	0,22	0,06	LAJEADO	33	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00
ARROIO DO MEIO	4	0,01	0,00	0,00	0,02	0,06	MARQUES DE SOUZA	34	0,00	0,26	0,48	0,12	0,48
ARROIO DO MEIO	5	0,03	0,94	0,00	0,01	0,06	MARQUES DE SOUZA	35	0,60	0,48	0,00	0,03	0,48
ARROIO DO MEIO	6	0,05	0,93	0,00	0,00	0,06	MARQUES DE SOUZA	36	0,42	0,81	0,13	0,12	0,48
CANUDOS DO VALE	7	0,02	0,57	0,19	0,05	0,73	MARQUES DE SOUZA	37	0,05	0,83	0,13	0,16	0,48
CANUDOS DO VALE	8	0,25	0,10	0,12	0,04	0,73	MARQUES DE SOUZA	38	0,17	0,41	0,05	0,10	0,48
CANUDOS DO VALE	9	0,17	1,00	0,00	0,02	0,73	MARQUES DE SOUZA	39	0,15	0,72	0,00	0,04	0,48
COQUEIRO BAIXO	10	0,53	1,00	0,00	0,01	1,00	MARQUES DE SOUZA	40	0,00	0,40	0,00	0,07	0,48
COQUEIRO BAIXO	11	0,67	1,00	0,00	0,00	1,00	MARQUES DE SOUZA	41	0,00	0,39	0,00	0,00	0,48
COQUEIRO BAIXO	12	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	MARQUES DE SOUZA	42	0,05	0,31	0,00	0,02	0,48
COQUEIRO BAIXO	13	1,00	0,97	0,06	0,07	1,00	MARQUES DE SOUZA	43	0,24	0,73	0,00	0,01	0,48
COQUEIRO BAIXO	14	0,83	1,00	0,00	0,06	1,00	MARQUES DE SOUZA	44	0,01	0,03	0,00	0,00	0,48
ESTRELA	15	0,00	0,02	0,00	0,00	0,07	MARQUES DE SOUZA	45	0,48	0,74	0,00	0,06	0,48
FONTOURA XAVIER	16	0,98	1,00	0,20	0,24	0,89	MARQUES DE SOUZA	46	0,54	0,97	0,04	0,02	0,48
FORQUETINHA	17	0,01	0,03	0,03	0,01	0,41	POUSO NOVO	47	0,61	0,80	0,21	0,16	0,77
FORQUETINHA	18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	POUSO NOVO	48	0,89	0,92	0,08	0,04	0,77
FORQUETINHA	19	0,18	0,72	0,03	0,02	0,41	POUSO NOVO	49	0,82	0,99	0,06	0,15	0,77
FORQUETINHA	20	0,45	0,89	0,03	0,06	0,41	POUSO NOVO	50	0,59	0,71	0,53	0,26	0,77
FORQUETINHA	21	0,52	0,70	0,03	0,06	0,41	PROGRESSO	51	0,99	0,65	0,11	0,20	0,69
FORQUETINHA	22	0,45	0,84	0,00	0,01	0,41	PROGRESSO	52	0,94	1,00	0,00	0,00	0,69
FORQUETINHA	23	0,56	0,49	0,09	0,01	0,41	TRAVESSEIRO	53	0,01	0,99	0,00	0,00	0,38
LAJEADO	24	0,14	0,22	0,70	0,16	0,00	TRAVESSEIRO	54	0,16	0,93	0,11	0,00	0,38
LAJEADO	25	0,02	0,06	0,00	0,10	0,00	TRAVESSEIRO	55	0,08	1,00	0,00	0,00	0,38
LAJEADO	26	0,00	0,03	0,04	0,92	0,00	TRAVESSEIRO	56	0,06	0,82	0,00	0,05	0,38
LAJEADO	27	0,00	0,48	0,00	1,00	0,00	TRAVESSEIRO	57	0,13	0,94	0,00	0,02	0,38
LAJEADO	28	0,00	0,29	0,00	0,03	0,00	TRAVESSEIRO	58	0,01	0,90	0,07	0,01	0,38
LAJEADO	29	0,00	0,04	0,04	0,01	0,00	TRAVESSEIRO	59	0,11	0,93	0,00	0,05	0,38
LAJEADO	30	0,00	0,68	0,08	1,00	0,00							

Legenda: proporção de domicílios com: IV-12: recolhimento de lixo; IV-13: tratamento de esgoto; IV-14: energia elétrica; IV-15: águas; IV-16: paredes externas de alvenaria.

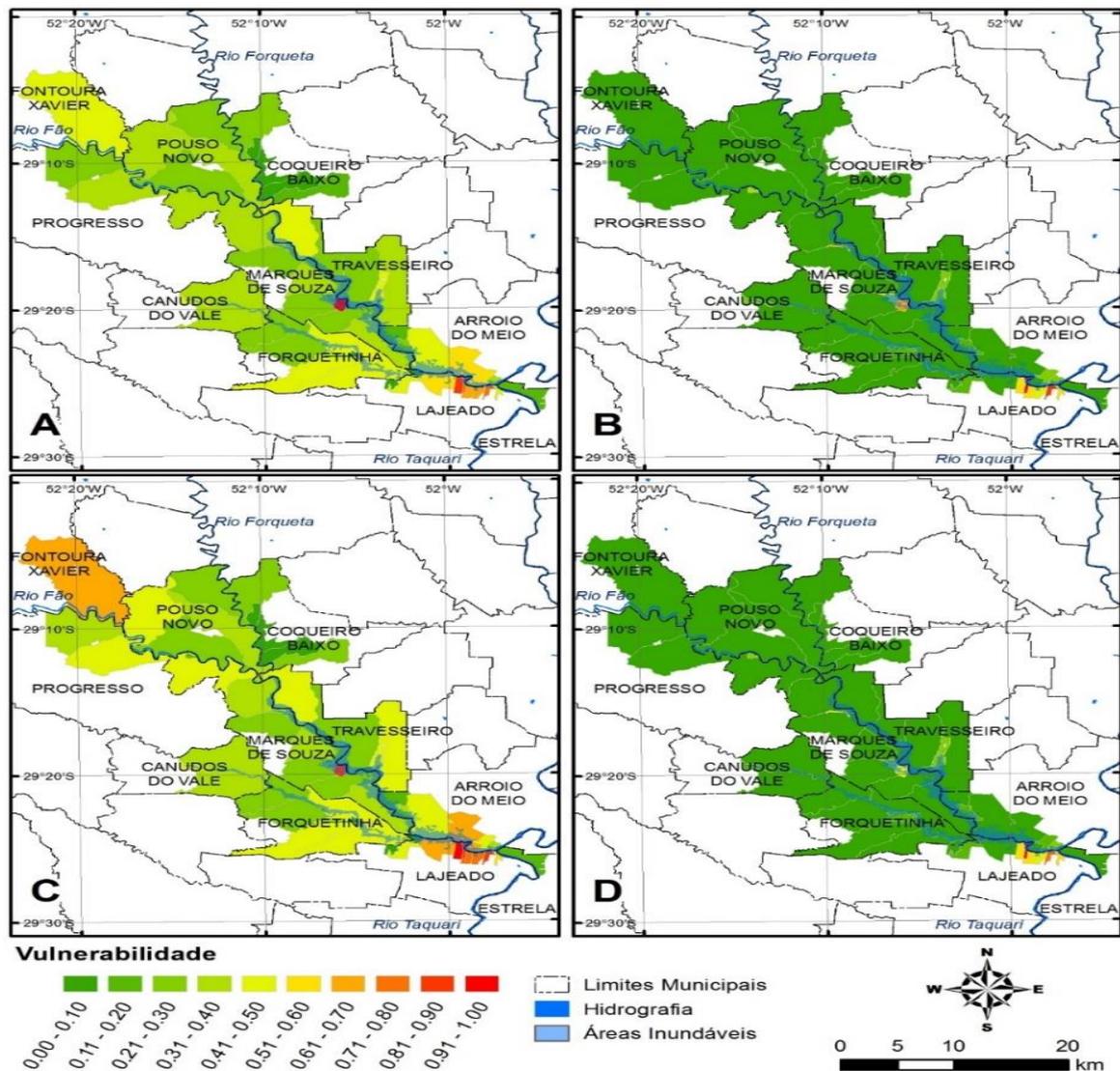
Fonte: Do autor (2018).

Com os valores reescalados, foram feitos os mapas de vulnerabilidade nas 16 variáveis, cujo indicador diferencia-se pela cor, como menos vulnerável (0) na cor verde, e mais vulnerável (1) na cor vermelha.

Na Figura 25, são apresentados os mapas da dimensão demográfica, com 4 variáveis, em que o Mapa A representa o índice de vulnerabilidade em função do número de domicílios; o Mapa B apresenta o índice em função da densidade domiciliar; o Mapa C representa o indicador relativo ao número de moradores; e o Mapa D, em função da densidade populacional.

Pode-se verificar que no Mapa A aparecem duas manchas com vulnerabilidade alta, que se localizam na parte central dos municípios de Lajeado e Marques de Souza; vulnerabilidade média ocorre em alguns setores de Arroio do Meio e Lajeado; mas somente alguns setores com vulnerabilidade alta na variável da densidade de moradia, no Município de Lajeado (Mapa B). Todos os demais locais apresentam baixa vulnerabilidade na variável da densidade de moradias.

Figura 25 - Índice de vulnerabilidade em relação à demografia na bacia hidrográfica do Rio Forqueta - RS, com a seguinte segmentação: Mapa A, número de domicílios; Mapa B, densidade de domicílios; Mapa C, número de moradores; e Mapa D, densidade populacional.



Fonte: Do autor (2018).

Nas variáveis de números de moradores (Mapa C) e densidade populacional (Mapa D), ocorre praticamente a mesma situação em relação às moradias: alta e média vulnerabilidade em números de moradores em Lajeado, Marques de Souza e Arroio do Meio, e no restante da bacia predomina a baixa vulnerabilidade em relação à demografia.

Na dimensão demográfica, a maior vulnerabilidade localiza-se nos setores das áreas urbanas e mais centrais, pelo fato de concentrar mais moradias e moradores do que nas regiões mais interioranas. Nota-se que em Lajeado, Marques de Souza e Arroio do Meio existe um centro mais habitado do que no restante dos setores não tão urbanizados, sendo que ainda existem muitas áreas rurais.

Nas Figuras 26 e parte da Figura 27 é apresentada a vulnerabilidade das 7 variáveis da dimensão social, sendo que na Figura 21 o Mapa A apresenta o índice de vulnerabilidade (IV) em relação à proporção de domicílios alugados; o Mapa B, em função do número de analfabetos; o Mapa C, em função da taxa de alfabetização; e o Mapa D apresenta o dado em função da proporção de crianças. Já na Figura 27, o Mapa A apresenta o índice (IV) em função da proporção de idosos; o Mapa B, em função da renda média mensal por domicílio; e o Mapa C, em função da proporção de pessoas com renda inferior a 1 salário mínimo.

Nota-se que, em geral, a vulnerabilidade já aumenta muito em relação à dimensão demográfica. Assim como em relação à demografia, a proporção de casas alugadas é maior em centros urbanos localizados em Lajeado, Arroio do Meio e Marques de Souza, o que pode ser facilmente observado pelos maiores valores de (IV) no Mapa A (Figura 26).

Nas variáveis onde foi observado número de analfabetos e a taxa de alfabetização, nota-se índices com a maior vulnerabilidade. Em contraponto ao índice geral do setores estudados, nessas duas variáveis, o Município de Fontoura Xavier ficou com vulnerabilidade perto do zero, juntamente com um setor censitário de Lajeado, o que é bem notado visualmente nos mapas B e C da Figura 26.

Observa-se que essa diferença discrepante do índice de vulnerabilidade acontece nessas duas variáveis devido ao fato de que, diferentemente da maioria do

setores, no Município de Fontoura Xavier o indicador foi mensurado de acordo com dados do IBGE, ou seja, um setor com nenhum analfabeto e com taxa de alfabetização de 100%. Essa diferença muito grande aumenta o índice geral da vulnerabilidade de todo o mapa, porém é possível que se trate de um erro de tabela do IBGE, já que as respostas das entrevistas são autodeclaratórias.

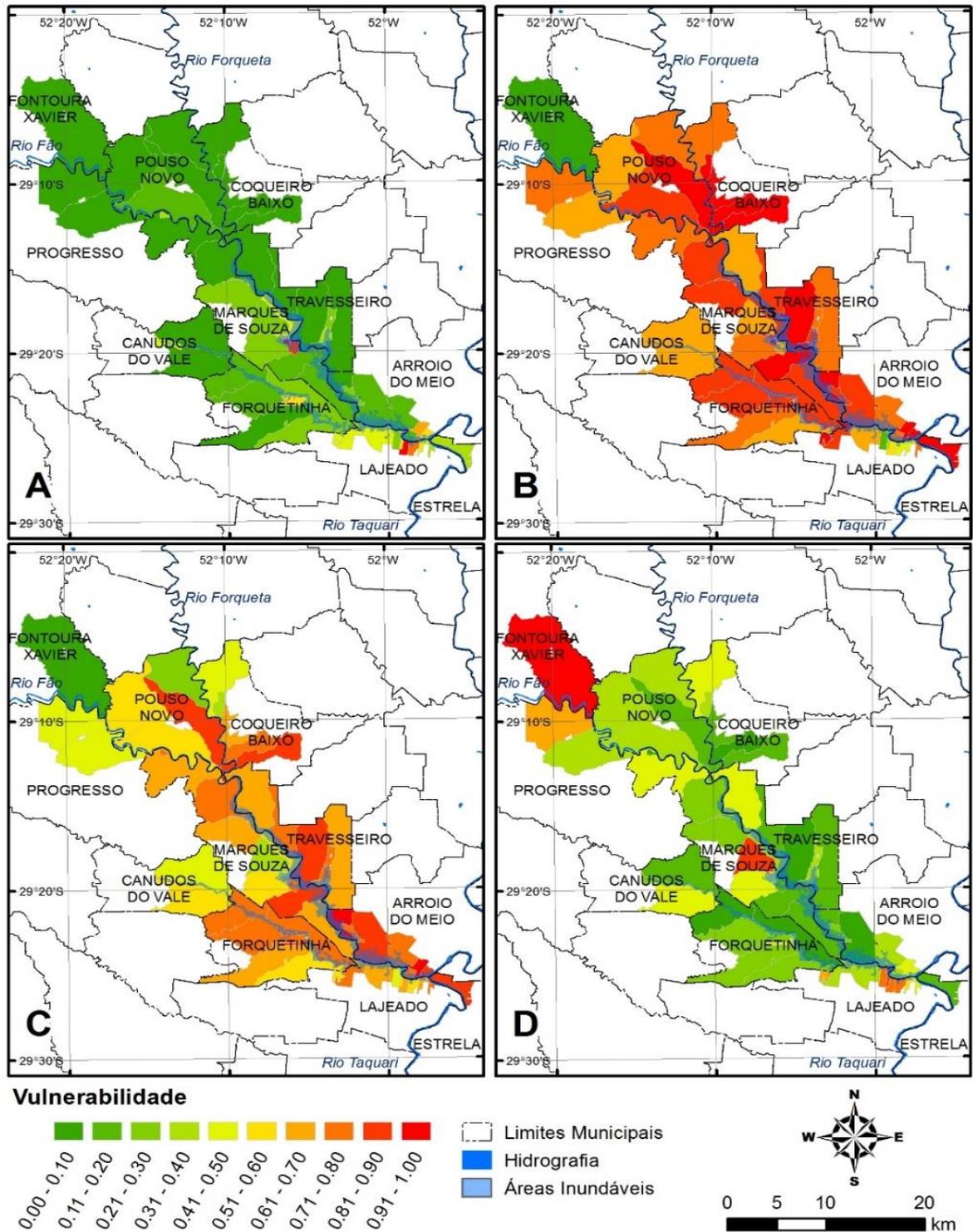
Em relação à vulnerabilidade nas variáveis de proporção de crianças (Mapa D da Figura 26) e idosos (Mapa A da Figura 28), pode-se afirmar que existem mais setores com vulnerabilidade alta em relação aos idosos do que em relação à presença de crianças. De modo geral, esse resultado pode ser associado ao envelhecimento da população rural e à migração da população mais jovem para os centros urbanos mais próximos.

Em Fontoura Xavier e em um setor de Marques de Souza, foi observada uma vulnerabilidade alta em relação à maior presença de crianças. Já em relação à presença de idosos, a vulnerabilidade é mais alta em setores dos municípios de Coqueiro Baixo, Pouso Novo, Travesseiro, Arroio do Meio, Marques de Souza e Forquetinha, e mais baixa em Fontoura Xavier, Progresso e Lajeado.

Nas variáveis de renda média mensal e proporção de pessoas com renda inferior a 1 salário mínimo, (Mapas B e C da Figura 27), nota-se que um setor censitário de Pouso Novo tem vulnerabilidade mínima em relação à renda média por domicílio, enquanto que ocorre vulnerabilidade alta nos municípios de Fontoura Xavier e parte de Forquetinha; e vulnerabilidade média em Progresso, em um setor de Pouso Novo e parte de Forquetinha e Lajeado.

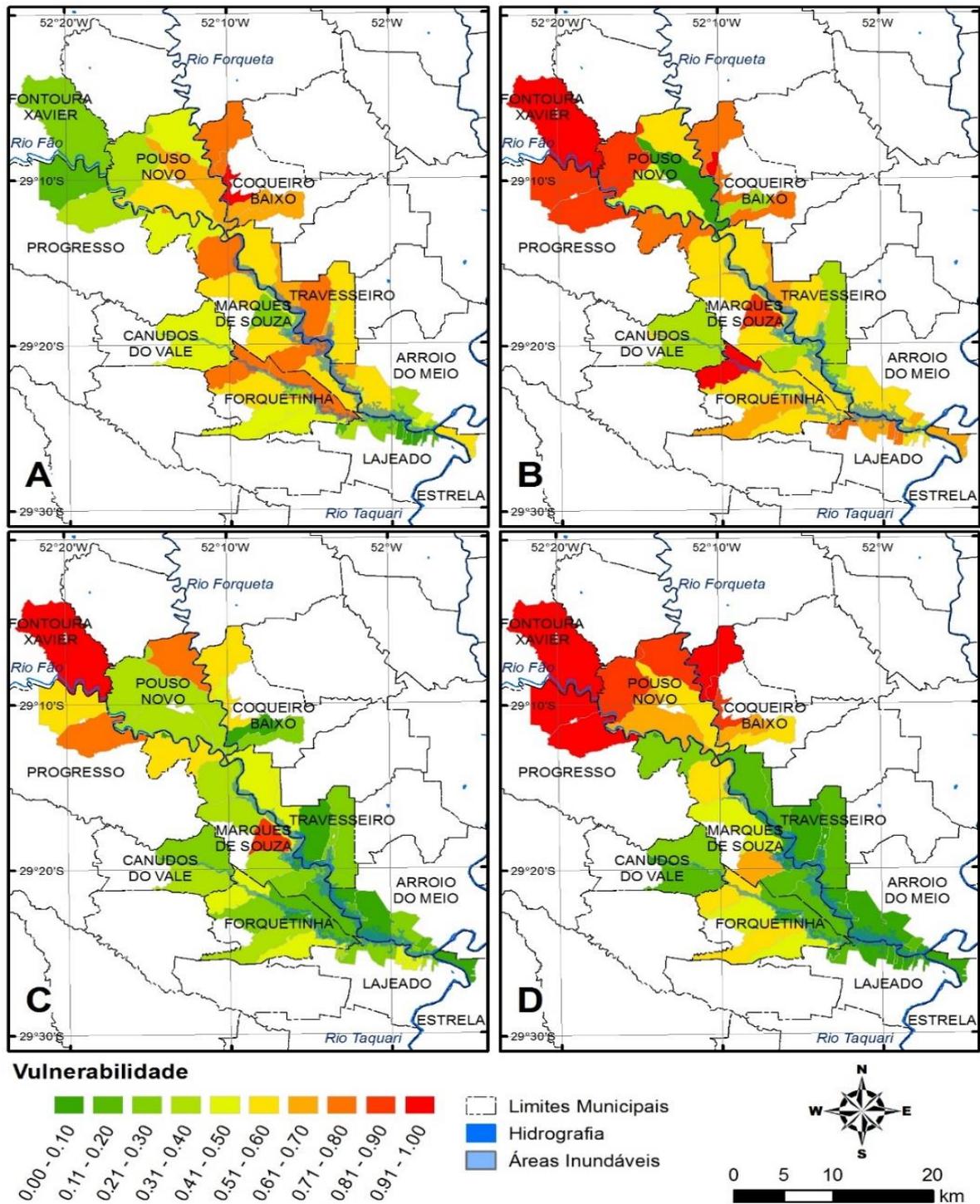
Já as pessoas que ganham menos de 01 salário mínimo moram na cidade de Fontoura Xavier e em um setor de Marques de Souza, e com vulnerabilidade média nessa variável em Progresso e parte de Coqueiro Baixo. No restante, ocorre baixa vulnerabilidade nessa variável, ou seja, poucas pessoas ganhando menos de 1 salário mínimo.

Figura 26 - Índice de vulnerabilidade social na bacia hidrográfica do Rio Forqueta - RS, como segue: Mapa A: proporção de domicílios alugados; Mapa B, número de analfabetos; Mapa C, taxa de alfabetização; e Mapa D, proporção de crianças.



Fonte: Do autor (2018).

Figura 27 - Índice de vulnerabilidade social na bacia hidrográfica do Rio Forqueta - RS, como segue: Mapa A: proporção de idosos; Mapa B, renda média mensal por domicílio; Mapa C: proporção de pessoas com renda inferior a 1 salário mínimo; e Mapa D: proporção de domicílios com recolhimento de lixo.



Fonte: Do autor (2018).

Nessa dimensão social, verifica-se que a variável com maior índice de vulnerabilidade encontra-se no número de analfabetos, seguido da variável da taxa de alfabetização e renda por domicílio. Já a variável geral com menor vulnerabilidade nessa dimensão ocorre em relação à proporção de domicílios alugados, seguido da variável de proporção de crianças.

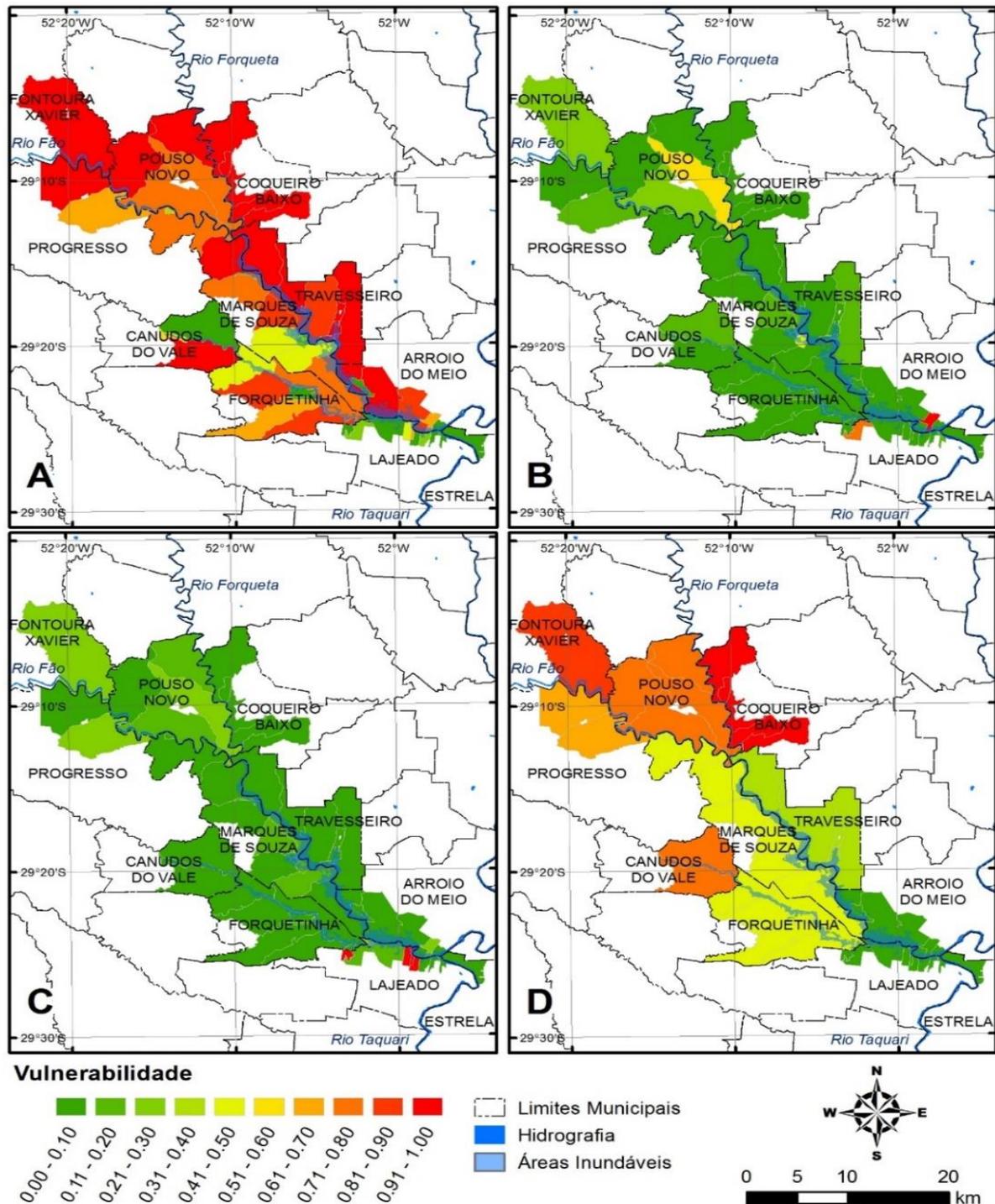
Em parte da Figura 27 e na Figura 28 são apresentados os mapas da dimensão de saneamento e infraestrutura, com 5 variáveis, sendo que na Figura 28 o Mapa D apresenta (IV) em função da proporcionalidade de domicílios com recolhimento de lixo. Na mesma Figura 28, o Mapa A apresenta (IV) em função da proporção de domicílios com tratamento de esgoto (fossa); o Mapa B apresenta (IV) em razão da proporção de domicílios com energia elétrica; o Mapa C apresenta (IV) em função da proporção de domicílios com abastecimento de água; e o Mapa D apresenta (IV) em função de domicílio com paredes externas em alvenaria.

Nessa dimensão, constatou-se que nas áreas rurais mais afastadas dos centros ocorre o maior índice de vulnerabilidade na variável da proporção dos domicílios com recolhimento de lixo (Mapa D da Figura 27), com vulnerabilidade baixa e quase zerada nos setores localizados nos centros urbanos.

Já no Mapa A da Figura 28, nota-se grande vulnerabilidade em relação à variável com a proporção de domicílio com tratamento de esgoto, onde praticamente toda a área está muito vulnerável, excetuando-se as áreas bem centrais das regiões urbanizada dos municípios. As variáveis com menor índice de vulnerabilidade são as de proporção de domicílios com energia elétrica e abastecimento de água, com exceção de um setor em Arroio do Meio sem luz e outro com alta vulnerabilidade em Lajeado, em relação ao abastecimento de água.

E, em relação à última variável analisada, referente à proporção de domicílios com paredes externas de alvenaria (Mapa D da Figura 28), pode-se dividir a área estudada em três partes: a parte alta, com bastante vulnerabilidade, principalmente os municípios de Fontoura Xavier e Coqueiro Baixo; na parte central da área estudada, um pouco menos vulnerável estão os municípios de Pouso Novo, Canudos do Vale e Progresso; e na parte mais baixa, os municípios com a menor vulnerabilidade em relação a essa variável.

Figura 28 - Índice de vulnerabilidade em saneamento e infraestrutura na bacia hidrográfica do Rio Forqueta - RS, onde: Mapa A: proporção de domicílios com tratamento de esgoto; Mapa B: proporção de domicílios com energia elétrica; Mapa C: proporção de domicílios com abastecimento de água; e Mapa D: proporção de domicílios com paredes externas de alvenaria.



Fonte: Do autor (2018).

Nessa dimensão, a variável da proporção de domicílios com tratamento de esgoto (fossa), foi a que apresentou a maior vulnerabilidade em praticamente toda área pesquisada, somente excluindo-se o centro de cada cidade. Isso muito se deve ao fato de a maioria das áreas serem rurais.

Em relação a isso, é importante ressaltar que os dados desse estudo são do ano de 2010 e, principalmente em relação a essa variável, verificou-se que atualmente a maioria das casas já possui um tratamento de esgoto básico, uma vez que a correção desse problema foi pauta de políticas públicas, resultando na construção de banheiros com tratamento de esgoto para as moradias que não tinham. Também o fato da maioria dos municípios já terem elaborado seus planos de saneamento básico, onde são previstos metas e ações para o tratamento do esgoto.

A variável que teve menos vulnerabilidade verifica-se em relação à proporção de domicílios com abastecimento de água, ficando evidente que poucas casas não têm esse recurso disponível.

Com os mapas e valores de vulnerabilidade de cada variável, aplicou-se o método AHP, onde foram calculados pesos diferentes para cada variável e também para cada uma das três dimensões: demográfica, Quadro 13; social, Quadro 14; e saneamento e infraestrutura, Quadro 15.

Esses pesos foram calculados em função do julgamento dos autores sobre quais variáveis são mais importantes para determinar a dificuldade da população em enfrentar uma crise resultante de um desastre provocado por um evento hidrológico extremo, bem como expressam as variáveis que por ventura possam dificultar a ação da Defesa Civil para remover as pessoas e deslocá-las para um ambiente mais seguro, caso haja necessidade.

Quadro 13 - Cálculo dos pesos das quatro variáveis na dimensão demográfica.

Aplicação do Metodo AHP nas variáveis					
	IV01	IV02	IV03	IV04	
IV01	1,000	3,000	0,700	2,000	
IV02	0,333	1,000	0,300	0,800	
IV03	1,429	3,333	1,000	2,000	
IV04	0,500	1,250	0,500	1,000	
	3,262	8,583	2,500	5,800	
Resultado dos pesos de cada variável					Peso da Variável
IV01	0,307	0,350	0,280	0,345	32,02%
IV02	0,102	0,117	0,120	0,138	11,92%
IV03	0,438	0,388	0,400	0,345	39,28%
IV04	0,153	0,146	0,200	0,172	16,78%
Legenda: IV-01: número de domicílios; IV-02: densidade de domicílios; IV-03: número de moradores; IV-04: densidade populacional					

Fonte: Do autor (2018).

Quadro 14 - Cálculo dos pesos das sete variáveis na dimensão social.

Aplicação do Metodo AHP nas variáveis								
	IV05	IV06	IV07	IV08	IV09	IV10	IV11	
IV05	1,000	1,500	1,200	0,350	0,300	0,950	0,500	
IV06	0,667	1,000	5,000	0,300	0,350	0,800	0,500	
IV07	0,833	0,200	1,000	0,100	0,150	0,800	0,500	
IV08	2,857	3,333	10,000	1,000	1,200	5,000	4,000	
IV09	3,333	2,857	6,667	0,833	1,000	1,500	2,000	
IV10	1,053	1,250	1,250	0,200	0,667	1,000	0,700	
IV11	2,000	2,000	2,000	0,250	0,500	1,429	1,000	
	11,743	12,140	27,117	3,033	4,167	11,479	9,200	
Resultado dos pesos de cada variável							Peso da Variável	
IV05	0,085	0,124	0,044	0,115	0,072	0,083	0,054	8,25%
IV06	0,057	0,082	0,184	0,099	0,084	0,070	0,054	9,01%
IV07	0,071	0,016	0,037	0,033	0,036	0,070	0,054	4,53%
IV08	0,243	0,275	0,369	0,330	0,288	0,436	0,435	33,92%
IV09	0,284	0,235	0,246	0,275	0,240	0,131	0,217	23,25%
IV10	0,090	0,103	0,046	0,066	0,160	0,087	0,076	8,97%
IV11	0,170	0,165	0,074	0,082	0,120	0,124	0,109	12,06%
Legenda: IV-05: proporção de domicílios alugados; IV-06: nº de analfabetos; IV-07: taxa de alfabetização; IV-08: proporção de crianças; IV-09: proporção de idosos; IV-10: renda média por domicílio; IV-11: proporção de pessoas com renda inferior a 1SM								

Fonte: Do autor (2018).

Quadro 15 - Cálculo dos pesos das cinco variáveis na dimensão de saneamento e infraestrutura.

Aplicação do Metodo AHP nas variáveis						
	IV12	IV13	IV14	IV15	IV16	
IV12	1,000	2,000	5,000	4,000	0,700	
IV13	0,500	1,000	3,000	2,000	0,500	
IV14	0,200	0,333	1,000	0,700	0,150	
IV15	0,250	0,500	1,429	1,000	0,300	
IV16	1,429	2,000	6,667	3,333	1,000	
	3,379	5,833	17,095	11,033	2,650	
Resultado dos pesos de cada variável						Peso da Variável
IV12	0,296	0,343	0,292	0,363	0,264	31,16%
IV13	0,148	0,171	0,175	0,181	0,189	17,30%
IV14	0,059	0,057	0,058	0,063	0,057	5,90%
IV15	0,074	0,086	0,084	0,091	0,113	8,94%
IV16	0,423	0,343	0,390	0,302	0,377	36,70%
Legenda: proporção de domicílios com: IV-12: recolhimento de lixo; IV-13: tratamento de esgoto; IV-14: energia elétrica; IV-15: águas; IV-16: paredes externas de alvenaria.						

Fonte: Do autor (2018).

Na dimensão demográfica, com a aplicação do método AHP, os pesos resultantes indicam que o IV03, que representa o número de pessoas, é o fator mais relevante para a vulnerabilidade dessa dimensão, representando 39,28%, juntamente com o número de domicílios, que representa 32,02%. As outras duas variáveis ficaram com 16,7%, o IV04, e o de menor índice ficou o IV02, com 11,92%. Portanto, na análise realizada neste estudo, conclui-se que um lugar fica mais vulnerável quanto maior for o número de pessoas residindo e, conseqüentemente, mais casas existentes no setor censitário.

Na dimensão social, composta por 7 variáveis, no julgamento do método AHP, a variável que mais tem importância para determinar a vulnerabilidade do lugar é a presença de crianças, com 33,92%, seguido do número de idosos com 23,25%, e o número de pessoas com renda inferior a 1 salário mínimo somando 12,06%. A variável com menor importância, segundo o método AHP, é a taxa de alfabetização, com 4,53%, e as outras três variáveis encontram-se praticamente com a mesma importância ou peso, variando entre 8 a 10%.

Nota-se nessa dimensão o fator da existência de pessoas que precisam de ajuda para uma eventual saída de seus domicílios em função de inundação ou enxurrada, e também a condição financeira desses moradores para uma possível volta ou reconstrução das perdas.

Na dimensão de saneamento e infraestrutura, julgou-se mais importante a questão do padrão construtivo da casa, com 36,7%, e a questão de moradias com recolhimento de lixo, com 31,16%. De importância mediana encontram-se as moradias com tratamento de esgoto, com 17,30%, e as de menor importância as moradias com abastecimento de água, 8,94%, e com energia elétrica, 5,90%.

O padrão construtivo das moradias está diretamente envolvido com o tamanho dos estragos provocados durante uma inundação ou enxurrada, ou seja, se a moradia for de madeira, o estrago será bem maior do que numa moradia construída com alvenaria.

Em relação às moradias com recolhimento de lixo, deve-se observar que, quanto mais acúmulo de lixo, maior a probabilidade de transmissão e contaminação dos ambientes onde as pessoas convivem, reduzindo sua capacidade de deslocamento e necessitando de mais auxílio, num eventual evento extremo hidrológico.

O Quadro 16 apresenta os cálculos e os resultados finais, na aplicação do método AHP entre as três dimensões, em que foram comparados os resultados dos pesos de cada dimensão calculado, e feito uma comparação entre eles. Como resultado final, obteve-se o peso de cada dimensão, observado na geração do mapa de vulnerabilidade final.

Quadro 16 - Cálculos dos pesos das três dimensões: demográfica, social e saneamento e infraestrutura.

Aplicação do Metodo AHP entre as Dimensões				
	DEMOGRAFIA	SOCIAL	SAN_INFRA	
DEMOGRAFIA	1,000	0,400	0,900	
SOCIAL	2,500	1,000	2,000	
SAN_INFRA	1,111	0,500	1,000	
	4,611	1,900	3,900	
Resultado dos pesos de cada Dimensão			Peso da Dimensão	
DEMOGRAFIA	0,217	0,211	0,231	21,94%
SOCIAL	0,542	0,526	0,513	52,71%
SAN_INFRA	0,241	0,263	0,256	25,35%

Fonte: Do autor (2018).

Com o peso de cada variável já definido, foi aplicado o mesmo método AHP entre as três dimensões. Verifica-se que a dimensão social das pessoas é muito mais determinante entre as três, com 52,71% de influência para determinar a vulnerabilidade de um lugar. As outras duas dimensões praticamente foram definidas de importância igual. A dimensão de saneamento e infraestrutura ficou com 25,35%, e a dimensão demográfica ficou com 21,94%.

Em relação à questão social da população, tanto a idade das pessoas, como a situação financeira de cada morador e em qual situação ele se encontra, para uma eventual saída de sua casa, influencia muito para indicar a vulnerabilidade de um local. Da mesma forma, a infraestrutura básica de onde e como as pessoas vivem, o padrão construtivo das moradias e a quantidade de pessoas e casas num determinado lugar tem influência para determinar a vulnerabilidade.

No Quadro 17, são apresentados os pesos de cada variável, bem como o peso de cada dimensão, onde se pode observar qual variável ou dimensão tem maior peso e conseqüentemente maior influência na classificação da vulnerabilidade.

Quadro 17 - Quadro geral com o peso de cada variável e o peso de cada dimensão.

IV	Dimensão	Variável	Peso da Variável	Peso da Dimensão
1	Demografia	Número de domicílios	0,320	0,219
2	Demografia	Densidade de domicílios	0,119	
3	Demografia	Número de moradores	0,393	
4	Demografia	Densidade populacional	0,168	
5	Social	Proporção de domicílios alugados	0,082	0,527
6	Social	Número de analfabetos	0,090	
7	Social	Taxa de alfabetização	0,045	
8	Social	Proporção de crianças	0,339	
9	Social	Proporção de idosos	0,233	
10	Social	Renda média mensal por domicílio	0,090	
11	Social	Proporção de pessoas com renda inferior a 1 SM	0,121	0,254
12	Saneamento e Infra.	Proporção de domicílios com recolhimento de lixo	0,312	
13	Saneamento e Infra.	Prop. de domicílios com tratamento de esgoto - fossa	0,173	
14	Saneamento e Infra.	Proporção de domicílios com energia elétrica	0,059	
15	Saneamento e Infra.	Prop. de domicílios com abastecimento de água	0,089	
16	Saneamento e Infra.	Prop. domicílios com paredes externas de alvenaria	0,367	

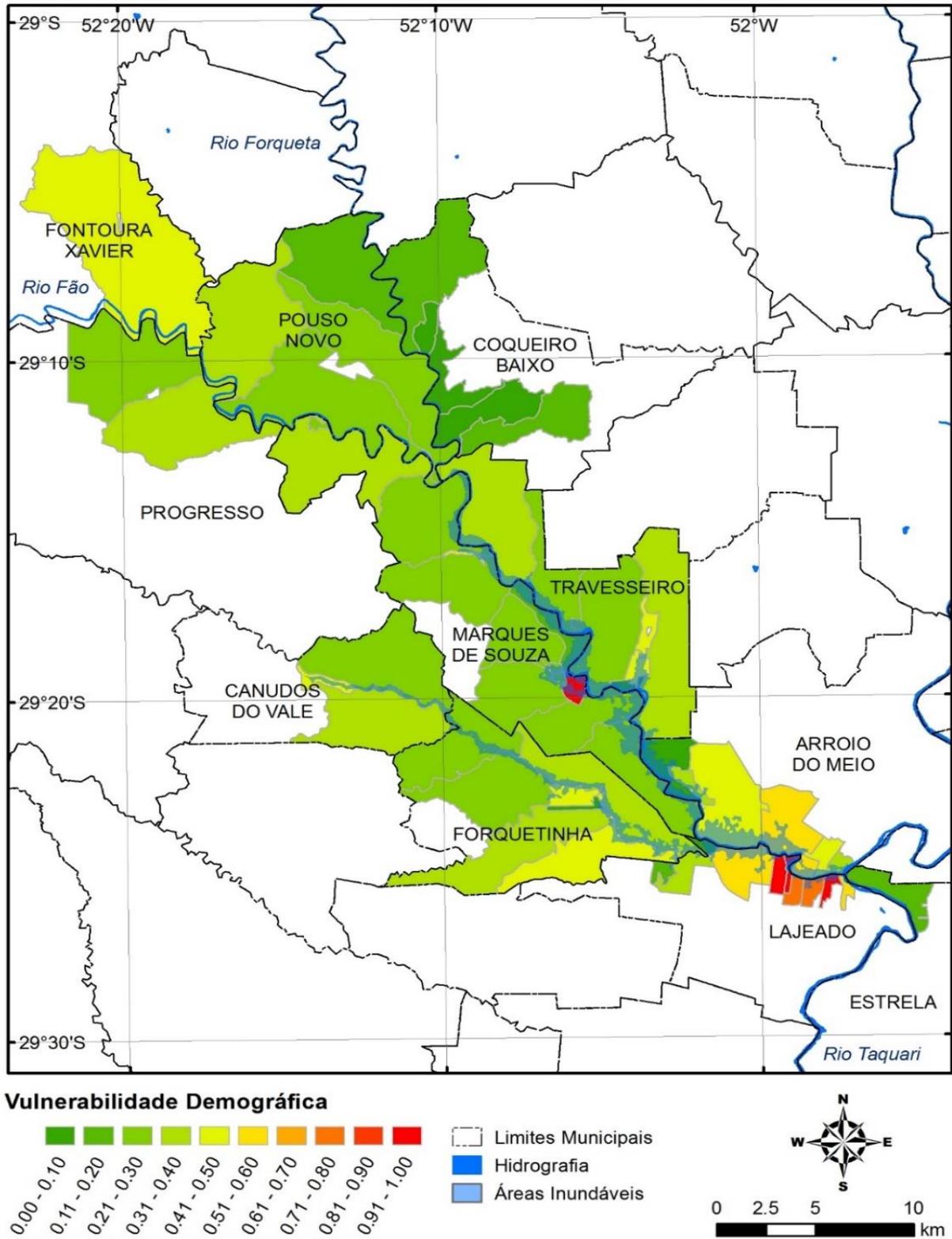
Fonte: Do autor (2018).

Aplicado o método AHP, que determinou o peso de cada variável, e depois o peso de dimensão, foram elaborados os mapas finais das três dimensões e também o mapa final de vulnerabilidade da área de estudo, cruzando-se os mapas e realizando a multiplicação de cada (IV) por seu respectivo peso.

Usando-se as variáveis definidas e pesos de cada dimensão calculados, verifica-se que a vulnerabilidade da dimensão demográfica (Figura 29) estabelece que existem poucos setores censitários são considerados com vulnerabilidade alta: somente três setores censitários no Município de Lajeado e um no Município de Marques de Souza apresentam uma vulnerabilidade perto do valor 1, e consequentemente na cor vermelha.

A maioria dos municípios apresenta vulnerabilidade baixa, entre 0 e 0,4, o que se visualiza na Figura 29, onde se verifica a presença da cor verde com pouco de amarelo em praticamente todos os lugares. Considerando-se o mapa de vulnerabilidade na dimensão demográfica, pode-se afirmar que área estudada não apresenta muitas áreas com vulnerabilidade elevada em relação à exposição da população e aspectos demográficos.

Figura 29 - Mapa de vulnerabilidade demográfica na bacia hidrográfica do Rio Forqueta/RS.



Fonte: Do autor (2018).

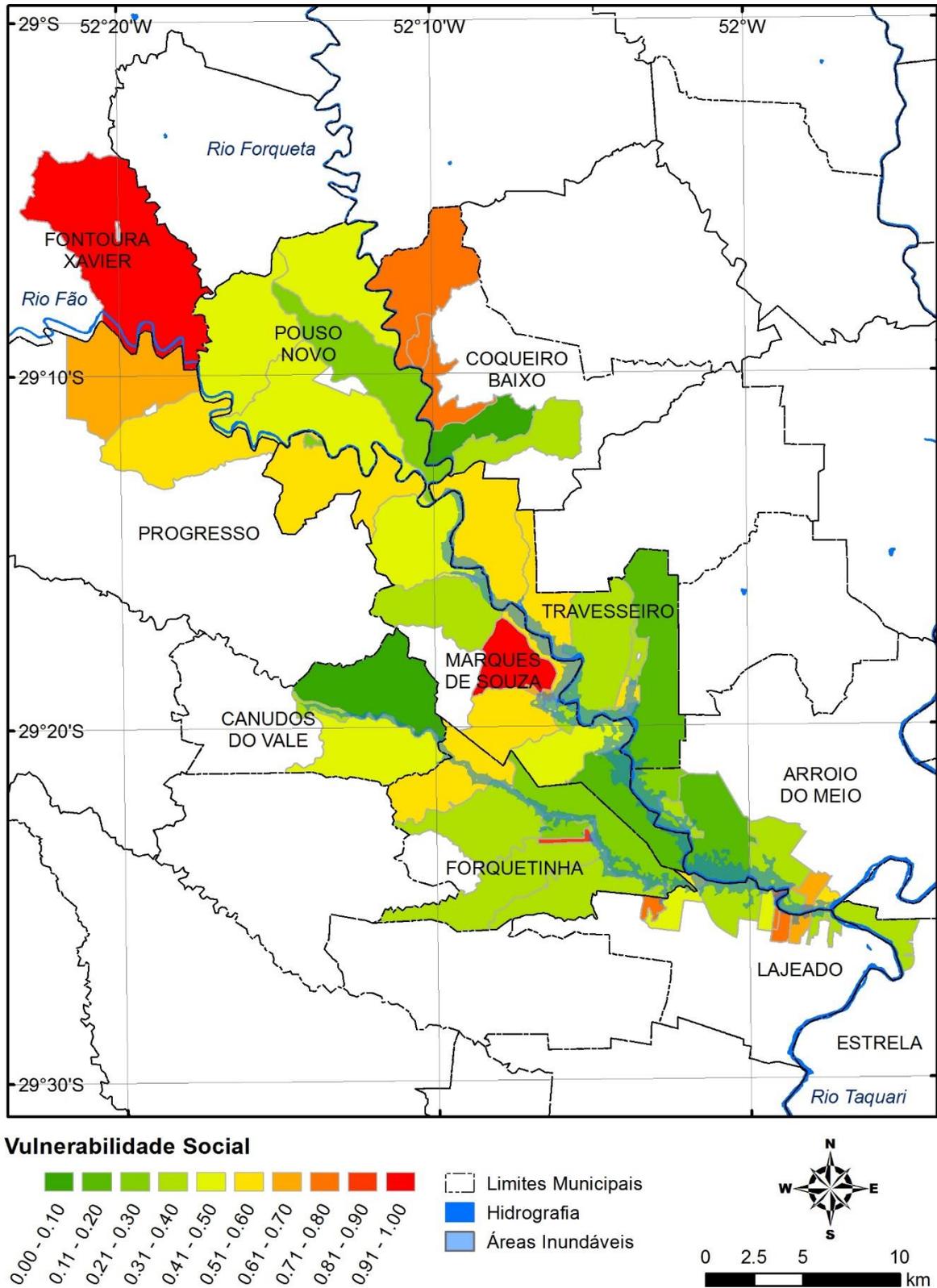
Com relação ao mapa de vulnerabilidade social (Figura 30), destaca-se e observa-se, mediante a imagem das cores, que no Município de Fontoura Xavier, bem como em alguns setores da área central de Marques de Souza, foram classificados como de vulnerabilidade alta, devido a alguns fatores já mencionados nos mapas de vulnerabilidade de cada variável, como principalmente o alto número de crianças presentes nesse locais, o que, de acordo com o peso dessa variável na dimensão, foi um determinante para essa classificação.

Nessa dimensão, também foram classificadas várias áreas de média vulnerabilidade, principalmente em Coqueiro Baixo, Progresso, Travesseiro e algumas áreas de Arroio do Meio e Lajeado, todas elas com grande número de idosos presentes, bem como alguns com baixa renda.

Nas demais áreas com vulnerabilidade inexistente ou baixa, verifica-se que indicadores ruins são aqueles que, de acordo com a classificação dos pesos, não representam tanta relevância. Um exemplo é o Município de Forquetinha, que possui vulnerabilidade alta na variável de alfabetização, mas devido ao menor peso dessa variável, ficou com vulnerabilidade baixa dentro da dimensão total. Também se verifica que nesses locais existem poucas crianças e idosos, e com renda mais elevada.

Como a dimensão social tem peso de 52,7% na formação do mapa de vulnerabilidade final, essa classificação é fundamental para que se tenha um resultado final mais conclusivo e fidedigno. Assim, verifica-se visualmente que a maioria da área estudada foi classificada como de média para baixa vulnerabilidade.

Figura 30 - Mapa de vulnerabilidade social na bacia hidrográfica do Rio Forqueta - RS.



Fonte: Do autor (2018).

Na dimensão de saneamento e infraestrutura (Figura 31) com peso de 25,4% no mapa final, percebe-se que os municípios da parte alta, mais afastados da parte urbanizada, são aqueles que apresentam a maior vulnerabilidade, principalmente devido ao padrão construtivo das casas, que na sua maioria ainda são de madeira e com estado de conservação muito ruim.

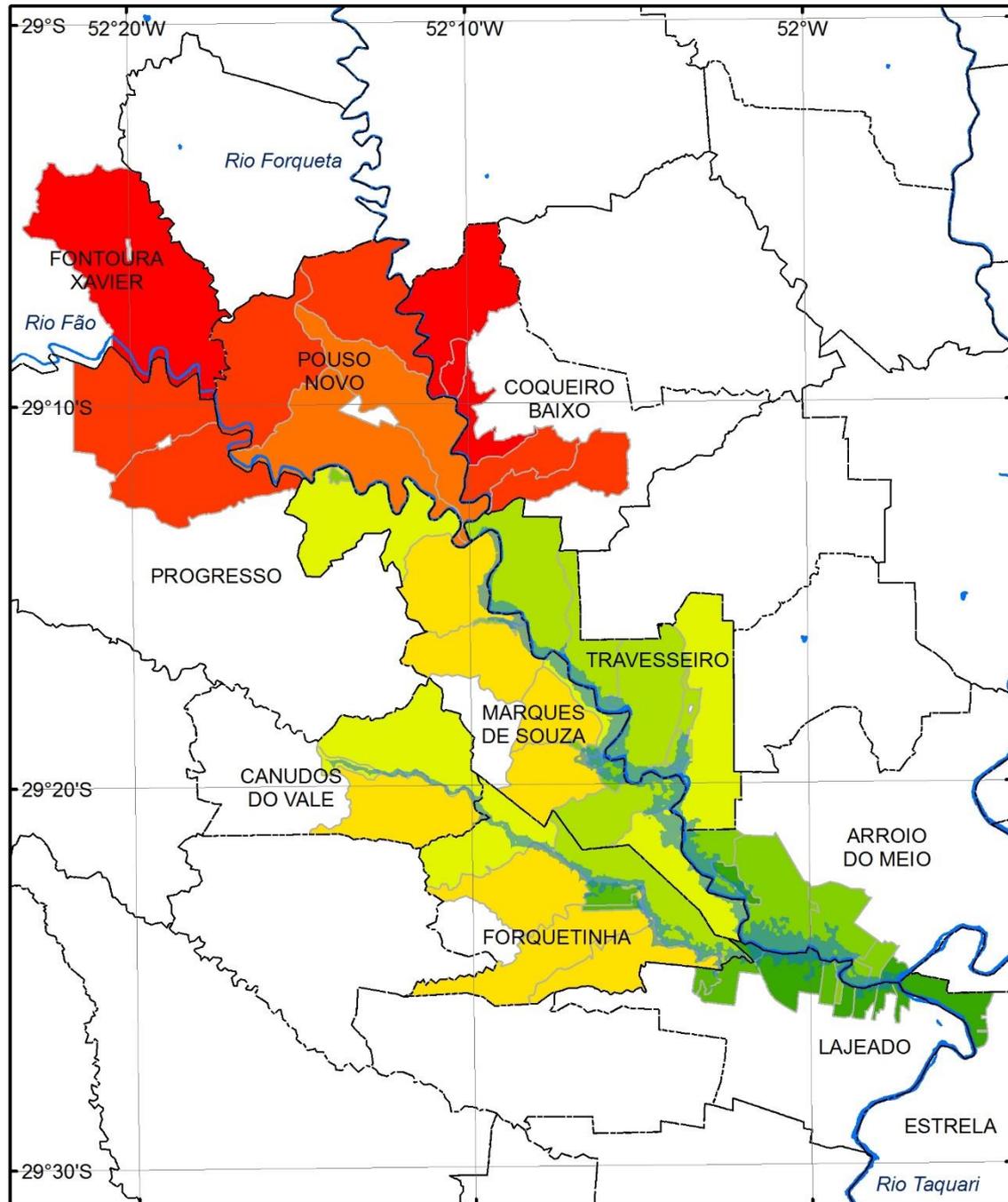
Também importa o fato de nesses lugares mais distantes o serviço básico de saneamento é bem precário, principalmente no quesito de recolhimento de lixo nas propriedades, levando os moradores a acumularem lixo em diversos lugares e, ao se depararem com uma inundação ou enxurrada, o estrago será bem maior.

Já nas áreas localizadas mais na parte central do vale, percebe-se que a vulnerabilidade é mediana, uma vez que os serviços básicos de saneamento já são aplicados e as moradias possuem um padrão construtivo melhor.

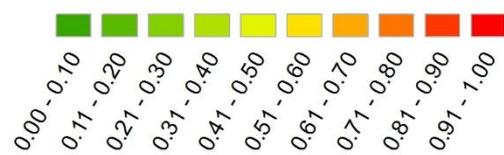
Ainda nessa dimensão, as áreas consideradas com pouca vulnerabilidade localizam-se na parte baixa da bacia hidrográfica do Rio Forqueta, justamente nas áreas urbanizadas, nas quais os padrões construtivos das moradias, na sua maioria, são de alvenaria e a conservação das mesmas é melhor. Nessas áreas também os serviços de saneamento funcionam melhor são atualizados periodicamente.

Nessa dimensão, percebe-se claramente no mapa a divisão das cores, como: muito vulnerável, as áreas com cores vermelhas, localizadas ao noroeste da bacia; as áreas localizadas no centro da bacia, com predominância nas cores laranja e amarelo, com vulnerabilidade média; e as áreas com predominância da cor verde, que indica vulnerabilidade baixa, localizadas na parte sudeste da bacia.

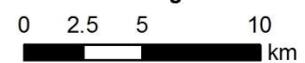
Figura 31 - Mapa de vulnerabilidade em saneamento e infraestrutura na bacia hidrográfica do Rio Forqueta/RS.



Vulnerabilidade em Saneamento e Infraestrutura



- Limites Municipais
- Hidrografia
- Áreas Inundáveis



Fonte: Do autor (2018).

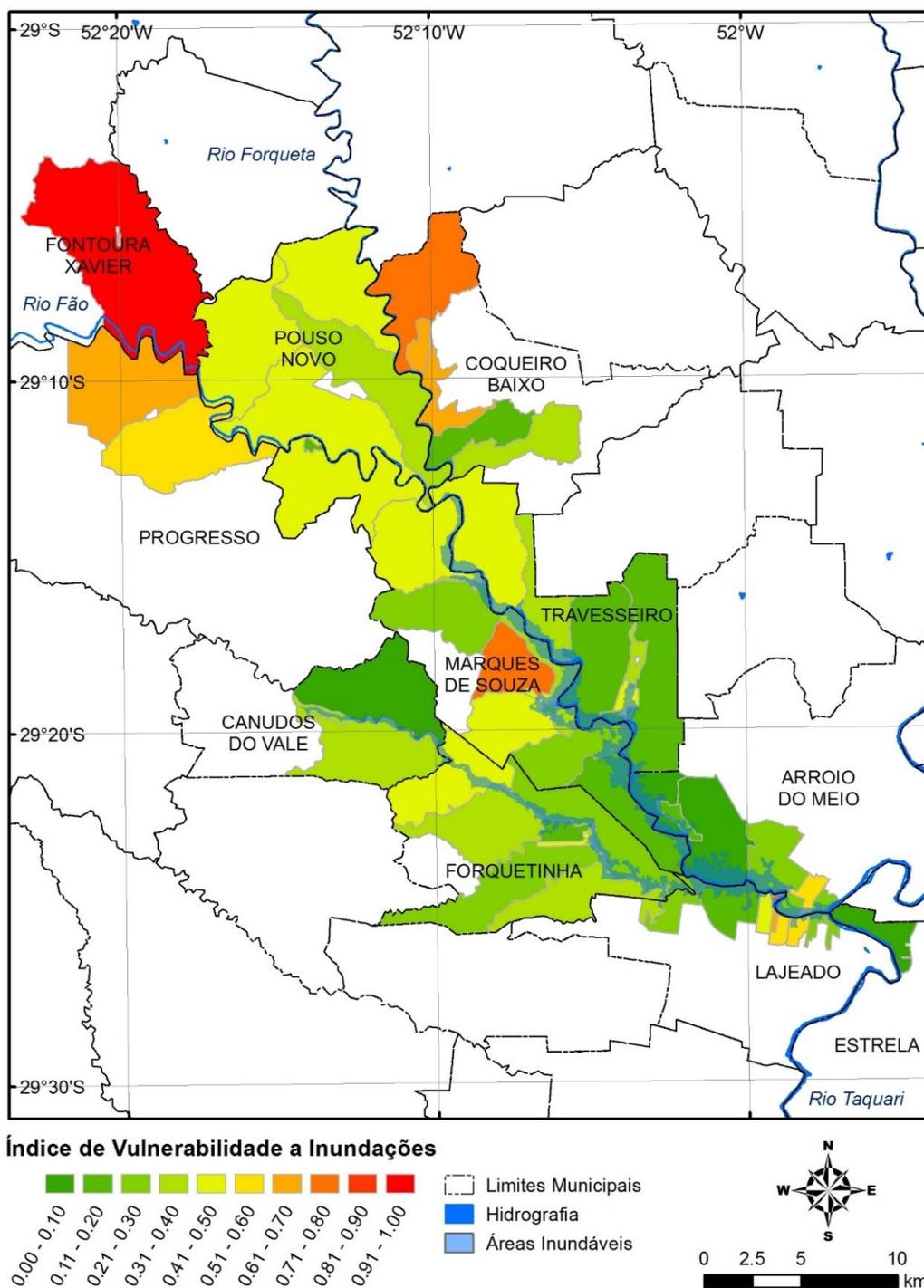
Com a obtenção dos mapas nas três dimensões, e cada uma com o peso de acordo com o Quadro 17, foi feito o mapa de vulnerabilidade final da bacia hidrográfica do Rio Forqueta (Figura 32), onde os lugares considerados de baixa vulnerabilidade estão com a cor verde, os lugares de alta vulnerabilidade na cor vermelha e os de vulnerabilidade média na cor laranja/amarela.

Analisando-se o mapa final, constatou-se que somente um município encontra-se numa área considerada de alta vulnerabilidade: de Fontoura Xavier. Essa área foi classificada como de alta vulnerabilidade devido ao fato de, segundo os dados obtidos do IBGE (2010), haver uma quantidade grande de crianças, renda baixa por domicílio, muitos moradores com renda inferior a 1 salário mínimo, a maioria das moradias não ter recolhimento de lixo nem tratamento de esgoto, e muitas casas de madeira e precárias.

Com risco médio, foram constatados dois setores censitários localizados em Coqueiro Baixo, em áreas nas zonas rurais, no Município de Progresso, três setores no Município de Lajeado e um setor censitário nos municípios de Marques de Souza e Arroio do Meio.

Nas outras áreas, a vulnerabilidade ficou muito baixa ou baixa, o que representa que são passíveis de serem atingidas por desastres hidrológicos, mas devido a vários fatores, estão mais preparadas para enfrentarem eventuais perdas.

Figura 32 - Mapa de vulnerabilidade final na bacia hidrográfica do Rio Forqueta - RS.



Fonte: Do autor (2018).

Com os dados utilizados para a elaboração do mapa final de vulnerabilidade, pode-se destacar que, mesmo com muito moradores, várias áreas foram classificadas com vulnerabilidade baixa, pelo fato de oferecerem maior agilidade na hora de sair de casa, as pessoas terem melhores condições financeiras, os padrões

construtivos das residências e o saneamento serem melhores, dentre outros tantos fatores.

Já na área considerada de alta vulnerabilidade, verifica-se que não existem tantos moradores, porém são muitas crianças que precisam de auxílio em uma eventual evacuação, a condição financeira não é muito boa, as construções são precárias e praticamente inexistente saneamento básico.

4.2 Classificação dos riscos hidrológicos

Para a elaboração do mapa de classificação de riscos, foi realizado o cruzamento dos mapas classificados anteriormente em quatro estágios de graus de suscetibilidade e de vulnerabilidade, no programa ArcGIS, com uso da ferramenta de álgebra de mapas.

Na Figura 33 é apresentado o mapa da classificação de riscos à inundação e enxurradas, os quais foram classificados em quatro categorias diferentes: risco baixo na cor verde, médio na cor amarela, alto na cor laranja, e muito alto na cor vermelha. De acordo com o mapa resultante, nota-se que a maioria dos lugares foi classificada como médio ou alto. Em parte das áreas de Marques de Souza, Travesseiro, Forquetinha e uma pequena área de Arroio do Meio, a predominância foi de classificação média para o risco às inundações e enxurradas. Já nos municípios de Pouso Novo, Coqueiro Baixo, Progresso, e Marques de Souza, a predominância da classificação é de alto risco.

Os dois únicos lugares com classificação de risco muito alto à inundação e enxurradas foram observados em parte da área central de Marques de Souza e na porção norte da área urbana do Município de Lajeado. Inclusive, essa é uma das áreas de expansão urbana de Lajeado, que possui uma cota única de restrição para ocupação e que leva em conta apenas a cota de inundação do Rio Taquari. Atualmente, a Administração Municipal utiliza como referência a cota de 25 m para todo o território do Município, o que implica em liberação de empreendimentos em cotas superiores a isso.

Considerando-se o limite entre Lajeado e Arroio do Meio, feito pelo Rio Forqueta, a cota de inundação periódica nessa área é maior que 25 metros, o que pode ampliar o problema das inundações em um curto ou médio prazo, caso o governo municipal não aumente a restrição urbanística.

Como a cota de enchente e o limitador de autorização ou indeferimento para projetos é igual em todo o território municipal, para os empreendimentos novos localizados mais ao norte, onde está ocorrendo a expansão urbana, o município não tem base legal para impedir a instalação dos mesmos. Isso ocorre porque nesses locais a prefeitura já está ciente de que usar a cota única está totalmente equivocado, pois é levado em consideração apenas as inundações do Rio Taquari, desprezando-se também as inundações do Rio Forqueta, que alteram a cota máxima de enchente.

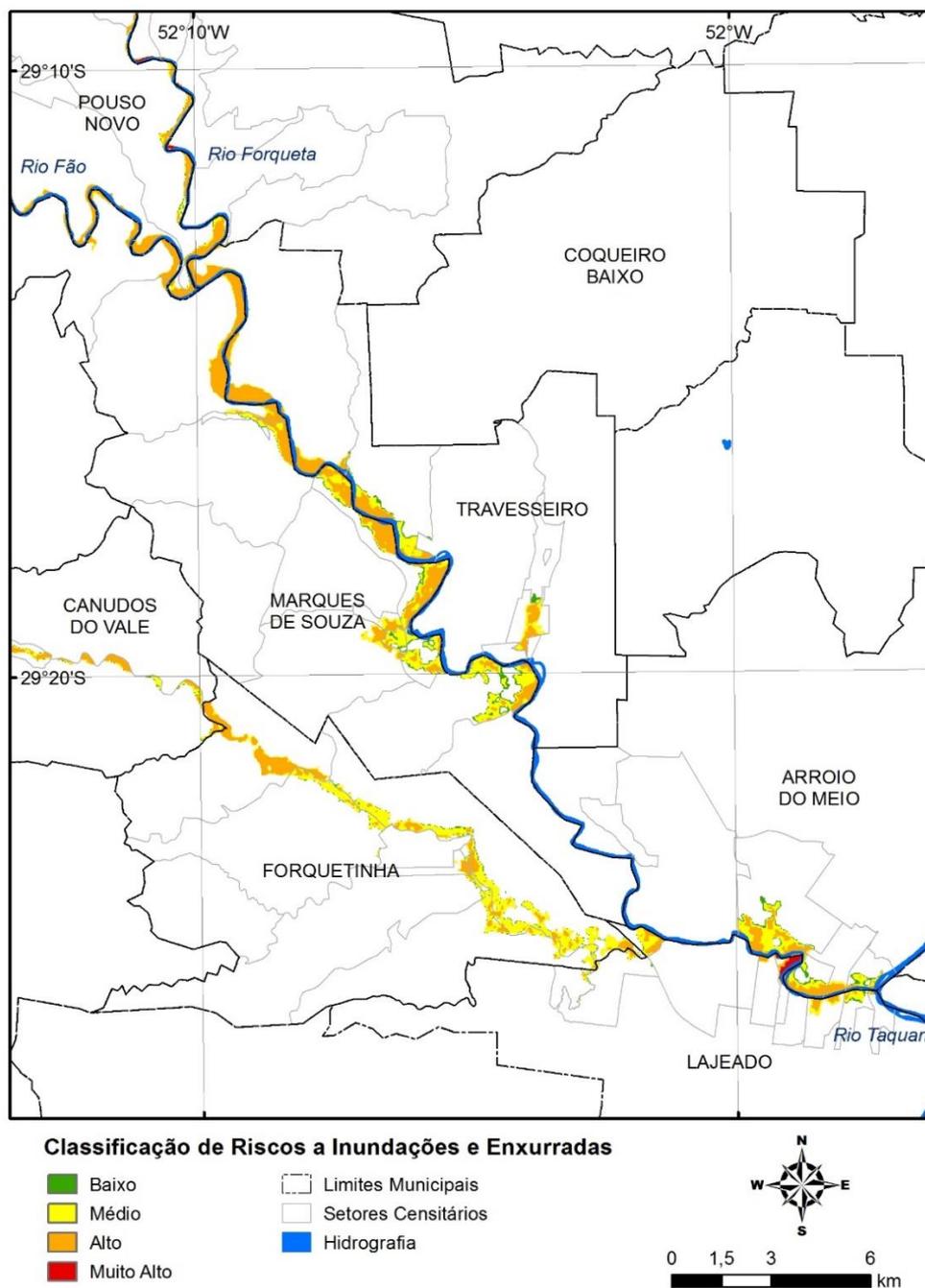
Com esses dados, pode-se observar e definir os locais que necessitam não apenas de muita atenção, mas também cuja ocupação o governo municipal precisa repensar nos próximos anos, tentando de alguma forma evitar que se ampliem os loteamentos futuros nessas áreas, por apresentarem alta recorrência de eventos extremos como inundações e enxurradas. Recomenda-se que nessas áreas sejam feitas estratégias bem definidas e eficazes, para uma rápida eventual saída dos moradores de suas moradias.

Observa-se também que se destacam os locais com menor índice pluviométrico, onde a elevação do nível dos rios já começa a prejudicar a população. Por ser um fenômeno que acontece com maior frequência, essa região foi classificada como de risco muito alto, devendo redobrar-se a atenção da população e dos agentes municipais, bem como estar-se sempre alerta diante de qualquer evento extremo hidrológico, por ser facilmente atingida pelas águas quando o índice pluviométrico for um pouco maior.

Com essa classificação dos riscos à inundação e enxurradas, sabe-se com exatidão onde, com a elevação dos níveis dos rios, decorrem os primeiros problemas provenientes da chuva em excesso, que surgem nas áreas com risco muito alto.

Após o acontecimento do problema nessas áreas classificadas com risco alto, e assim consequentemente até se ter as áreas onde o risco ficou baixo, como de fato eventualmente ocorre um evento extremo de grandes proporções, também podem surgir problemas com a elevação dos níveis das águas.

Figura 33 - Mapa com a classificação de riscos a inundações e enchentes.



Fonte: Do autor (2018).

Com o conhecimento das área de risco, os órgão públicos teriam que se preocupar com a questão da ocupação urbana nesses locais, realizando um planejamento urbano mais sustentável e de menor risco, a fim de contemplar os moradores para que esse risco diminua ou seja eliminado.

Os municípios também têm a obrigação de dar mais importância à precaução e ao respeito pela Lei nº 12.608/2012, que responsabiliza os gestores que não incorporam as áreas de risco em seus planos diretores, ou seja, que negligenciam a existência dessas áreas, colocando em risco a população desinformada.

Com o conhecimento das áreas de risco, segundo a Lei, os municípios são obrigados e responsabilizados a incluir e implantar várias ação de prevenção, mitigação e preparação da população, a fim de apoiar e enfrentar um eventual evento extremo.

4.3 Condicionantes sociais da vulnerabilidade a partir da percepção da população

Com os resultados das entrevistas e tabelas das respostas por categorias, das 10 pessoas entrevistadas e de acordo com o Quadro 18, a maioria (7 entrevistados) não tem o ensino fundamental completo, comprovando que o perfil dos entrevistados está alinhado com o que é apresentado pelos dados do IBGE (2010) no Quadro 8, e no mapa de vulnerabilidade de cada variável (mapas B e C da Figura 26), sendo que somente 2 entrevistados têm nível superior.

Os entrevistados também são, na sua maioria, pessoas com idades superiores a 45 anos, sendo essa uma condicionante para que suas respostas tenham respaldo nas suas experiências e vivências.

Quadro 18 - Perfil social dos entrevistados na pesquisa.

Perfil Social				
nº	Nome	Idade	Sexo	Escolaridade
1	N01	57	M	4ª série
2	N02	72	M	2ª série
3	N03	53	M	Analfabeto
4	N04	38	M	Fundamental Incompleto
5	N05	43	M	Médio Completo
6	N06	52	M	Fundamental Incompleto
7	N07	46	M	Médio Incompleto
8	N08	31	F	Pós Graduada
9	N09	35	M	ensino Médio
10	N10	45	M	Pós Graduado

Fonte: Do autor (2018).

Analisado o perfil das moradias dos entrevistados (Quadro 19), pode-se destacar que a maioria mora em casas próprias, também afirmado no Quadro 8, onde consta a baixa proporção de domicílios alugados, e no Mapa A da Figura 27, que mostra baixa ou nenhuma vulnerabilidade em função de moradias alugadas. Essa condicionante da casa própria é um fator determinante no momento de se decidir a necessidade da evacuação, posto que na maioria das vezes os moradores acabam retardando a saída, correndo maior risco de vida.

Em relação aos moradores entrevistados, verifica-se que somente uma moradia é de madeira, três são mistas e o restante de alvenaria, muitas já com dois pisos. Nessa amostragem nota-se um padrão mais confiável e as residências mais preparadas para um desastre.

Um dos fatores para os moradores não deixarem suas casas é o tempo em que a maioria está morando no local, onde um dos moradores reside pelo menos à 70 anos, outro há 40 anos, 6 na faixa de 10 anos e 2 moradores somente há 2 anos. Com isso, verifica-se que 8 moradores já moravam no período do maior desastre, no ano de 2010.

Quadro 19 - Perfil da moradia dos entrevistados na pesquisa.

Perfil da Moradia				
nº	Nome	Moradia	Padrão	Tempo/anos
1	N01	Própria	Mista	13
2	N02	Própria	Alvenaria	70
3	N03	Própria	Madeira	10
4	N04	Própria	Alvenaria	10
5	N05	Própria	Alvenaria	40
6	N06	Própria	Alvenaria	20
7	N07	Própria	Mista	18
8	N08	Própria	Alvenaria	2
9	N09	Alugada	Mista	2
10	N10	Própria	Alvenaria	10

Fonte: do Autor (2018).

No Quadro 20, encontram-se as respostas 07, 08 e 09 para as perguntas no roteiro (APÊNDICE A), em que se questionou o motivo de uma eventual saída ou abandono da moradia, se teria alternativa ao sair, se já teve perdas com inundações e enxurradas, como foi a reconstrução e se recebeu ajuda.

Quadro 20 - Respostas dos entrevistados para eventuais novas enchentes.

Saídas da Moradia				
nº	Nome	o que o faria sair	moradia alternativa	como foi a reconstrução e que ajudou
1	N01	Nada, só a enchente mas logo retornaria	sim	vizinhos, amigos e prefeitura
2	N02	nova enchente	sim	amigo, vizinhos e prefeitura
3	N03	não sairia por nada	não	não perdeu nada, água so entrou 20cm
4	N04	alagamentos	não	amigo e familiares
5	N05	enchentes e temporais	não	amigos, vizinhos
6	N06	água e enchurradas	sim	amigos e familiares
7	N07	inundações	não	amigos e familiares, poder público não
8	N08	destruição da casa	sim	amigos, vizinhos e familiares e prefeitura
9	N09	enchentes	não	prefeitura e vizinhos
10	N10	enchente	sim	ainda não teve perdas

Fonte: Do autor (2018).

Nesses quesitos, verifica-se que a maioria dos entrevistados sairia por causa de novas enchentes, mas de acordo com o entrevistado E01, que disse “nada, só a enchente, mas logo retornaria”. Metade dos entrevistados teriam moradia alternativa,

em caso de saída de suas casas, e os outros 50% não teriam, ficariam esperando ajuda de vizinhos ou do poder público.

Em relação à reconstrução, todos que tiveram perdas foram enfáticos ao relatar que nesses momentos a comunidade ajuda muito, existindo uma mobilização e uma solidariedade muito grande de todos. Na maioria dos casos, o poder público ajuda com auxílio de mantimentos e na reconstrução, doando materiais ou mão-de-obra. Mas todos esperavam que a prefeitura ajudasse mais ainda. Outra pergunta foi se na compra do imóvel foi alertado sobre a enchente que aconteceu no ano de 2010 e se foi considerada a vulnerabilidade ou o perigo.

No Quadro 21 são apresentadas as respostas distintas dos entrevistados.

Quadro 21 - Respostas dos entrevistados dos cuidados ao construir a casa, em relação à vulnerabilidade e perigo.

Considerações ao comprar a casa			
nº	Nome	ao comprar foi informado da enchente de 2010	considerou a vulnerabilidade e perigo
1	N01	sim, mas quando comprei ainda não tinha acontecido	não pq o lugar é bonito
2	N02	o imóvel foi herança	herança
3	N03	não, o imóvel é da companheira	não
4	N04	não, e não tinha idéia que a água invadiria a casa	não imaginava
5	N05	herança, e nunca a água tinha chegado na casa	não, nem sabia
6	N06	sabia que vinha água, mas mesmo assim fez reformas	sim
7	N07	não pq nunca tinha ocorrido e não sabia	não
8	N08	sim, como eram moradores do município sabiam	sim, a casa foi levantada e tem 2 pisos
9	N09	não, a casa é alugada e ninguem comentou	não
10	N10	onde eu moro não pega encenhe	não pega enchente

Fonte: Do autor (2018).

Na pesquisa, 6 entrevistados relataram que não sabiam que a água poderia invadir sua casa ou que alguma vez já tinha invadido. Outros 3 falaram que não tinham muita escolha, pelo fato de a casa ser herança e, como nunca tinha acontecido um evento extremo até o momento da compra ou ocupação, não tiveram nenhuma precaução. O morador E01 disse que sabia, mas mesmo assim desconsiderou os avisos, inclusive dando a seguinte resposta: “Eu tinha ideia de que a água algum dia poderia invadir minha casa, mas que até aquele momento não se tinha relatos que já tivesse acontecido, e que o lugar é muito bonito”.

Segundo o entrevistado E08, como morador da cidade e tendo construído a moradia há dois anos, ele sabia do ocorrido e que no seu terreno a água tinha

invadido, mas devido à boa localização, um lugar comercial, resolveu mesmo assim construir naquele local. Contudo, teve alguns cuidados para evitar danos futuros, como o levantamento da casa na cota máxima da enchente de 2010, e a parte da moradia construída no segundo piso, deixando o primeiro piso como comercial.

Em relação à vulnerabilidade e risco, 6 entrevistados nem sabiam dessa possibilidade, e 1 entrevistado não enfrenta esse problema, por morar num lugar que não é atingido por cheias. Os outros 3 sabiam da vulnerabilidade e risco, mas mesmo assim construíram suas moradias no local.

As duas últimas perguntas da entrevista foram direcionadas para verificar o motivo da pessoa para permanecer naquela moradia, e se ela tem medo de residir no local, sendo que as respectivas respostas encontram-se no Quadro 22.

Quadro 22 - Respostas dos entrevistados em relação aos motivos para permanecerem no local e se têm medo.

Considerações do que a faz ficar na casa e se tem medo			
nº	Nome	o que te faz ficar	se tem medo
1	N01	ótimo local pra morar, tranquilo	assalto sim, água não
2	N02	o comércio, tem bar e armazem no local	receio de que ocorra novamente
3	N03	não ter outro lugar para morar	não, pq não vai acontecer denovo
4	N04	não ter outro lugar para morar	tem medo de acontecer denovo
5	N05	não ter outro lugar para morar	sim, sempre que chove fica muito ansioso
6	N06	não ter outro lugar para morar	sim, sofre com ansiedade quando chove muito
7	N07	não ter outro lugar para morar	sim, quando chove muito tem ansiedade
8	N08	boa localização da moradia/comercio	não é agradável morar num lugar onde já veio água
9	N09	não ter outro lugar para morar	não
10	N10	mora num lugar onde não pega água	não, pelo fato de saber que não pega água

Fonte: do Autor (2018).

Em relação ao motivo que levam o morador a residir no local, 60% afirmaram que não tinham outro lugar para morar, porém alguns também não faziam questão de trocar. Outros dois moradores possuem comércio no local e um considera a área tranquila e boa para morar.

No que se refere ao sentimento de medo por morar no local, a maioria das pessoas que já enfrentaram uma inundação tem receio de um novo acontecimento, e todos estes têm sofrem com ansiedade, quando chove muito, o que se vê na fala de E05, que diz: "Quando chove muito, ficamos muito angustiados e ansiosos, a fim

de não conseguir dormir”, e de E07: “A cada ameaça de temporal, inundação, até com o excesso de chuva, começa a nossa ansiedade”.

O entrevistado E08 comentou que “não é agradável pensar que a cheia já passou naquele espaço e que um dia poderá ocorrer novamente, por esse fato contraímos nossa casa com reforço estrutural e acima do nível da última cheia. Desejamos que não ocorra mais, mas se vier a ocorrer, estávamos cientes do risco”. Esse entrevistado é o único que, mesmo ficando num lugar vulnerável, construiu sua casa considerando essa vulnerabilidade.

Outros como o E01 simplesmente ignoram a vulnerabilidade e respondeu, sendo que o morador respondeu: “Fico aqui devido ao lugar ser bonito e tranquilo para morar”, e quanto ao fato de ter medo, falou que “de assalto, de água não”. Essa resposta representa a sociedade em geral, pelo fato de a violência estar vinculada todos os dias nas mídias, enquanto que a vulnerabilidade não é assunto discutido.

Para finalizar, foi disponibilizada uma questão aberta para todos os entrevistados, na qual podiam falar, explicar, sugerir, criticar ou relatar suas experiências da maneira que queriam. Pode-se destacar que a maioria acha que um dia vai ter uma nova inundação e enxurrada como aquela de 2010, mas que provavelmente ninguém estará vivo, pois vai demorar para acontecer de novo.

Também destacam e cobram um melhor e maior apoio do poder público, principalmente no desassoreamento dos arroios ao longo do vale. De acordo com o morador E03, “ajudaria muito tirar os cascalhos do meio do rio, para aumentar a vazão d’água”. Para o E04, outro entrevistado, “não se vê nenhum trabalho ou investimento do poder público para evitar novas catástrofes”.

Uma parte dos entrevistados refere intensamente ao evento ocorrido em 2010, e muitos acham que vai, ou que pode ocorrer mais vezes um desastre parecido ou pior, porém lembram que provavelmente não estarão mais vivos.

O entrevistado E01 falou que não iria se repetir, porém admite que um evento dessa magnitude ou maior já acontece: “Acho que não vai acontecer novamente, porém acredito que há muitos anos atrás deve ter ocorrido uma enchente grande,

provavelmente maior que a de 2010, pois encontramos cascalhos enterrados numa área mais alta onde a última enchente atingiu”.

Segundo o poder público do Município de Marques de Souza, as obras novas serão liberadas após os terrenos serem drenados e aterrados, e a construção for executada na cota livre de enchente, definida pela Câmara de Vereadores como sendo de 55 metros. Segundo os dados do município e de acordo com o engenheiro Juliano, a inundação de 2010 foi consequência de uma enxurrada e não enchente, quando o rio subiu até um certo nível e desceu imediatamente. Ainda segundo o engenheiro, naquele desastre inundou 75% da área urbana do município, e finaliza dizendo que o setor de planejamento do município está restringindo de certa forma novos projetos urbanísticos em área suscetíveis, mas que também tem o bom senso para não ser tão rígido nas restri es, para evitar que o município deixe de crescer.

Em suma, pode-se notar que os moradores acreditam que pode haver mais um desastre daqui a um longo período. A maioria acredita que vai chegar água mais uma vez onde já se tem notícias, mas não se sente vulnerável pelo fato de acreditarem que vai demorar muito tempo para acontecer novamente.

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como principal objetivo a realização de uma avaliação da vulnerabilidade e riscos a inundações e enxurradas na bacia hidrográfica do Rio Forqueta/RS, e foi realizado com três objetivos específicos. O primeiro consistiu na avaliação da vulnerabilidade da população em função das inundações e enxurradas; o segundo, na realização de uma classificação dos riscos hidrológicos no Vale do Rio Forqueta, a partir do cruzamento entre os mapas de suscetibilidade e de vulnerabilidade; e o terceiro foi compreender as condicionantes sociais da vulnerabilidade, a partir da percepção da população acerca das inundações e enxurradas.

No mapa final da vulnerabilidade da população, pode-se destacar que poucas áreas ficaram com vulnerabilidade alta. Nas classificações e pesos dados nas diversas variáveis nas dimensões demográfica, social, e de saneamento e infraestrutura, o que mais influencia a vulnerabilidade de um local não é o fato de haver muitas residências e moradores propriamente e nem as condições de infraestrutura, mas qual a potencialidade desses moradores em uma eventual desocupação e também as condições de reconstrução ao voltarem para suas casas. Também reflete em muito a questão de haver no local muitas crianças ou idosos, bem como o poder econômico dos moradores no caso de precisarem sair de suas moradias.

Ressalta-se que um setor que não foi classificado com vulnerabilidade média ou baixa não pode ficar sem atenção dos órgãos responsáveis, num eventual evento extremo, pois seus moradores também precisam de ajuda e principalmente de instruções e orientação prévias antes, durante e após um evento extremo.

Com relação à classificação dos riscos, elaborada por meio do cruzamento entre o mapa de suscetibilidade e de vulnerabilidade, as possíveis áreas que podem ser atingidas foram classificadas na sua maior parte como de risco alto para médio e, nesse caso, os centros urbanos, conseqüentemente com muitos moradores, foram classificados como áreas de risco muito alto. Nessa classificação é muito importante a altura e rapidez com que a água pode chegar nesses lugares, indicando quantos moradores deverão ser orientados a desocuparem suas residências em um menor tempo possível.

No mapa de risco, pode-se verificar que as áreas consideradas de risco alto e médio são aquelas que necessitam de um maior tempo de uma possível evacuação, o que de fato, facilitaria para os órgãos de defesa evitarem desastres com mortes, desde que haja um sistema de alerta ou monitoramento contínuo e eficaz para esse fim.

Quanto às condicionantes sociais da vulnerabilidade a partir da percepção da população acerca das inundações e enxurradas, verifica-se que a maioria dos entrevistados não tem medo e não se sente vulnerável a eventos hidrológicos extremos. Os moradores acreditam que poderá acontecer mais eventos extremos iguais ou maiores do que o de 2010, mas que vai demorar muito tempo para isso acontecer. Por esse fato, a maioria tem ciência de que se encontra em vulnerabilidade, porém não tem medo e não se acha em perigo ou risco em relação a inundações e enxurradas.

Analisando-se os três objetivos específicos, nota-se que nas áreas classificadas com vulnerabilidade muito alta ou alta, e onde existe risco na classificação, a população não se sente dessa maneira. Mesmo residindo em área com alta vulnerabilidade, os moradores entrevistados não se sentem nessa situação, pois renegam o fato de que novas enxurradas possam ocorrer. Preferem acreditar

na excepcionalidade do fenômeno, mesmo que geograficamente o estudo mostre a existência de vulnerabilidade e risco constante.

Com esse estudo, será possível aos órgãos de defesa dos municípios pertinentes verificarem e cadastrarem seus moradores mais vulneráveis e em risco maior, para facilitar uma orientação mais precisa e mais eficaz. Também permitiria verificar as possíveis falhas na infraestrutura das moradias que estão localizadas em áreas de risco maior, para tentar deslocar as famílias mais vulneráveis. Com o mapa de vulnerabilidade e o mapa de risco, poderia ser elaborado um mapa de restrições de uso de solo para fins residenciais, evitando-se novas construções em áreas problemáticas.

Nesse estudo, vale ressaltar que uma das grandes limitações foi a desatualização dos dados obtidos do IBGE, no Censo Demográfico realizado no ano de 2010. Esse fato com certeza altera diversas variáveis em relação aos dias atuais. Igualmente, nas pesquisas não foram ouvidos todos os moradores incluídos nas faixas de suscetibilidade, fazendo com que as variáveis escolhidas para determinar o mapa de vulnerabilidade, podem ser adequadas para o local desse estudo, mas não poderão ser as melhores em outros locais.

Indica-se que estudos futuros poderão atualizar os dados utilizados, uma vez que o IBGE promoverá outro Censo Demográfico no ano de 2020, possibilitando elaborar um mapa de zoneamento com restrições de construção, bem como trabalhar em escala de áreas menores e verificar as condições construtivas das moradias individualmente, como também os moradores.

Na mesma seara, sugere-se analisar as condicionantes sociais junto a uma amostra mais significativa das populações atingidas, fazendo uso de metodologias quantitativas. Na presente pesquisa, a união dos dados sociais com os geográficos permitiu observar contrastes interessantes entre a realidade geográfica e a percepção da população, sendo que essa análise poderia ser expandida em novos estudos.

REFERÊNCIAS

ANAC. Agência Nacional de Aviação Civil, 2017. **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial – RBAC**. v. 94, 2017.

AMARAL, Rosângela do. RIBEIRO, R. R. Inundação e Enchentes. 2009. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. **Desastres Naturais: conhecer para prevenir**. 2 ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2012. cap. 3. p. 39-52.

ASSUNÇÃO, Márcio. G. T. et al. Filtragem e classificação de pontos LIDAR para a geração de Modelo Digital do Terreno. XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007.

ATLAS BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS: 1991 a 2012. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. 2 ed. rev. ampl. **CEPED**. Florianópolis: CEPED UFSC, 2013. Disponível em: <http://www.ceped.ufsc.br/wp-content/uploads/2012/01/AMAZONAS_mioloWEB.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2017.

AUGUSTO FILHO, O. Caracterização geológico-geotécnica voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica. In: Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas, Rio de Janeiro, 1992. **Anais...** Rio de Janeiro: ABMS/ABGE/ PUCRJ, v.2, p.721-733, 1992.

AVILA, Luciele. O. de. **Vulnerabilidade das Áreas sob Ameaça de Desastres Naturais na Cidade de Santa Maria/RS**. Tese de Doutorado ao Programa de Pós-graduação em Geografia. Instituto de Geociências. UFRGS. 2015.

BARATTO, Jakeline; WOLLMANN, Cássio A; HOPPE, Ismael. L. Distribuição da precipitação pluviométrica no período veranil e invernal de 2013/2014 na área urbana de Santa Maria/RS e seu entorno. **Ciência e Natura**. Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 577-593, 2015.

BARBOSA, Zileny N. T.; OLIVEIRA, Wellington N.; ALVES, Paulo R. Uso de geotecnologias para mapeamento de áreas de risco. Estudo de caso: Angra dos Reis- RJ. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR). 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 4940-4947. Disponível em: <<http://urlib.net/3ERPFQRTRW/3A5D2GP>>. Acesso em: 28 abr. 2017.

BERNARDES, Fernando. F.; SUERTEGARAY, Dirce. M. A.. O Uso de Geotecnologias para o Estudo do Conceito de Meio Ambiente no Ensino Médio. **Geografia: Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 13, n. 2, julho de 2009.

BERNARDI, José V. E.; LANDIM, Paulo M. B. Aplicação do Sistema de Posicionamento Global (GPS) na coleta de dados. **Geociências**, VII (6): 75-79, dezembro de 2002. Disponível em: <<http://revistas.ung.br/index.php/geociencias/article/viewFile/1443/1240>>. Acesso em: 14 mai. 2017.

BERNINI, Henrique et al. Apoio a gestão da drenagem urbana: a identificação de pontos críticos de inundação em Porto Velho-RO. In book: **Amazônia: desafios e perspectivas para gestão das águas**. Curitiba: Publisher Editora, 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/282294734_Apoio_a_gestao_da_drenagem_urbana_a_identificacao_de_pontos_criticos_de_inundacao_em_Poerto_Velho-RO>. Acesso em: 13 set. 2017.

BITAR, Omar Y. (Coord.) **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações 1:25.000**: nota técnica explicativa. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo. 2014. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/16588/NT-Carta_Suscetibilidade.pdf?sequence=1>. Acesso em: 12 ago. 2017.

BONHAM-CARTER, Graeme F. Geographic information systems for geoscientists: modelling with GIS. In: **Computer Methods in the Geosciences**, v. 13. Ontario: Pergamon, 1996.

BRANDÃO, A. M. P. M. Clima Urbano e Enchentes na Cidade do Rio de Janeiro. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (Org.) **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

BRASIL, Guilherme. G. **Monitoramento ambiental com a utilização de veículos aéreos não tripulados (VANTs)**. Curitiba: UFPR, 2012. Dissertação. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2012.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Classificação e Codificação Brasileira de Desastres**. Secretaria Nacional da Defesa Civil. Brasília, 2007. Disponível em: <http://www.integracao.gov.br/documents/3958478/0/Anexo+V+-+Cobrade_com+simbologia.pdf/d7d8bb0b-07f3-4572-a6ca-738daa95feb0>. Acesso em: 13 out. 2017.

BRASIL. Ministério das Cidades. Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. Organizadores:

CARVALHO, Celso S.; MACEDO, Eduardo S. de; OGURA, Agostinho T. Brasília: Instituto de Pesquisas Tecnológicas. 2007.

BRUBACHER, João. P. **Análise da suscetibilidade a inundações, na área urbana do município de Igrejinha/RS**. Porto Alegre: UFRGS, 2013. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

CÂMARA, Gilberto et al. **Análise Espacial e Geoprocessamento**. Brasília: Embrapa, 2004.

CAS, Rodrigo da. **Estudo da influência da PCH Salto Forqueta na enchente de 04 de janeiro de 2010**. Lajeado: Univates, 2015. 105 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10737/988>>. Acesso em: 12 set. 2017.

CASTRO, Antônio. L. C. (Coord.). **Glossário de Defesa Civil Estudos e Medicina de Desastres**. 5. ed. Ministério da Integração Nacional de Defesa Civil- SEDEC. Brasília, 2009.

CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO. **Capacitação em gestão de riscos**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016.

CERRI, Leandro E. S. **Riscos geológicos associados a escorregamentos: uma proposta para a prevenção de acidentes**. UEP, São Paulo, 1993. 197f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1993.

CHAPLOT, Vincent et al. Accuracy of interpolation techniques for the derivation of digital elevation models in relation to landform types and data density. **Geomorphology**, v. 77, n. 1, p. 126-141, 2006.

CHEMIN, Beatris F. **Manual da Univates para trabalhos acadêmicos: planejamento, elaboração e apresentação**. 3. ed. Lajeado: Univates, 2015. E-book. Disponível em: <www.univates.br/biblioteca>. Acesso em: 10 abr. 2015.

COMITÊ TAQUARI- ANTAS. Quem somos. **Taquari-Antas**. 2014. Disponível em: <<http://www.taquariantas.com.br/site/home/pagina/id/13>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

COMO SE FORMOU A ENCHENTE QUE ATINGIU ROLANTE E RIOZINHO. 06/01/2017. **Gaúcha ZH**. Disponível em: <<https://gauchazh.clicrbs.com.br/geral/noticia/2017/01/como-se-formou-a-enchente-que-atingiu-rolante-e-riozinho-9157773.html>>. Acesso em: 12 mar. 2017.

CRUDEN, David M.; VARNES, David J. Landslide Types and Processes. LANDSLIDES - Investigation and Mitigation. Transportation Research Board-**National Research Council**. USA. Vol. 1, pp. 36-75. 1996.

CRUZ, Carla. B. M. et al. Avaliação da exatidão planialtimétrica dos modelos digitais de superfície (MDS) e do terreno (MDT) obtidos através do LIDAR. In: XV Simpósio brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. **Anais...** Curitiba: INPE 2011.

DEFESA CIVIL. Avaliação de danos do município de Marques de Souza. 04/01/2010.

ECKHARDT, Rafael R. **Geração de Modelo Cartográfico Aplicado ao Mapeamento das Áreas Sujeitas a Inundações Urbanas na Cidade de Lajeado/RS**. UFRGS, 2008, 117 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento) - Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/13755>>. Acesso em: 14 set. 2017.

EM - DAT. **The International Disaster Database**. Center for Research on the Epidemiology of Disasters - CRED. School of Public Health. Université catholique de Louvain. Clos Chapelle-aux-Champs, Bte B1.30.15. 1200 Brussels, Belgium. Disponível em: <<http://www.emdat.be/natural-disasters-trends>>. Acesso em: 23 abr. 2017.

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. **Relatório Anual sobre a Situação dos Recursos Hídricos no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: SEMA, 2007. Acesso em: 29 abr. 2017

FELL, Robin et al. Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. **Engineering Geology**, v. 102, n. 3-4, p. 85-98, 2008.

FERREIRA, Leandro V.; VENTICINQUE, Eduardo; ALMEIDA, Samuel. O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 19, n. 53, p.157-166, 2005.

FIGUEIREDO, Divino. Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto. **Conab**. 2005. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/>>. Acesso em: 12 abr. 2017.

FLORENZANO, Teresa. C. et al. Multiplicação e adição de imagens Landsat no realce de feições da paisagem. In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10, 2001, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** (cd-room). São José dos Campos: INPE, 2001.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL. Qualidade das águas da Bacia Hidrográfica do Rio das Antas e Rio Taquari. 2002. **FEPAM**. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade_taquari_antas/taquariantas.asp>. Acesso em: 25 mai. 2017.

GOERL, Roberto. F.; KOBAYAMA, Masato. Considerações sobre as inundações no Brasil. XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. João Pessoa, 2005. **Anais...** Porto Alegre, ABRH, 2005.

GOERL, Roberto. F.; KOBAYAMA, Masato; PELLERIN Joel. R. G. M. Mapeamento de vulnerabilidade no município de Rio Negrinho- SC: uma proposta metodológica. **Caminhos de Geografia Uberlândia**, n. 4, p. 205-221, 2010.

GOERL, Roberto F.; KOBAYAMA, Masato; PELLERIN, Joel R. G. M. Proposta metodológica para mapeamento de áreas de risco a inundação: estudo de caso do município de Rio Negrinho. **Boletim Geográfico**. v. 30, n. 1, p. 81-100, 21 jun. 2012.

GRASSI, Jean et al. Mapeamento da vulnerabilidade a inundações e deslizamentos de terra no Estado do Paraná. In: XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO- SBSR, Foz do Iguaçu, 13 a 18 abr. 2013. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2013. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0608.pdf>>. Acesso em: 11 ago. 2017.

GREINER, Claiton. **Avaliação do Referencial de Nível das Inundações da Cidade de Lajeado/RS**. Centro Universitário Univates: Lajeado, 2014. 88 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Ambiental, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2014. Disponível em: <<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/688/1/2014ClaitonGreiner.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2017.

GUASSELLI, Laurindo A. et al. Modelagem Hidrológica e Espacialização de Áreas Suscetíveis às Inundações no Município de Igrejinha- RS. **Geo UERJ**, n. 28, p. 353-380, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/303779648_MODELAGEM_HIDROLOGICA_E_ESPACIALIZACAO_DE_AREAS_SUSCETIVEIS_AS_INUNDACOES_NO_MUNICIPIO_DE_IGREJINHA_RS>. Acesso em: 09 out. 2017.

GUERRA, J. T.; CUNHA, S. B. da. (Org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

GUIMARÃES, Flávio R. et al. Movimento de Massa. In: FLORENZANO, Teresa G. (Org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

HAJKOWICZ, S. e COLLINS, K. A Review of Multiple Criteria Analysis for Water Resource Planning and Management. **Water Resources Management**, v. 21, p. 1553-1566, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE. **Censo 2010**. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/1E9I>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual Técnico de Pedologia**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2007.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Catálogo de imagens. **INPE**. 2017. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 20 mai. 2017.

JENSEN, John R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2. ed. São José dos Campos: Parentese, 2009.

JULIÃO, Rui P. et al. **Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica (SIG) de base municipal**. Autoridade Nacional de Proteção Civil. Lisboa, 2009.

KOBIYAMA, Masato et al. **Prevenção de Desastres Naturais: Conceitos Básicos**. Florianópolis: Organic Trading, 2006.

KÖPPEN, W. **Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science**. Berlin: Walter de Gruyter, 1931.

KUREK, Roberta K. M. **Avaliação do Tempo de Retorno dos Níveis das Inundações no Vale do Taquari / RS**. Centro Universitário Univates: Lajeado, 2012. 92 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Ambiental, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2012. Disponível em: <<https://univates.br/bdu/bitstream/10737/429/1/ROBERTAKUREK.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2017.

LICCO, Eduardo. A.; DOWELL, Silvia F. M. Alagamentos, Enchentes Enxurradas e Inundações: Digressões sobre seus impactos sócio econômicos e governança. **Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística**, v. 5, n. 3, dez. 2015. São Paulo: Centro Universitário Senac. Disponível em: <http://www.sp.senac.br/blogs/revistainiciacao/wp-content/uploads/2015/12/110_IC_artigo-.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2018.

LIMA, Luís M. M. de. **Mapeamento da suscetibilidade à inundação na bacia hidrográfica do Arroio do Salso, Porto Alegre- RS**. Porto Alegre: UFRGS, 2010. 174 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/25554>>. Acesso em: 12 mai. 2017.

MANZINI, Eduardo J. A entrevista na pesquisa social. In: **Didática**. São Paulo, v. 26/27, p. 149-158, 1990/1991.

MARCELINO, Emerson. V. **Desastres Naturais e Geotecnologias: conceitos básicos**. São José dos Campos: INPE, 2008.

MARINO, Tiago B.; DA SILVA, Jorge X.; QUINTANILHA, José A. Metodologia para tomada de decisão no âmbito de riscos socioambientais em áreas urbanas: desmoronamentos e enchentes em assentamentos precários na bacia do córrego Cabuçu de Baixo- SP. **Revista Brasileira de Cartografia**, 2012.

MARQUES DE SOUZA (Município). **Avaliação de danos do Município de Marques de Souza**. Defesa Civil, 2010.

MARTINS, Eduardo M. **WebGIS Aplicado ao Gerenciamento Costeiro Integrado**. Porto Alegre: UFRGS, 2013. 163 f. Dissertação (Mestrado em Geociências). Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/72095/000881611.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 19 abr. 2017.

MARTINS, Patrícia de A. **Mapeamento das áreas suscetíveis a deslizamentos no perímetro urbano de Igrejinha - RS**. Porto Alegre: UFRGS, 2013, 158 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/86449>>. Acesso em: 25 mar. 2017

MATTEDI, Marcos A.; BUTZKE, Ivani. C. A relação entre o social e o natural nas abordagens de hazards e de desastres. **Ambiente & Sociedade**. 2001, ano IV, n. 9.

MELLO, Luiz C. B. de B.; BANDEIRA, Renata A. de M.; BRANDALISE, Nilson. Selection of rework measurement methodology utilizing AHP method. **Gest. Prod.** vol. 25 n.1. São Carlos. Jan./Mar. 2018. Epub Sep 04, 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-530X2018000100094&script=sci_arttext&tlng=en>. Acesso em: 12 ago. 2017.

MENDES, José. M. et al. **Vulnerabilidade Social aos Riscos Naturais e Tecnológicos em Portugal**. In: C. Guedes Soares, C. Jacinto, A.P. Teixeira, P. Antão (Org.), Riscos Industriais e Emergentes. Lisboa: Edições Salamandra, 2009.

MENESES, Paulo R.; ALMEIDA, Tati (Org.). **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. 1 ed. Brasília: UnB/CNPq, 2012.

MENEZES, Daniel J. **Zoneamento das áreas de risco de inundação na área urbana de Santa Cruz do Sul – RS**. Santa Maria: UFSM, 2014.137 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/ppggeo/images/dissertacoes/dissertacoes_2014/Dissertacao_Daniel_Menezes.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2017.

MEYER, C. D. **Matrix Analysis and Applied Linear Algebra**. 1 ed. Philadelphia: SIAM, 2003.

MITCHELL, James. K. Megacities and natural disaster: a comparative analysis. **Geojournal**. v. 49, p. 137-142, 1999.

MORAES, Elisabete C. **Fundamentos de sensoriamento remoto**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). São José dos Campos, 2002

MORAES, I. B. C. M.; RIBEIRO, G. P.; LARENTIS, D. G. Sistema de Informação Geográfica (SIG) aplicado ao mapeamento de áreas suscetíveis a escorregamento no município de Angra Dos Reis-RJ. In: IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. **Anais...** Recife: mai. 2012.

MORAES, Sofia Royer. **Mapeamento das áreas e edificações atingidas pelas inundações do Rio Taquari na área urbana do município de Lajeado/RS**. 2015. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 24 nov. 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10737/997>>. Acesso em: 12 ago. 2017.

MOREIRA, Maurício A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2005.

NACHORNIK, Valdomiro L.; BRISKI, Sandro J.; PRATES, Venina. O mapeamento das vulnerabilidades ambientais em áreas urbanas da região metropolitana de Curitiba/pr como proposta para minimização de desastres. **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, n. 47E, 2011. Disponível em: <<http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/2521>>. Acesso em: 14 jul. 2017.

NOVO, Evelyn M. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 4. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2010.

OLIVEIRA, Guilherme G. de. **Modelos para Previsão, Espacialização e Análise das Áreas Inundáveis da Bacia Hidrográfica do Rio Caí, RS**. UFRGS, 2010, 149 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Centro Estadual de Pesquisa em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/26020/000753299.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 12 ago. 2017.

OLIVEIRA, Guilherme de et al. Análise da suscetibilidade a inundações e enxurradas na bacia hidrográfica do Rio Forqueta, RS, Brasil. **Revista Geociências**, Rio Claro, SP, Brasil eISSN: 1980-900X (to appear).

OLIVEIRA, Guilherme G. de et al. Interpretação e mapeamento geomorfológico da bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, com suporte de técnicas de geoprocessamento e utilização de dados orbitais e cartográficos. In: XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO- SBSR. João Pessoa- PB, Brasil, 25 a 29 abr. 2015, INPE. **Anais...** João Pessoa- PB. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p1404.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2017.

PAMPLONA, J. V.; FERNANDES, Teresa M. Avaliação do risco à ocorrência de movimentos de massa: proposta de uma metodologia. **Comunicações Geológicas**, v. 101, n. Especial II, p. 923-926, 2014.

PEIXOTO, Jerusa D. S.; FARINA, F. **Veículo Aéreo Não-Tripulado (VANT): Qualidade dos produtos e aplicabilidade em estudos ambientais**. Resultados

preliminares. 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/113391>>. Acesso em: 23 set. 2017.

PORFIRIEV, Boris N. **Disaster policy and emergency management in Russia**. New York: Nova Science, 1998.

RAMOS, Paola A. S. **Proposta Metodológica Para Mapeamento De Vulnerabilidade No Município De Igrejinha, RS**. UFRGS, 2017, 130 fl. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento) – Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/171230/001055104.pdf?sequencia=1>>. Acesso em: 21 jan. 2018.

RECKZIEGEL, Bernadete. W. **Levantamento dos desastres desencadeados por eventos naturais adversos no estado do Rio Grande Do Sul no período de 1980 a 2005**. Dissertação de Mestrado. Vol. I. Universidade federal de Santa Maria. Centro de Ciências Naturais e Exatas. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Santa Maria, 2007. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/ppggeo/files/dissertacoes_06-11/BernadeteReckziegel.pdf>. Acesso em: 11 set. 2017.

RECKZIEGEL, Bernadete W.; ROBAINA, Luis E. S.; OLIVEIRA, Edson. L. A. de. Mapeamento de áreas de risco geomorfológico nas bacias hidrográficas dos Arroios Cancela e Sanga do Hospital, Santa Maria- RS. Geografia (Londrina). **Revista do Departamento de Geociências**, v. 14, n. 1, jan./jun. 2005.

REIS, Janete T. et al. Mapeamento de vulnerabilidade a desastres hidrológicos nos municípios de Alto Feliz e São Vedelino / RS como forma de contribuição à Engenharia de Sedimentos. 2014. In: XI Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos. **Anais...** Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/gpdn/wordpress/wp-content/uploads/2015/02/mapeamento-vulnerabilidade.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

REIS, Janete T. et al. Correlação das variáveis para mapeamento de vulnerabilidade aos desastres hidrológicos no Arroio Forromeco- RS. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas**, v.38, nº 3, p.1361-1371. UFSM. Santa Maria, 2016. Disponível em: <<http://oaji.net/articles/2017/1602-1486038480.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2017.

ROSA, Roberto. Geotecnologias na Geografia Aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**. UDUFU. Uberlândia, out. 2005, p. 81-90.

ROSSONI, Diogo F. **Análise de variância para experimentos com dependência espacial**. UFLA. Lavras: UFLA, 2011. 108 f. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agropecuária). Programa de Pós-Graduação em Estatística e Experimentação Agropecuária, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

SAATY, Thomas L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 15, n. 3, p. 234-281, 1977.

SAATY, Thomas L. **Prediction, Projection and Forecasting**. Kluwer Academic. Boston, 1991.

SAATY, Thomas. L. **The Analytic Hierarchy Process**. McGraw-Hill, New York, 1980.

SANCHES, Fabio de O. et al. Chuvas no rio grande do sul: um estudo sobre as precipitações acumuladas intensas no alto Uruguai gaúcho. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 15, 2015.

SANTOS, Daniel M. dos. **Zoneamento das áreas suscetíveis a movimentos de massa, enxurradas e inundações no município de Marques de Souza–RS**. Lajeado: UNIVATES. 2015. 135f. (Trabalho de Conclusão de Curso). Curso de Engenharia Ambiental, Centro Universitário UNIVATES, 2015. Disponível em: <file:///C:/Users/SECRETARIA/Downloads/2015DanielMartinsdosSantos.pdf>. Acesso em: 12 out. 2017.

SANTOS, E.; Enchente no Rio Taquari - janeiro de 2010. **Apena-ONG**. Disponível em: <<http://estrela-rs-aepan.blogspot.com.br/2010/01/enchente-no-rio-taquari-janeiro-de-2010.html>>. Acesso em: 07 set. 2017.

SANTOS, Juliana S. dos S. et al. Identificação da dinâmica espaço-temporal para estimar área cultivada de soja a partir de imagens MODIS no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 18, 54-63. 2014.

SANTOS, K. R. Dos. Inundações urbanas: um passeio pela literatura. Èlisée, **Rev. Geo.**, v. 1, n. 1, p. 177–190, 2012.

SANTOS, Rosely. F. dos. (Org.). **Vulnerabilidade Ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos**. Brasília: MMA, 2007.

SAUERESSIG, Silene R.; ROBAINA, Luis E. S. Zoneamento das áreas de risco à inundação da área urbana de Itaqui- RS. **Boletim Gaúcho de Geografia**, v. 42, n. 2, 2013.

SAUSEN, Tania. M.; LACRUZ, Maria. S. P. **Sensoriamento Remoto para Desastres**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

SCHENKEL, Júlia C. **Mapeamento das áreas de risco de escorregamentos translacionais na bacia do arroio Forromeco**. Porto Alegre: UFRGS, 2014, 76 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

SILVA, Ardemirio B. **Sistemas de Informações Georreferenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas: Unicamp, 1999. (Coleção Livro-Texto).

SILVA, Aline N.; VERARDO, Gustavo F.; WOLLMANN, Cássio A. Variabilidade Intraurbana da Precipitação Pluviométrica em Santa Maria/RS, no período de 2005-2015. Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica. **Anais...** Goiânia, 2016.

Disponível em:

<[http://www.abclima.ggf.br/sbcg2016/anais/arquivos/eixo_6/trabalho%20\(35\).pdf](http://www.abclima.ggf.br/sbcg2016/anais/arquivos/eixo_6/trabalho%20(35).pdf)>.

Acesso em: 12 ago. 2017.

SILVA, Diva M. R. **Aplicação do Método AHP para avaliação de projetos industriais**. PUC. Rio de Janeiro: 2007. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial. Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2007.

SILVA, J. R. et al. **Análise Morfométrica do Perímetro Urbano de Goiás/Rio Vermelho com Dados obtidos por VANT's**. 2015.

SILVA, Jorge. X. da; Z AidAN, Ricardo. T. (Org.) **Geoprocessamento & Análise Ambiental: Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

SILVA, J. X. O que é Geoprocessamento? Rio de Janeiro RJ: **Revista do CREARJ**, 2009.

SLOCUM, Terry A. et al. **Thematic Cartography and Geovisualization**. 3rd. Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 2009.

SOUZA, Célia. R. G. Suscetibilidade morfométrica de bacias de drenagem ao desenvolvimento de inundações em áreas costeiras. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 6, nº 1, p. 45-61, 2005.

SOUZA, N. B. M.; CORRÊA, A. C. S.; BERNINI, H. Classificação de risco em áreas sujeitas à inundação nas bacias urbanas dos igarapés Grande e Santa Bárbara - Porto Velho - RO. In: XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. **Anais...** Maceió, Nov-Dez. 2011.

STEPHENSON, D. Integrated flood plain management strategy for the Vaal. **Urban Water**, v.4, p.425-430, 2002.

TOBIN, Graham. A.; MONTZ, Burrel. E. **The Impacts of a Second Catastrophic Flood on Property Values in Linda and Olivehurst, California**, Natural Hazards Research and Applications Center, University of Colorado, Boulder, 1997.

TRIVIÑOS, Augusto W. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais**. São Paulo: Atlas, 1987.

TRIVIÑOS, Augusto N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

TUCCI, Carlos. E. M. **Modelos Hidrológicos**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2005.

UITTO, J. I. The geography of disaster vulnerability in megacities: a theoretical framework. **Applied Geography**. v. 18, n. 1, p. 7-16, 1998.

UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES. Núcleo de Informações Hidrometeorológicas. 2017. **Univates**. Disponível em: <<https://www.univates.br/nih/historico-de-dados>>. Acesso em: 08 jun. 2017.

VEDOVELLO, R.; MACEDO, E. S. de. Deslizamentos de Encostas. In: SANTOS, Rozely Ferreira dos (Org). **Vulnerabilidade Ambiental**. Brasília: MMA, 2007.192 p. VITTE, Antonio C.; SANTOS, Irani. Proposta metodológica para determinação de “unidades de conservação” a partir do conceito de fragilidade ambiental. In: **Revista Paranaense de Geografia**. 4, p. 60-68. Curitiba: AGB, 1999.

VOOGD, Hendrick. Evaluación Multicriterio para la planificación urbana y regional. London: Pion Limited, 1983.

WISNER, B. et al. **At Risk - Natural hazards, people's vulnerability and disasters**. Routledge, London, 2004.

APÊNDICE A – Questionário



Questionário nº _____

Título do projeto: avaliação da vulnerabilidade e riscos a inundações e enxurradas na bacia hidrográfica do Rio Forqueta – RS

1 - Idade: _____ 2 - Sexo: _____

3 - Escolaridade: _____

4 - Moradia: () própria () alugada

5 - Padrão construtivo:

6 - Tempo em que mora na moradia:

7 - O que o faria sair da casa:

8 - Teria moradia alternativa ao sair:

9 - Se já perdeu com enxurrada, como foi a reconstrução ou teve ajuda? De quem?:

10 - Ao comprar o imóvel, foi alertado da sua situação, tanto pelo vendedor como pela prefeitura? Foi tranquilizado?

11 - Ao comprar o imóvel, considerou a vulnerabilidade ou o perigo?

12 - O que o faz ficar?

13 - Você tem medo?

14 - Outros comentário livres:

APÊNDICE B – Termo de consentimento livre e esclarecido



Participante nº _____

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do projeto: AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE E RISCOS A INUNDAÇÕES E ENXURRADAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORQUETA - RS

Prezado(a) Senhor(a):

Fazemos parte de um grupo de pesquisadores do Centro Universitário Univates que, dentre as pesquisas em andamento, vem realizando um estudo sobre a vulnerabilidade e riscos a inundações e enxurradas na bacia hidrográfica do Rio Forqueta - RS.

O objetivo da pesquisa é avaliar e tentar entender a vulnerabilidade geográfica e social em relação a inundações e enxurradas na bacia hidrográfica do Rio Forqueta.

Para a execução do projeto serão realizadas entrevistas e observações com moradores para saber a opinião dos mesmo com o intuito de obter informações que possam contribuir para o atendimento dos objetivos propostos.

O participante da pesquisa **não terá custos** e, da mesma forma, **não será concedido qualquer tipo de benefício financeiro** pela participação. Os resultados da pesquisa serão publicados, no entanto, as informações do participante (nome, idade, sexo, endereço) não serão divulgadas e nem passadas a outros estudos. Também não será necessário informar o nome do entrevistado durante as visitas.

Em caso de qualquer dúvida, o senhor(a) poderá entrar em contato com o pesquisador responsável (Rodrigo Luis Bald) pelo telefone (51) 3714-1292.

Rodrigo Luis Bald
Mestrando do Programa de Pós-Graduação
em Sistemas Ambientais Sustentáveis

Dr. Marlon Dalmoro
Co-orientador da Pesquisa
Programa de Pós-Graduação em
Sistemas Ambientais Sustentáveis

Eu, _____ recebi as orientações necessárias para entender o estudo e concordo em participar do mesmo.

Assinatura do participante



UNIVATES

R. Avelino Tallini, 171 | Bairro Universitário | Lajeado | RS | Brasil
CEP 95900.000 | Cx. Postal 155 | Fone: (51) 3714.7000
www.univates.br | 0800 7 07 08 09