



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**ÍNDICE DE VULNERABILIDADE COMO MÉTODO DE ANÁLISE DE
RISCO A INUNDAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO
FEIJÓ, RS**

MICHELLI DE OLIVEIRA SCHNEIDER

PORTO ALEGRE 2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

ÍNDICE DE VULNERABILIDADE COMO MÉTODO DE ANÁLISE DE
RISCO A INUNDAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO
FEIJÓ, RS

MICHELLI DE OLIVEIRA SCHNEIDER

ORIENTADOR: Prof. Dr. ULISSES FRANZ BREMER

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação
em Geografia como requisito parcial
para obtenção do título de
Mestre em Geografia

Banca Examinadora:

Prof^a Teresinha Guerra (PPG Ecologia – UFRGS)

Prof. Jefferson Cardia Simões (PPG Geografia – UFRGS)

Prof. Laurindo Antonio Guasselli (PPG Geografia – UFRGS)

PORTO ALEGRE 2017

CIP - Catalogação na Publicação

Schneider , Michelli de Oliveira
Índice de Vulnerabilidade como Método de Análise
de Risco a Inundação da bacia Hidrográfica do arroio
Feijó, RS / Michelli de Oliveira Schneider . -- 2017.
159 f.

Orientador: Ulisses Franz Bremer .

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências,
Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre,
BR-RS, 2017.

1. Inundações . 2. Índice de Vulnerabilidade. 3.
Risco. 4. Perigo . I. Bremer , Ulisses Franz ,
orient. II. Título.

Agradecimentos

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul e ao Programa de Pós-graduação e em Geografia pela oportunidade de realização do mestrado, profissionais de alto nível e comprometimento.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao corpo docente do Departamento de Geografia, em especial meu orientador Ulisses F. Bremer através de suas sugestões e apoio.

Agradecer especialmente minha família pelo incentivo e atenção, principalmente meus irmãos Minnelli e Jorge que auxiliaram nas revisões e formatações dos textos.

Às amigas Isadora e Mariane pelo otimismo, apoio, incentivo constante e principalmente por entender meus momentos de ausências.

Aos demais amigos e amigas, colegas de profissão e de trabalho que contribuíram com sugestões, informações e sanando dúvidas, figurando de suma importância para a realização dessa pesquisa, em especial ao Leonardo Ritta, Matias Pacheco e Jefferson Motta.

À Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional (METROPLAN), através da Engenheira Paula B. Pinto profissional muito atenciosa fornecendo os dados atualizadas da área de estudo.

Agradeço ainda aos profissionais da prefeitura e moradores dos municípios de Alvorada, Porto Alegre e Viamão com suas contribuições e relatos importantes.

Por fim agradeço a todos que contribuíram de alguma forma para a realização dessa pesquisa.

RESUMO

O aumento da população em grandes centros urbanos, dos problemas ambientais, e as mudanças climáticas globais são alguns dos fatores que têm influenciado numa maior intensidade e a frequência de eventos extremos e de desastres naturais em todo o globo. A região sul do Brasil aparece como uma das mais afetadas, sofrendo com estiagens e inundações recorrentes. O presente estudo tem como objetivo analisar o risco de inundação da bacia hidrográfica do arroio Feijó que sofre frequentemente com inundações. Baseia-se na abordagem metodológica do Índice de Vulnerabilidade, que contempla dados demográficos e sociais dos setores censitários (IBGE). Abrange áreas dos municípios de Porto Alegre, Alvorada e Viamão, no estado do Rio Grande do Sul. Ao longo do período analisado, de 1980 a 2015, foram registradas 36 inundações em 19 anos, com a probabilidade de 53% ocorrência de um novo evento danoso a cada ano. Os meses com maior frequência são fevereiro setembro e outubro. Ainda que 63% dos anos com inundações tenham apontado atuação do fenômeno El Niño – Oscilação Sul, não é possível apontar influência direta dos mesmos nesses processos. Entendendo o risco como a relação do perigo ou ameaça de ocorrência de eventos adversos com a vulnerabilidade dos elementos expostos gerou-se a espacialização desses fatores e o mapa de risco de inundação. O perigo expressa a probabilidade quantitativa ou qualitativa de recorrência, abrangência, intensidade que ocorre o processo. Por meio da mancha de inundação de tempo de retorno de 100 anos, obteve-se o mapa de perigo. Os setores apontados com alto a muito alto perigo localizam-se nos bairros de Alvorada (Passo do Feijó, Umbu, Jardim Algarve e Americana) e Porto Alegre (Rubem Berta), apresentando de 50% a 80% das suas áreas com possibilidade de serem inundadas. O levantamento por meio do índice de vulnerabilidade proposto apontou os setores mais vulneráveis de toda a bacia em geral, bem como os que indicam qual população está mais exposta aos eventos adversos. Os municípios de Alvorada e Viamão foram os que apontaram mais setores com índice de elevado de vulnerabilidade. Setores que apontam baixo desenvolvimento social e baixa capacidade de enfrentamento aos desastres. Por meio do mapa de risco, foram identificadas as áreas com baixo a muito alto riscos de inundação da BHAF, os setores censitários mais críticos, encontram-se nos bairros Passo do Feijó e Americana em Alvorada. A análise de risco demonstra ser importante ferramenta para identificar áreas que necessitem maior atenção do poder público e investimentos em ações de proteção, prevenção e mitigação. A metodologia demonstrou ser eficaz, sendo de fácil execução, implementação e baixo custo. Pretende-se dessa forma, contribuir através desse estudo para uma gestão de riscos e desastres mais eficiente na área.

Palavras-chave: Inundações, Perigo, Índice de Vulnerabilidade e Risco.

ABSTRACT

The increase in population in large urban centers, environmental issues and global climate changes, among others factors, have increased the frequency and the intensity of extreme events and natural disasters across the globe and in this country. The south appears to be the most affected region, suffering from droughts and floods. This study aims to analyze the risks of flooding at the Feijó stream basin which often suffers from floods. The study is based on the methodological approach of the vulnerability index, which includes demographic and social data from the census tracts (IBGE). It covers areas of the municipalities of Porto Alegre, Alvorada e Viamão, at the Rio Grande do Sul state. Over the period analyzed, from 1980 to 2015, 36 floods were recorded in 19 years, with the probability of a 53% occurrence of a new damaging event each year. The most frequent months are February, September and October. Although 63% of the years with the occurrence of floods have also shown the occurrence of El Niño - South Oscillation phenomenon, it is not possible to indicate direct influence. Recognizing risk as the relation of danger or threat of adverse occurring events with the vulnerability of the elements exposed is how the spatialization of these factors and the flood risk map were generated. The hazard expresses the quantitative or qualitative probability of recurrence, extent, intensity in which the process occurs. By means of the 100-year return time flood spot the hazard map was obtained. The high-risk areas are located in the Alvorada (Passo do Feijó, Umbu, Jardim Algarve and Americana) and Porto Alegre (Rubem Berta) neighborhoods, pointing to 50% to 80% of these areas with the possibility of being flooded. The survey using the proposed Vulnerability index showed the most vulnerable sectors of the entire basin, as well as which population groups are most exposed to adverse events. The municipalities of Alvorada and Viamão were those that indicated more sectors with a high index of vulnerability. These are sectors that show low social development and low ability to cope with disasters. By means of the risk map, the areas with low to very high flood risks of BHAF (the most critical census tracts) were identified in the Passo do Feijó and Americana neighborhoods in Alvorada. The risk analysis proves to be an important tool to identify areas that need greater public attention and investments in protection, prevention and mitigation actions. The methodology proved to be effective, being to put into effect and implement, and at a low cost. The aim is to contribute through this study to a more efficient risk and disaster management in the area.

Key-words: Floods, Hazard, Vulnerability Index and Risk

Lista de Figuras

Figura 1. Localização da Área de Estudo em contexto regional.	17
Figura 2. Mapa de Localização da área de Estudo.	18
Figura 3. Mapa de uso do solo da bacia hidrográfica do arroio Feijó	29
Figura 4: Mapa Hipsométrico da Bacia hidrográfica do arroio Feijó.	34
Figura 5: Mapa Clinográfico da Bacia hidrográfica do arroio Feijó.	35
Figura 6: Gráfico das Classes Hipsométricas (m)	37
Figura 7: Gráfico Classes Clinográficas em %.	37
Figura 8: Mapa dos Solos da Bacia hidrográfica do arroio Feijó.	40
Figura 9. Gráfico das Normais climatológicas da precipitação, série histórica 1961-1990	44
Figura 10. Gráfico da chuva acumulada anual, Estação Porto Alegre, período entre 1980 e 2015.	44
Figura 11. Gráfico da chuva acumulada mensal, Estação Porto Alegre, período entre 1980 e 2015.	45
Figura 12: Gráfico da Frequência e Intensidade dos fenômenos El Niño e La Niña no período entre 1980 e 2015 e suas anomalias positivas e negativas na temperatura (°C).	47
Figura 13. Gráfico de Desastres Naturais ocorridos no Mundo entre 1971 e 2014.	53
Figura 14. Gráfico de Desastres Naturais ocorridos no Brasil entre 1980 a 2015.	54
Figura 15. Gráfico de Registros de ocorrências de desastres no Brasil no período entre 1991 e 2012	54
Figura 16: Probabilidade de decretação de anormalidade devido à (a) estiagem e (b) inundações para o período de 1982 a 2011.	56
Figura 17. Número de mortes e pessoas afetadas por desastres naturais para cada 100 mil/hab no período de 1974 a 2003.	60
Figura 18. Perfil transversal representativo de uma planície de inundação.	63
Figura 19. Perfil esquemático do processo de enchente e inundação.	65
Figura 20. Hidrograma e limites de inundação em área não urbanizada e urbanizada	67

Figura 21: Esquema de zoneamento das áreas inundáveis.	73
Figura 22. Diagrama com as etapas seguidas no desenvolvimento do trabalho	92
Figura 23. Mapa da área de inundação, mancha da área inundada do tempo de retorno de 100 anos.	96
Figura 24. Bairros e Setores censitários inseridos na Bacia hidrográfica do arroio Feijó.	98
Figura 25: Gráfico de distribuição anual das inundações no período entre 1980 e 2015, BHAF, RS.	103
Figura 26: Gráfico de distribuição mensal das inundações no período entre 1980 e 2015, BHAF, RS.	103
Figura 27. Gráfico de distribuição anual das inundações registradas para a região da BHAF, período entre 1980 e 1989.	106
Figura 28. Gráfico de distribuição anual das inundações registradas na BHAF, período entre 1990 e 1999	107
Figura 29. Gráfico de distribuição anual das inundações registradas em Alvorada no período entre 2000 e 2009	108
Figura 30. Gráfico de distribuição anual das inundações registradas em Alvorada no período entre 2010 e 2015	109
Figura 31. Inundações no bairro Americana e Passo do Feijó, em Alvorada, RS, ano de 2015. (a,b) Avenida Beira Rio alagada; (c,d) Prejuízos dos moradores, móveis destruídos após inundações.	111
Figura 32. Mapa de Perigo de Inundação estimado para os setores censitários, BHAF	118
Figura 33. Mapas dos Parâmetros do Índice de Vulnerabilidade: a) População total do setor; b) Densidade demográfica; c) Média de moradores por residência; d) População inativa (< 12 e > 65 anos).	124
Figura 34. Mapas Parâmetros do Índice de Vulnerabilidade: a) % da população com baixa renda e b) Taxa de analfabetismo.	125
Figura 35. Mapa do Índice de Vulnerabilidade da BHAF	127
Figura 36: Mapa do índice de vulnerabilidade dos setores censitários atingidos pela mancha inundação de TR 100 anos na BHAF	130
Figura 37. Mapa de Risco a inundação da bacia hidrográfica do arroio Feijó	134

Figura 38. Características do uso do solo e formas de relevo na porção sul da bacia, no município de Viamão.	135
Figura 39. a) Ponte sobre o arroio Feijó na Vila Augusta; b e c) Situação e condições da residência da moradora M.A.S. do bairro.	137
Figura 40. Situação do arroio Feijó na Vila Augusta, em Viamão, RS. (a,b)	137
Figura 41. Situação do arroio Feijó e área na Rua Treze de Setembro, em Alvorada, RS(a,b)	139
Figura 42. a) Avenida Beira Rio em Alvorada, RS e b) Ligação entre as cidades de Alvorada e Porto Alegre pela ponte no Beco do Paulino	140
Figura 43. Marcas da inundação do ano de 2015, residências da Av. Beira Rio, Alvorada, RS. (a,b)	141
Figura 44. Área com características de alta vulnerabilidade no Bairro Rubem Berta, Porto Alegre, RS. (a,b)	142
Figura 45. a) Local de descarte de resíduos às margens do arroio; b) Material reciclável disposto nas vias, Bairro Rubem Berta, Porto Alegre, RS.	143
Figura 46. Bancos de depósitos fluviais, ocupação urbana e acúmulo de resíduos em áreas de vertentes e APP no arroio Feijó, bairro Jardim Algarve, em Alvorada, RS (a,b)	144
Figura 47. Resíduos e materiais depositados às margens e no curso d'água (a,b,c,d).	146
Figura 48 Audiência Pública referente aos estudos das obras de enfrentamento e combate às cheias, Metroplan, realizado em 08/07/2016. (a,b)	147

Lista de Quadros e Tabelas

Quadro 1: Classes de uso do solo na bacia hidrográfica do arroio Feijó.	28
Quadro 2: Cobertura vegetal da bacia hidrográfica do arroio Feijó.	44
Quadro 3. Classificação dos Desastres, conforme a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Brasil, 2012)	61
Quadro 4. Tipos de Inundações e suas consequências	65
Quadro 5: Definições de vulnerabilidade por diferentes autores	81
Quadro 6. Bases cartográficas e demais materiais utilizados	93
Quadro 7. Variáveis censitárias e variáveis utilizadas para mensurar a vulnerabilidade	99
Quadro 8: Relação da média anual das precipitações (mm), episódios ENOS e série histórica das ocorrências de inundações em Alvorada, RS, no período entre 1980 e 2015.	105
Quadro 9. Total de pessoas atingidas, desabrigadas e desalojadas nas inundações do ano de 2015, município de Alvorada, RS	110
Quadro 10. Setores censitários, municípios e bairros e respectivas áreas de Perigo de inundação.	113
Quadro 11. Setores censitários com risco à inundação de acordo com sua classificação	129

Lista de Siglas e Abreviaturas

BHAF – Bacia hidrográfica do arroio Feijó

CEPED – Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres

COBRADE – Classificação Brasileira de Desastres

CPTEC/INPE – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

CRS/INPE – Centro Regional Sul do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

DEP – Departamento de Águas Pluviais

DNOS – Departamento Nacional de Obras e Saneamento

ECA – Estatuto da Criança e do Adolescente

EM-DAT – International Disasters Database

FIDE – Formulário de Identificação de Desastres

GIRH – Gestão Integrada dos Recursos Hídricos

GWP - Global Water Partnership

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatístico

IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

Metroplan – Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional

NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration

NWS – National Weather Service

OMS – Organização Mundial de Saúde

ONU – Organização das Nações Unidas

PAC – Programa de Aceleração do Crescimento

PDDrU – Plano Diretor de Drenagem Urbana

PDDUA – Plano Diretor Urbano Ambiental

PIB – Produto Interno Bruto

PMBC – Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas

PMPA – Prefeitura Municipal de Porto Alegre

PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico Modalidade

PNPDEC – Política Nacional de Proteção e Defesa Civil

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

RMPA – Região Metropolitana de Porto Alegre

SE – Situação de Emergência

SEDEC – Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

SINGREH – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos –

SMAM – Secretaria Municipal Meio Ambiente

STE – Serviços Técnicos de Engenharia S/A

TR – Tempo de Retorno

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

UNDP – United Nations Development Programme

UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas

UNISDR – The United Nations Office for Disaster Risk Reduction

WMO – World Meteorological Organization Extranet

SUMÁRIO

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Justificativa	15
1.2 Objetivos	16

CAPÍTULO II

2 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	17
2.1 Localização da Área de Estudo	17
2.2 Caracterização socioespacial no contexto da região metropolitana de Porto Alegre	19
2.3 O local e a problemática	26
2.4 Caracterização natural	30
2.4.1 Geomorfologia, Pedologia e Litologia	30
2.4.2 Características da Vegetação	41
2.4.3 Clima na área de estudo e Variabilidade nas precipitações no RS	42

CAPÍTULO III

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	49
3.1 Desastres: urbanização, mudanças climáticas e implicações no sul do Brasil	49
3.2 Desastres	57
3.3 Inundação	62
3.3.1 Gestão e Controle de Inundações	69
3.4 Suscetibilidade, Perigo, Vulnerabilidade e Risco	74
3.4.1 Gestão de Risco de Desastres	84

CAPÍTULO IV

4. PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS E PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS	90
4.1 Análise do Perigo à Inundação.....	94
4.2 Índice de Vulnerabilidade	97
4.3 Áreas de Risco à Inundação	100

CAPÍTULO V

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	102
5.1 Inventário das inundações na bacia hidrográfica do arroio Feijó.....	102
5.1.1 Inundações ocorridas entre 1980 e 1989	106
5.1.2 Inundações ocorridas entre 1990 e 1999	107
5.1.3 Inundações ocorridas entre 2000 e 2009	108
5.1.4 Inundações ocorridas entre 2010 e 2015	109
5.2 Perigo de Inundação	112
5.3 Índice de Vulnerabilidade	117
5.4 Análise do Risco.....	128
CONSIDERAÇÕES FINAIS	144
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	147

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

A cidade é a forma de organização do espaço geográfico encontrada pelo homem para o desenvolvimento de suas relações socioeconômicas. A transformação desse espaço deu-se de maneira mais acelerada a partir da segunda metade do século XIX. Onde a industrialização e a urbanização tornaram-se um fenômeno mundial, populações migraram do campo para as cidades em busca de melhores oportunidades e condições de vida, levando a uma explosão demográfica nos centros urbanos.

Através da escolha de locais apropriados à moradia e ambiente propício para a produção de suas atividades, o ser humano, ao longo do tempo, alterou o espaço em que habita. O aumento da população, o manejo e a ocupação inadequados do solo, a apropriação e o uso dos recursos naturais pelos processos produtivos, tanto em áreas rurais como, em áreas urbanas, alteram o equilíbrio do espaço natural.

Por meio do processo de desenvolvimento, as cidades têm se submetido aos interesses do setor econômico e do setor privado que ditam as regras da forma de estruturação do espaço urbano, isso reflete na distribuição espacial da população, levando à ocupação das periferias, em áreas muitas vezes impróprias para habitação (áreas alagáveis, leitos de rios e encostas) sujeitas a riscos de desastres naturais.

A falta de um planejamento adequado e de políticas voltadas ao desenvolvimento sustentável e preservação ambiental global afeta a qualidade da vida das espécies, a estruturação e organização do espaço social.

O registro de desastres tem aumentado consideravelmente pelo mundo, isto ocorre principalmente em decorrência do aumento da população, da ocupação desordenada e do intenso processo de urbanização e de industrialização. No meio urbano, as inundações, por exemplo, são ameaças cada vez mais frequentes, pois, por exemplo, solos compactados e concretados não são capazes de absorver água. As inundações também aumentam porque as obras de engenharia desviam os rios e desestruturam as cidades sem a construção de sistemas de drenagem eficientes.

Por consequência, habitações instaladas em margens de rios ou próximas a deltas configuram-se em construções perigosas (UNISDR, 2012).

A carência de gestão eficaz sobre o meio, entretanto, está levando a uma crise de proporção mundial, e as consequências já estamos enfrentando no nosso dia-a-dia: mudanças climáticas; solos, recursos hídricos e ar poluídos; extinção de espécies; desigualdades sociais extremas; pobreza; fome; crises políticas, econômicas e migratórias, são alguns exemplos.

No âmbito das mudanças climáticas, o relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, *IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change* (2007), adverte que as mudanças nas quantidades de gases de efeito estufa e aerossóis na atmosfera, bem como na radiação solar e na superfície terrestre, tem alterado o equilíbrio energético do sistema climático. Eventos climáticos extremos têm aumentado, levando a intensificação das chuvas, a elevação do nível do mar e a extensão dos períodos de secas. Danos causados por chuvas torrenciais e inundações estão se tornando mais frequentes.

No Rio Grande do Sul, a ocorrência de desastres naturais associados a processos extremos de dinâmica superficial e atmosférica tem ocorrido frequentemente. De acordo com o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2007), dentre os riscos de eventos extremos identificados, destacam-se os de inundações e alagamentos, com grandes volumes de precipitação pluviométrica em curto espaço de tempo. Além da quebra de produção de alimentos, existem problemas estruturais na Região Sul do país, como a localização das cidades próximas aos rios. Consequências do aquecimento global e crescente urbanização, principalmente em áreas metropolitanas.

Observações de dados pluviométricos relacionados ao Rio Grande do Sul dos fenômenos “El Nino” e “La Nina”, cuja origem está ligada ao aquecimento superficial das águas do Oceano Pacífico, apresentam índices pluviométricos positivos e negativos nas precipitações e as consequências destes fenômenos provocam alterações climáticas responsáveis por ocasionar impactos em diversas partes do globo, como inundações e estiagens.

O presente trabalho propõe um mapeamento de risco a inundações na bacia hidrográfica do arroio Feijó. A bacia em estudo possui cerca de 51 km², abrangendo áreas dos municípios de Porto Alegre, Alvorada e Viamão e sofre frequentemente

com ocorrências de inundações afetando com inúmeros danos e perdas materiais a população, principalmente do município de Alvorada.

As áreas de risco aparecem como uma relação de desequilíbrio do meio natural com o meio social. O meio natural impõe obstáculos para a ocupação de certas áreas, mas também a sociedade corre riscos prováveis e agrava a sua situação com o surgimento de desastres ao ocupar as áreas naturalmente susceptíveis.

1.1 Justificativa

A valorização do espaço urbano provocou deslocamentos da população de baixa renda e concentração populacional nas regiões menos valorizadas e também nas áreas com precariedade de ocupação urbana impróprias à moradia ou em áreas de preservação. Observa-se, assim, a presença de diferentes agressões ao meio ambiente com a frequente ocorrência de inundações e de demais problemas relacionados à inadequação do uso do solo e ao desequilíbrio do meio, gerando espaços de risco à moradia, inúmeros danos materiais e sociais.

Esse estudo tem como princípio a ação do homem sobre seu espaço. O homem desenvolver-se tecnicamente, passou a agir de maneira não sustentável sobre a natureza, comprometendo assim, o seu funcionamento e gerando desequilíbrios. Como consequência tem-se o aumentando das possibilidades de ocorrência de desastres. Dessa forma, se optou por área de estudo a bacia hidrográfica do arroio Feijó, que tem apresentado inúmeros problemas relacionados à dinâmica fluvial, com inundações recorrentes, sobretudo no município de Alvorada, afetando milhares de moradores.

A bacia encontra-se inserida em uma área de corpos d'água, de grande relevância econômica e social para o estado e para região metropolitana de Porto Alegre. Corpos d'água que convergem na bacia hidrográfica do rio Gravataí e na região hidrográfica do Guaíba. O arroio Feijó, figura entre os principais afluentes do rio Gravataí, situado na sua margem esquerda (GUERRA, 2015) e compreende os municípios de Porto Alegre, Alvorada e Viamão.

A área possui importantes estudos urbanos ambientais que apontam os efeitos da urbanização na qualidade ambiental do município de Alvorada e Porto

Alegre. Dentre os estudos realizados estão: o Plano Ambiental do município de Alvorada (2007); o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental de Alvorada - PDDUA (2011); os Planos Diretores de Drenagem Urbana de Alvorada (2011) e de Porto Alegre (2002); e a Tese de Doutorado de Moises Rehbien (2011).

Atualmente, a área de estudo, conta com um programa de contenção das cheias em andamento, denominado “Estudos de Proteção contra as cheias do rio Gravataí e afluentes em Alvorada e Porto Alegre” é coordenado pela Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional (METROPLAN). Pesquisas relevantes que servirão como base de dados e informações do presente estudo.

Dessa forma, delimitar espacialmente áreas ameaçadas e suscetíveis à inundação, estabelecendo a vulnerabilidade e os perigos que a população residente está sujeita, auxilia na abrangência e na definição dos riscos a fim de propor ações preventivas e de melhorias na região.

Localizada na porção centro-sul da região metropolitana de Porto Alegre, no estado do Rio Grande do Sul, a área é densamente habitada e urbanizada, fator principal em que as inundações ocorrem frequentemente.

1.2 Objetivos

Logo, esse trabalho tem como objetivo principal mapear o risco de inundações na bacia hidrográfica do arroio Feijó. Baseado no método do Índice de Vulnerabilidade e nos estudos dos setores censitários da bacia hidrográfica. Os objetivos específicos são:

1. Estabelecer o inventário dos eventos causadores de inundações no município de Alvorada, no período de 1980 – 2015;
2. Analisar a distribuição espacial das áreas com perigo de inundação do arroio Feijó;
3. Determinar a vulnerabilidade da população inserida na área de estudo, através do Índice de Vulnerabilidade;
4. Analisar os setores censitários que indicaram riscos a inundação.

CAPÍTULO II

2 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2.1 Localização da Área de Estudo

A área de estudo está localizada no centro-sul da região metropolitana de Porto Alegre, no estado do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas geográficas 30°00'00" e 30°07'30" Lat. S e 51°00'00" 51°07'30" Long. W com área aproximada de 51 km², conforme Figura 1.

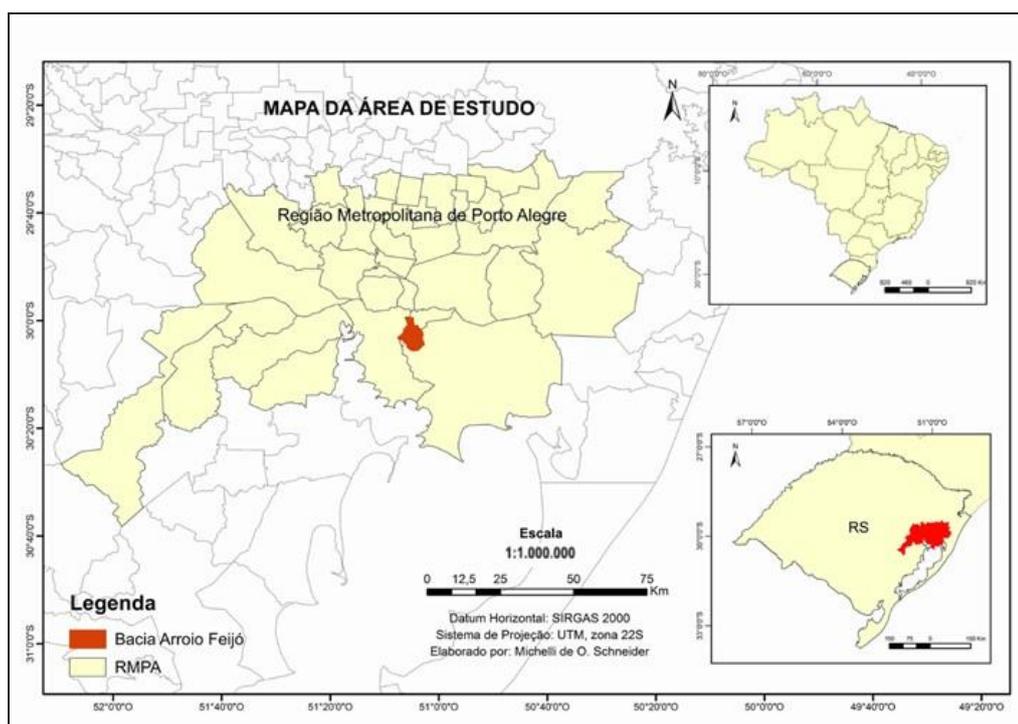


Figura 1. Localização da Área de Estudo em contexto regional, conforme METROPLAN (2002) e dados do IBGE (2010).

A bacia hidrográfica do arroio Feijó encontra-se no limite de três municípios: Porto Alegre, Alvorada e Viamão, de acordo com a Figura 2, onde seu curso principal e tributários escoam. Ao norte está delimitada pelo dique de proteção às inundações do rio Gravataí. Na porção sul pelos divisores de águas das bacias

hidrográficas dos arroios Dilúvio e Fiúza, localizados em Porto Alegre e Viamão, respectivamente. Ao leste pelos divisores de água do arroio Águas Belas, em Alvorada. E na porção oeste pelos divisores de água das bacias hidrográficas dos arroios Passo das Pedras e Santo Agostinho, localizados em Porto Alegre.

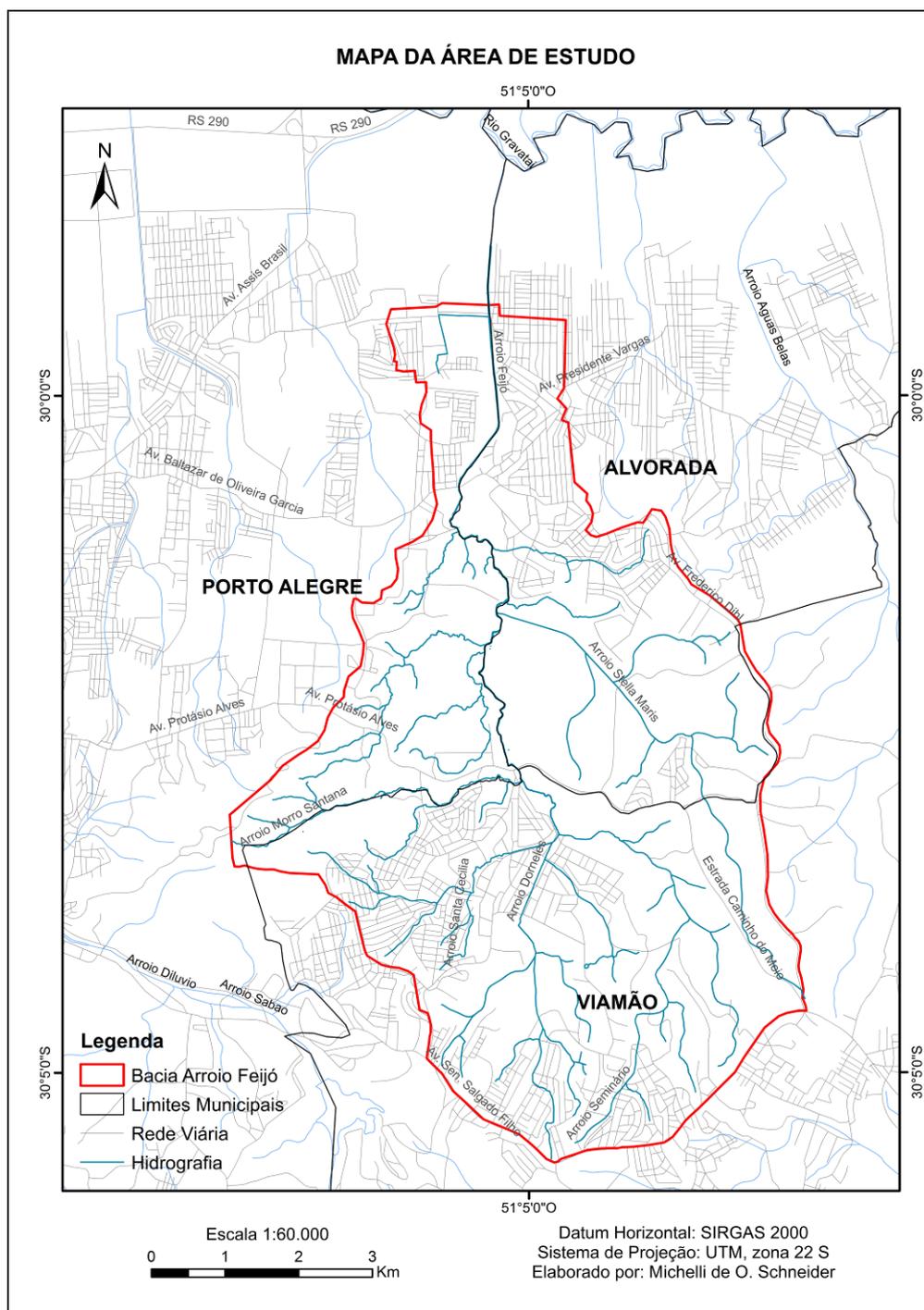


Figura 2. Mapa de Localização da área de Estudo segundo Metroplan (2015); Hasenack (2006) e IBGE (2010).

2.2 Caracterização socioespacial no contexto da região metropolitana de Porto Alegre

A região metropolitana de Porto Alegre (RMPA), conhecida popularmente como Grande Porto Alegre, coliga atualmente, em processo intenso de conurbação, 34 municípios do Estado do Rio Grande do Sul. A região forma com a capital Porto Alegre uma mancha urbana contínua, abrangendo também municípios do Vale dos Sinos e Vale do Paranhana, bem como municípios da margem direita do Lago Guaíba (METROPLAN, 2014).

Os 34 municípios que compreendem a RMPA atualmente são: Alvorada, Araricá, Arroio dos Ratos, Cachoeirinha, Campo Bom, Canoas, Capela de Santana, Charqueadas, Dois Irmãos, Eldorado do Sul, Estância Velha, Esteio, Glorinha Gravataí, Guaíba, Igrejinha, Ivoti, Montenegro, Nova Hartz, Nova Santa Rita, Novo Hamburgo, Parobé, Portão, Porto Alegre, Rolante, Santo Antônio da Patrulha, São Jerônimo, São Leopoldo, São Sebastião do Caí, Sapiranga, Sapucaia do Sul, Taquara, Triunfo e Viamão.

A mesma compreende área atual de 10.234 km² e, segundo o último censo do IBGE de 2010, possui cerca 4.032.062 habitantes, sendo a quarta região metropolitana mais populosa do Brasil - ultrapassada apenas pelas regiões metropolitanas de São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte, respectivamente. A região está situada em ponto estratégico em relação ao MERCOSUL a RMPA constitui-se numa importante área para o desenvolvimento do Estado, pois abrange algumas das mais importantes empresas do país, como montadoras de veículos, polos petroquímicos, indústrias de autopeças, plásticos, produtos alimentícios, etc. (IBGE, 2010 e METROPLAN, 2014).

Além disso, a região possui o quinto maior PIB em relação às outras regiões metropolitanas do Brasil, caindo uma posição comparado à década anterior, onde figurava em quarta posição. Essa queda se deve à redistribuição do desenvolvimento econômico no estado, em função da consolidação das aglomerações urbanas do Nordeste, importante polo industrial e turístico, assim como a do Sul, com o polo naval, atualmente desestruturado, e da Aglomeração Urbana do Litoral Norte, polo de energia eólica, imobiliário, de turismo e lazer (IBGE, 2010 e METROPLAN, 2014).

Para se entender a importância da região metropolitana de Porto Alegre para a região e o estado do Rio Grande do Sul, deve-se retornar ao século XVIII e início do século XIX, quando o município de Porto Alegre já figurava como importante região de:

[...] escoamento dos excedentes agrícolas produzidos pelos colonos açorianos em localidades do seu entorno; formação de novos núcleos a partir da imigração alemã, desde 1824, em São Leopoldo; intenso comércio entre Porto Alegre e colônias; forte processo de industrialização; criação de vetores de acesso na formação de um eixo da Capital em direção ao norte do Estado; e forte processo de ocupação urbana (BARCELLOS e MAMMARELLA, 2013 apud SOARES e FEDOZZI, 2015 p.33).

Retornando à história de formação da RMPA, Alonso *et al.* (2009, p. 386) destaca que, em 1967, já estava “clara a ideia da formação da área metropolitana”, onde já se constatava o fim de núcleos urbanos isolados pela ação do processo de conurbação, não só a partir da capital Porto Alegre e de seus municípios adjacentes (ALONSO *et al.*, 2009).

O município de Porto Alegre, em vista da ampliação do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano na década de 1970, foi zoneado, áreas passaram a ter papéis específicos e tiveram grandes investimentos em infraestrutura. Esses investimentos foram fundamentais para o desenvolvimento do município, das áreas mais afastadas e isoladas, bem como do estado. A influência deu-se, sobretudo, para as cidades vizinhas, necessitando ações conjuntas de planejamento. Em função disso, em 1973, através da lei complementar federal nº 14, de 8 de junho de 1973, a região metropolitana de Porto Alegre, contando inicialmente com 14 municípios, foi institucionalizada (FUJIMOTO, 2000).

As oportunidades de trabalho e o fácil acesso à capital foram determinantes para que várias cidades do entorno de Porto Alegre se desenvolvessem e atraíssem um grande contingente populacional. Em vista disso, a RMPA conta atualmente com uma população que reside principalmente na área urbana e possui taxa de 97% de urbanização (IBGE, 2010).

Porto Alegre compreende uma área de 496,682 km², com população de 1,409 milhões segundo o Censo de 2010 (IBGE, 2010) e população estimada para o ano de 2015 (IBGE, 2015) de aproximadamente 1,477 milhão de habitantes. Suas cidades limítrofes são Canoas, Cachoeirinha, Viamão, Alvorada e Eldorado do Sul.

Conforme Dias (2014), Porto Alegre, tanto por sua topografia, formada por morros e colinas e extensas áreas planas e baixas (que correspondem à cerca de 70% da área municipal), como por sua posição geográfica, mostra-se suscetível às inundações e alagamentos. O município compreende 27 arroios e seus afluentes, contribuintes diretos de importantes e volumosos corpos d'água que circundam a região - o Rio Gravataí, a leste, o Lago Guaíba a oeste e, ao sul, a Laguna dos Patos.

Ainda que a ocupação do município, originalmente, tenha se dado nas áreas mais elevadas, uma vez que não eram atingidas pelos eventos de inundações frequentes na história de Porto Alegre, atualmente é nas áreas planas onde se verifica o crescente aumento da ocupação. As áreas baixas, com cotas topográficas praticamente no mesmo nível médio das águas dos rios, possuem aproximadamente 35% de sua área urbanizada, ocupação que se deu de forma desordenada e na maioria das vezes irregularmente, causando assim interferências no padrão de escoamento natural e acúmulo de água (DIAS, 2014).

As dificuldades de drenagem estão diretamente relacionadas com a grande variação de níveis do Lago Guaíba, que é o corpo receptor final das águas pluviais do seu entorno. A variação do nível do Lago Guaíba provoca a elevação das águas em rios, arroios e no sistema de macrodrenagem a ele conectados, pois impede o seu escoamento. As enchentes históricas do Lago Guaíba marcaram a população de Porto Alegre, assim como a ocorrida em 1941, “quando as águas atingiram uma cota de 4,75 m, atingindo cerca de 70 mil flagelados e um mês sem energia elétrica e água potável” (PMPA, 2015, p. 155).

Dessa maneira, a fim de evitar desastres iguais à grande enchente de 1941, ocorrida na capital, foi constituído um Sistema de Proteção Contra as Cheias. A cidade está protegida contra as inundações por meio de um sistema constituído por 68 quilômetros de diques, 14 comportas e 19 casas de bombas ligadas às redes que integram o sistema de drenagem da cidade. Além disso, há o Muro da Mauá, um muro de concreto armado que é responsável por proteger prédios públicos da área central com 2.647 metros de comprimento e seis de altura (três metros abaixo do solo e outros três acima dele), situado às margens do Guaíba (PMPA, 2015).

Esse sistema foi concebido, e parcialmente implantado, nas décadas de 1960 e 1970, pelo extinto Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), órgão responsável na época pela implementação das grandes obras de saneamento e de

recursos hídricos no país. No entanto, o planejamento feito pelo DNOS limitou-se, às regiões já densamente urbanizadas, contemplando apenas duas áreas, uma compreendida entre as bacias do arroio Santo Agostinho, a leste, e do arroio Cavalhada, no sul do município. No ano de 1973 foi criado pela prefeitura municipal o Departamento de Esgotos Pluviais (DEP), com o objetivo de gerenciar o manejo das águas pluviais do município (PMPA, 2015).

No final da década de 1990, com a promulgação do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental de Porto Alegre (PDDUA), começou a ser adotada na cidade a implantação de dispositivos de amortecimento de cheias, tanto na microdrenagem quanto na macrodrenagem. Em 2002, o DEP viabilizou os estudos do Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDrU) a fim de fornecer diretrizes técnicas e estudos ambientais da rede de drenagem da cidade. Através da elaboração do plano diretor das bacias hidrográficas do município gerou-se o Manual de Drenagem Urbana que deve ser constantemente atualizado. Dessa forma:

O principal objetivo do Plano Diretor de Drenagem Urbana é criar os mecanismos de gestão da infraestrutura urbana, relacionados com o escoamento das águas pluviais, dos rios e arroios em áreas urbanas. Este planejamento visa evitar perdas econômicas, melhorar as condições de saneamento e qualidade do meio ambiente da cidade, dentro de princípios econômicos, sociais e ambientais definidos pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental (DEP, 2005, p.10).

Segundo o DEP, a proteção das regiões inundáveis é feita pela formação de pôlders, que são protegidos por diques, comportas e casa de bombas, formando um sistema de proteção desde a confluência da Av. Assis Brasil com a autoestrada RS290, na zona norte da Capital, até o bairro Assunção na zona sul (DEP, 2005).

Entretanto, as enchentes e alagamentos ainda persistem. A manutenção deve ser feita periodicamente nos sistemas de drenagem, pois inúmeros problemas ocorrem de forma sinérgica, causando danos. Pode-se destacar como um dos problemas principais o descarte inadequado de resíduos sólidos nas vias, que causam a obstrução da canalização, provocando pontos de alagamento, que quando próximos aos cursos d'água, escoam as águas pluviais de forma direta, aumentando dessa forma, sua vazão.

Segundo o PMPA (2015), partes das áreas comumente afetadas estão localizadas na Zona Norte da cidade. Os bairros dessa região, como os bairros Rubem Berta e Sarandi, são frequentemente afetados pelo transbordamento dos cursos d'água localizados nessa área. Os mesmos encontram-se no contexto da área de estudo, pois são bairros que fazem limite com o município de Alvorada.

Dessa maneira, os bairros de Porto Alegre inseridos no contexto da bacia hidrográfica do arroio Feijó são: Rubem Berta, e Mário Quintana. O bairro Sarandi, vizinho ao Rubem Berta, sofre com os mesmos problemas, porém encontra-se inserido na bacia hidrográfica do arroio Santo Agostinho, recebendo reflexos das enchentes das áreas vizinhas, como do Rio Gravataí e do arroio Feijó.

A incorporação da zona norte como parte urbana de Porto Alegre foi reflexo do crescimento e desenvolvimento industrial e comercial da Capital, tornando a região do Rubem Berta densamente habitada a partir da década de 1960. O bairro está constituído em mais de 20 vilas e grandes conjuntos habitacionais. Essa ocupação ocorreu por diferentes iniciativas: poder público, iniciativa privada, invasões e áreas de ocupações mistas, que abrangem parte do loteamento organizado, e outras áreas de ocupação irregular (FRANCO, 1992). É o bairro mais populoso da Capital, contando com uma população residente de mais de 85 mil habitantes, de acordo com dados do último Censo (IBGE, 2010).

Localizado também na zona norte de Porto Alegre, o bairro Mário Quintana tem a sua história remetida aos primeiros habitantes da antiga Chácara da Fumaça que, posteriormente, agregou-se ao bairro. Contudo, o aumento populacional de Porto Alegre vem acompanhado do problema habitacional, fazendo com que a administração pública, nos anos 1980, iniciasse projetos habitacionais e de infraestrutura para a área da antiga Chácara. Como outros bairros periféricos da cidade, o bairro Mário Quintana recebeu moradores que foram removidos de vilas próximas ao centro da cidade e, em menos de uma década, a antiga Chácara tem um expressivo aumento populacional, trazendo uma série de consequências e necessidades aos moradores (FRANCO, 1992).

Através do Plano Municipal de Saneamento Básico de Porto Alegre (PMPA, 2015), o município definiu diretrizes gerais de atuação a partir dos demais planos setoriais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana, gerenciamento de resíduos sólidos e de um plano de proteção ambiental, a fim de

estabelecer prioridades de atuação articuladas para evitar danos e prejuízos, principalmente os derivados das inundações.

Com isso, verifica-se que Porto Alegre encontra-se mais organizada e prevenida para enfrentar esses processos, ao contrário dos demais municípios inseridos na área de estudo, principalmente Alvorada, que apresenta um processo de organização espacial desordenado, sendo o mais atingido pelas sucessivas inundações do arroio Feijó.

Ao mesmo tempo em que as cidades cresceram em função da industrialização e de investimentos em infraestrutura, na RMPA, a população passou a ocupar as periferias das cidades, sem qualquer qualidade de vida, infraestrutura urbana e social (FUJIMOTO, 2000).

Além disso, conforme Soares *et al.* (2015) a dinâmica de ocupação da RMPA possui elevado grau de heterogeneidade entre os municípios, tanto em termos populacionais, como sociais e econômicos. Essa dinâmica de ocupação ainda possui uma distribuição irregular da produção fabril associada aos aspectos socioeconômicos e culturais diferenciados da região que passaram a seguir uma subdivisão do território com dois recortes espaciais distintos: um que abrange os municípios de São Leopoldo e Novo Hamburgo, ao norte, e o outro, ao sul, polarizado por Porto Alegre e pelos municípios que a cercam (SOARES *et al.*, 2015).

Quanto à densidade demográfica na RMPA, Porto Alegre e os municípios de Canoas, Esteio, Sapucaia do Sul, Cachoeirinha e Alvorada, apresentam densidades elevadas acima de 2.000 hab/, contra 394 hab/km² do total da RMPA (IBGE, 2010). Nesses municípios com grande concentração urbana, há uma forte presença dos espaços operários, como em Gravataí e Sapucaia do Sul; e em outros predominam os de tipo popular, como em Alvorada, Guaíba e Viamão. Dessa maneira, o eixo Leste-Oeste, dos municípios de Gravataí, Cachoeirinha, Alvorada e Viamão, figura entre um dos principais eixos de expansão populacional e urbana da metrópole, correspondendo a 20 % da população total (IBGE, 2010 e SOARES *et al.*, 2015).

Viamão é o maior município em extensão territorial, com uma área de aproximadamente 1.498 km² e o sétimo mais populoso do estado, com população estimada para 2015 de 252 mil habitantes (IBGE, 2015). O município foi um dos primeiros núcleos de povoamento do Estado, onde a partir do século XVII chegaram os primeiros casais de imigrantes açorianos. Além de Porto Alegre, a população de

Viamão originou cidades como Santo Amaro, Triunfo, Rio Pardo, Taquari e as cidades do litoral norte. (SOARES *et al.*, 2015)

O município de Alvorada, localizado ao leste da RMPA distante, 16 km de Porto Alegre, possui 71 km² de extensão territorial. Alvorada faz limite com os municípios de Cachoeirinha e Gravataí ao norte, com Viamão e Porto Alegre ao sul, a leste Gravataí e Viamão, e a Oeste Porto Alegre. A população estimada pelo IBGE, em 2015 de 206.560 habitantes (IBGE, 2015). A área que hoje constitui o município de Alvorada pertencia ao 3º Distrito de Viamão, com a denominação Passo do Feijó através da Lei nº216 de 22 de setembro de 1952. A emancipação da cidade ocorreu em 17 de setembro de 1965, como resultado de um movimento popular dos moradores. O nome Alvorada foi sugerido por um dos membros da Comissão Pró-Emancipação, que considerou dois fatores: a alvorada do povo, que acorda às primeiras horas da manhã e parte para o trabalho, e o Palácio da Alvorada, o grande destaque na nova capital do País, Brasília, inaugurada em 1960 (PMA, 2015).

Até início dos anos 1940, a área que hoje constitui o município de Alvorada, apresentou características rurais. O início da urbanização mais intensiva deu-se com a implantação dos primeiros loteamentos, influência do crescimento populacional das cidades vizinhas. Nos anos de 1950, proliferaram sem nenhuma infraestrutura os loteamentos do tipo "urbano". No período de 1960 a 1970, por conseguinte, os vazios urbanos foram sendo preenchidos (PMA, 2015).

O crescimento do comércio e dos serviços se deu naturalmente ao longo da Av. Presidente Getúlio Vargas. De 1970 a 1980 grandes núcleos habitacionais foram projetados e alguns realizados. Nesse período ocorreu um fato que trouxe grandes mudanças na estrutura do município: a criação do Banco Nacional da Habitação (BNH) que, através de grande volume de financiamento de habitações populares, interferiu, sobretudo no processo natural de desenvolvimento da cidade (PMA, 2015).

No município de Alvorada, o problema do crescimento populacional e urbanização vêm se agravando ao longo dos anos e conforme dados do IBGE, a população do município teve uma taxa crescimento de 30% no período de 10 anos entre os Censos de 1991 e 2000. Já conforme os Censos de 2000 a 2010, o aumento populacional teve uma retração, comparado ao período anterior, ficando a taxa de crescimento populacional, nesse período, em 6% (IBGE, 1991, 2000, 2010).

Figurando entre os municípios da RMPA com maior taxa de urbanização (99%), fato que agrava ainda mais as inundações no município.

Na quase total inexistência de uma política de uso e ocupação do solo, a expansão urbana ocorreu, em grande parte dos municípios da RMPA, em locais impróprios ou de forma inadequada, tendo como consequências inúmeros problemas ao meio físico e à própria população assentada (FUJIMOTO, 2000).

2.3 O local e a problemática

A bacia do arroio Feijó está inserida em importante área no contexto local e regional e tem o histórico de ocupação e transformação do seu território intimamente ligado ao processo de formação da RMPA. A mesma compreende os municípios de Porto Alegre, Alvorada e Viamão, pertencente ao eixo Leste-Oeste, citado anteriormente como um dos eixos que abrange maior contingente populacional de espaços com características populares.

As respectivas áreas da bacia em relação aos municípios são 11 km² pertencentes a Porto Alegre, aproximadamente 15 km² a Alvorada e a maior parte ao município de Viamão, com 25 km². A população residente na sub-bacia do arroio Feijó, conforme Censo do IBGE de 2010 é de aproximadamente 228 mil habitantes. Considerando a participação de cada município, Alvorada possui 36% da população da bacia, Porto Alegre e Viamão, contribuem com 26% e 40% respectivamente.

Em relação à população total de cada município, o que se verifica é que Alvorada possui uma concentração populacional maior na área da bacia, com cerca 42% de seus habitantes. Os demais municípios constam com: 37% da população de Viamão e 4% apenas de Porto Alegre residentes na área da bacia.

Segundo dados do Plano Ambiental de Alvorada (PMA, 2011) esta é a bacia hidrográfica mais urbanizada de Alvorada, situação que se manterá no futuro. A região sofre com inundações frequentes, e o principal curso d'água, o arroio Feijó, por localizar-se no limite do município de Porto Alegre, recebe a contribuição desta cidade para a geração dos picos de vazão resultantes de chuvas.

Em uma análise preliminar para o cenário atual, conforme o Diagnóstico Ambiental de Alvorada (PMA, 2007), a bacia do Feijó é a que mais necessita de obras de drenagem no município. Possui praticamente toda a área a montante de

sua foz urbanizada. Nesses locais, o aporte em infraestrutura é inexistente. Entre os elementos que dificultam a solução para a falta de investimentos nessas áreas está a inadequação dos locais escolhidos para instalação de moradias, a elevada aglomeração populacional e conseqüentemente a alta produção de resíduos sólidos e dejetos.

Com relação à localização, a maioria das áreas de ocupação espontânea encontram-se assentadas em áreas verdes, áreas de uso institucional, faixas junto aos cursos d'água e/ou em áreas alagadiças, muitas vezes em áreas de risco. O Plano Diretor Urbano Ambiental de Alvorada (2011), de acordo com as diretrizes de parcelamento do solo, indica, de acordo com seu artigo 71, que: "Não poderão ser loteados ou arruados os terrenos alagadiços ou sujeitos a inundações, sem que sejam drenados ou aterrados até a cota livre de enchentes." Dentre as áreas que não poderão ser parceladas, no artigo 72, item II é dito que: "Áreas localizadas junto aos cursos d'água e nascentes, cuja distância será determinada pela legislação ambiental". As áreas de risco no município, apontadas pelo PDDUAA (2011), são aquelas localizadas em cotas baixas ou próximas ao rio Gravataí, constituindo-se nas áreas de cotas igual ou inferior a 20 metros.

Os trabalhos mencionados assinalam relações entre a urbanização, os processos de inundações e demais problemas ambientais. Uma das conseqüências está na contaminação dos cursos d'água, sobretudo, do arroio Feijó. A análise realizada para o Diagnóstico Ambiental de Alvorada (2007) apontou impacto de proporção significativa gerada, principalmente, pela presença de esgoto cloacal. O município de Alvorada não possui um sistema de coleta e tratamento desse tipo de esgoto. A coleta do esgoto ocorre através de fossas sépticas em sua maioria, porém à medida que a população e a urbanização aumentam este sistema não comporta o volume gerado, transbordando para a rede de drenagem pluvial e, conseqüentemente, para os cursos d'água.

A área da bacia é densamente povoada e urbanizada, composta por casas, edificações e pequenas construções. Apresenta grande área edificada e, conseqüentemente solos impermeabilizados, dificultando a infiltração das águas das chuvas no solo influenciando diretamente o fluxo do escoamento superficial das águas pluviais como indica o mapa de uso do solo (Figura 3).

A espacialização dos usos do solo da bacia hidrográfica do arroio Feijó foi considerada conforme Quadro 1, apresentando também a descrição das classes e

proporção em relação a área total da bacia. Os usos foram divididos conforme classificações estabelecidas pela METROPLAN (2015), PMA (2007) e Hasenack (2006).

O predomínio de áreas edificadas é evidente, contemplando 57,8% da área total. As áreas com cobertura vegetal somam aproximadamente 33% predominando ao longo do arroio, ao norte da bacia no município de Viamão e em locais declivosos ou de preservação como o Morro Santana.

Quadro 1: Classes de uso do solo na bacia hidrográfica do arroio Feijó.

Classes	Descrição	Área em %
Área Edificada	Residências, comércios, edifícios, etc.	57,8
Área Construída	Estradas e loteamentos em obras	1,7
Cultivo	Hortifrutigranjeiros	1,7
Solo Exposto	Áreas desmatada e/ou degradadas	2,7
Vegetação Arbórea	Mata nativa com estágio sucessional avançado ou com vegetação secundária	7,2
Vegetação Arbórea-arbustiva	Mata nativa com presença de vegetação secundária, com alguma alteração antrópica	17,2
Vegetação Rasteira e de Banhado	Formação herbáceo-arbustiva, típica de áreas úmidas	8,5
Hidrografia		3,2

Fonte: Metroplan (2015), PMA (2007); Hasenack (2006).

Na área à jusante do arroio as construções se aproximam, em média, em até 1,5 quilômetros do rio Gravataí, e embora essa região ainda não esteja totalmente urbanizada, ela deve ser preservada devido à proximidade do rio e suas características morfológicas, que agravam ainda mais o escoamento das águas das cheias à montante.

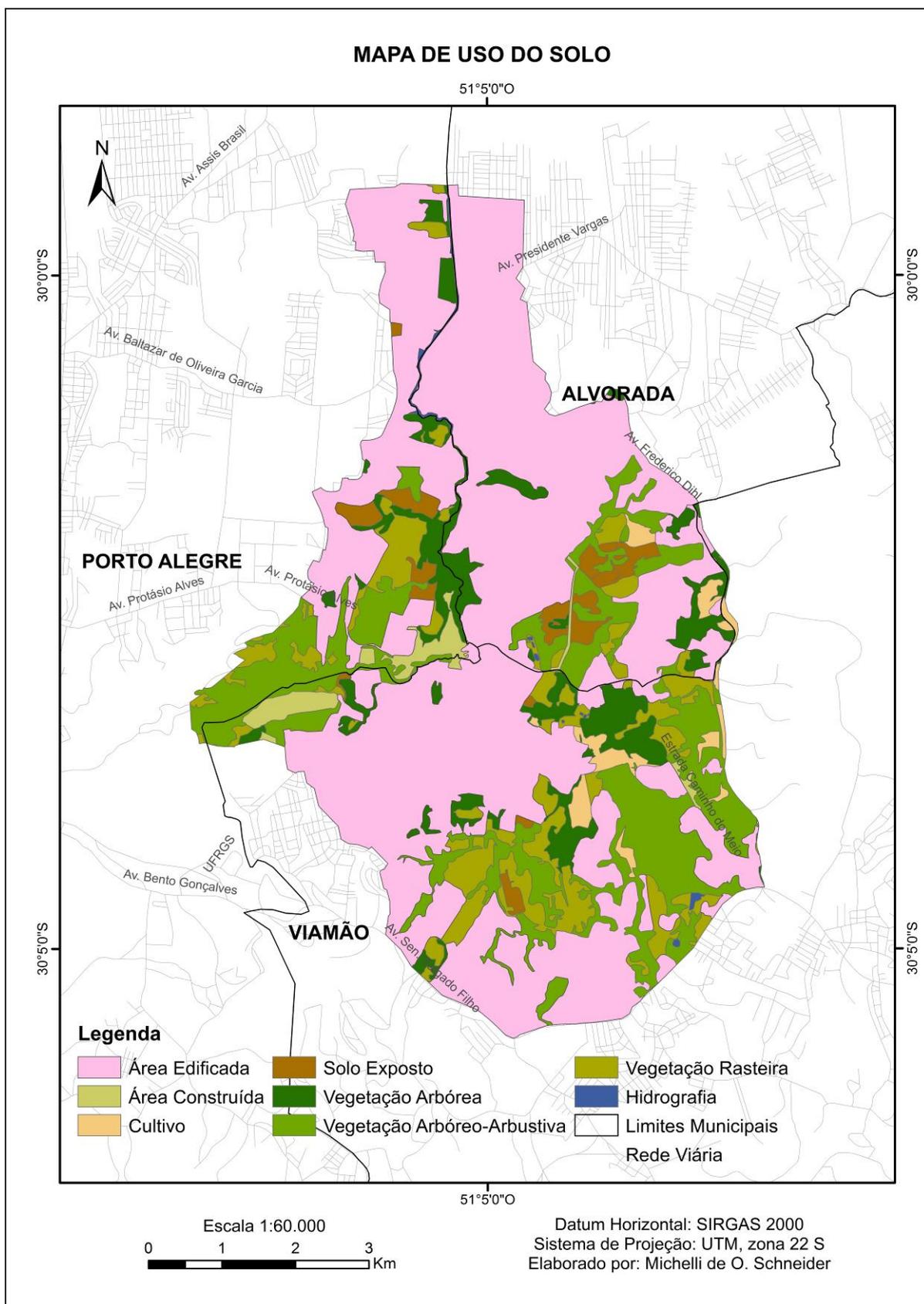


Figura 3. Mapa de uso do solo da bacia hidrográfica do arroio Feijó

Fonte: Metroplan (2015)

2.4 Caracterização natural

2.4.1 Geomorfologia, Pedologia e Litologia

Os mapas geomorfológicos de Porto Alegre, Alvorada e Viamão, elaborados por Moura *et al.* (2004, 2012), seguindo a proposta taxonômica de Ross (1992), expressam o relevo cartograficamente pelo do conceito de Morfoestrutura, para as unidades maiores, e de Morfoescultura, para as formas e tipos de relevos contidos nas unidades morfoesculturais.

Para Ab'Sáber (1969) *apud* Ross (2007), ao se apresentar estudo do relevo, deve-se levar em consideração três níveis de tratamento da pesquisa: compartimentação morfológica, levantamento da estrutura superficial e estudos da fisiologia da paisagem. Portanto, a análise geomorfológica de determinado local requer o conhecimento da evolução que o relevo apresenta, na qual se obtém através dos estudos das formas e das sucessivas deposições de materiais resultantes dos diferentes processos morfogenéticos em que foi submetido (ROSS, 2007).

No âmbito regional, o município de Porto Alegre, Alvorada e Viamão estão localizados numa região de contato entre diferentes unidades Morfoestruturais do relevo do Rio Grande do Sul, do Escudo Uruguaio Sul-Rio-Grandense e da Bacia Sedimentar de Pelotas. De acordo com a compartimentação do relevo proposta por Suertegaray e Fujimoto (2004), essas Morfoestruturas contemplam as Morfoesculturas do Planalto Uruguaio Sul-Rio-Grandense e a Planície e/ou Terras Baixas Costeiras.

O Planalto Uruguaio Sul-Rio-Grandense, no contexto da área de estudo, está representado predominantemente por rochas ígneas e metamórficas de idade Pré-Cambriana, chegando a altitudes médias na região metropolitana de Porto Alegre entre 50 e 100 metros (DIAS *et al.*, 2009). Essa estrutura geológica foi segmentada por falhas de rasgamento, através de sucessivos esforços tectônicos compressivos. As falhas liberaram espaços onde se instalaram estruturas intrusivas, reconhecidas como granitoides – rochas formadas pela cristalização do magma. Dessa forma, com relação aos elementos litológicos resultantes da evolução do Cinturão Dom Feliciano, podem ser destacados quatro grupos de rochas graníticas que estruturam

a área da bacia: Granito Santana, Granito Saint Hilaire, Granito Independência e Granito Feijó (REHBEIN, 2011).

As morfologias constituídas por formas de morros e colinas estão representadas na região de Porto Alegre associadas ou isoladas. Essas formas de relevo encontram-se localizadas predominantemente na parte central de Porto Alegre e ao leste, junto ao município a Viamão. Já neste município as mesmas situam-se a oeste do município, formando uma faixa alongada na direção predominante N-S. Possuindo dimensões variadas, as formas em morros apresentam as maiores altitudes e declividades em Porto Alegre e Viamão. A média das maiores altitudes variam entre 140 e 240 metros com declividades predominantes entre 10% a 20% e 20% a 30% (FUJIMOTO *et al.*, 2004; 2008). O Morro Santana, com altitude de 310 m, ponto mais alto da região, e principal elevação da bacia hidrográfica do arroio Feijó, é exemplo dessa forma de relevo.

As formações de morros isolados que emergem das terras baixas da região sul do município, pertenciam ao grande conjunto granítico da região central, que ficaram isolados devido ao preenchimento dos antigos vales do seu entorno por sedimentos depositados durante as transgressões marinhas (PORTO & MENEGAT, 1998). As altitudes variam entre 30 e 60 metros com declividades médias em torno de 5% a 10%. Essas formações são constituídas basicamente por rochas e sedimentos graníticos. Os solos encontrados nas altas vertentes dessas formas são Neossolos Litólicos e Regolíticos, como também Cambissolos Háplicos, solos rasos com presença de afloramentos rochosos. Já nas baixas vertentes associadas a segmentos côncavos encontram-se solos mais profundos, os Argissolos (FUJIMOTO *et al.*, 2004; 2008).

Os padrões em forma de colinas ocorrem em quase toda Porto Alegre e Alvorada. Já em Viamão, eles se estendem por todo o limite oeste abrangendo grande parte do município. Os mesmos possuem altitudes médias que variam de 20 a 60 metros e 60 a 100 metros, com declividades que variam nas classes de 5% a 10% e de 10% a 20%. Esse padrão possui características litológicas semelhantes aos morros com uma pequena cobertura superficial arenosa (FUJIMOTO *et al.*, 2004; 2008). Nessas formações, os solos são mais profundos e bem drenados, classificados como solos Argissolos Vermelhos, Argissolos Vermelho-amarelos nas baixas vertentes e Cambissolos nas altas vertentes associados a declividades maiores que 5% (HASENACK *et al.*, 2008).

A Planície e/ou Terras Baixas Costeiras se estende sobre os sedimentos Cenozoicos da unidade morfoestrutural denominada Bacia Sedimentar de Pelotas. A região corresponde às áreas de sedimentação recente e sob forma de terras baixas, de material arenoso que foi depositado durante os eventos transgressivos e regressivos ocorridos em ambiente costeiro, o que caracteriza formação de toda planície costeira gaúcha (FUJIMOTO & DIAS, 2008). O relevo da Planície e Terras Baixas Costeiras em Porto Alegre, Alvorada e Viamão está associado predominantemente à deposição lagunar e fluvial, configurando-se em uma área homogênea e plana, representados por planícies e terraços lacustres, situados às margens dos arroios e do Guaíba.

O Padrão de Formas em Planície Flúvio-Lagunares acompanha a transição de morros e colinas e está situado em superfícies com ondulações muito suaves, chegando a altitudes de 20 metros e declividades inferiores a 2%. Ele é constituído por depósitos holocênicos originários principalmente da segunda grande transgressão marinha (Sistema Laguna-barreira II) e possui também contribuição de material originário das colinas e morros, bem como de detritos associados a depósitos lacustres. Os solos são caracterizados por serem mal drenados, localizados em áreas de várzea. Encontram-se nesse padrão os solos Planossolos Hidromórficos, Gleissolos Háplicos e Plintossolos Argilúvicos (FUJIMOTO & DIAS, 2008).

O Padrão de Formas em Planície Flúvio-Lagunares com cordões arenosos ocorre em áreas muito planas com porções alagadas. Cordões arenosos e dunas estáveis dispostas paralelamente às margens do Guaíba possuem altitudes menores que 10 metros e declividades inferiores a 2%. É nessas unidades que arroios de regimes fluviais perenes do Município de Porto Alegre fazem seus percursos, nascendo nas partes elevadas e desaguando no Guaíba (DIAS *et al.*, 2009). Esse padrão ainda possui sedimentos holocênicos originários da quarta e última grande transgressão marinha (Sistema Laguna-barreira IV) de característica areno-argilosa com areias de grossas a finas de origem fluvial e lagunar. Os solos encontrados são os Neossolos Quartzarênicos e Gleissolos, são solos de textura arenosa e profundos, bem drenados em superfícies elevadas e mal drenados em áreas rebaixadas.

Situados ao longo do trecho de arroios são encontrados ainda os Padrões em Formas de Planície Fluvial, como no caso do arroio Feijó. Tais padrões são áreas

planas com declividades e altitudes inferiores a 2% e 20 metros respectivamente. Os mesmos possuem sedimentos de erosão e deposição de planície fluvial de areias grossas conglomeráticas. Os solos originados de sedimentos flúvicos estão representados pelos Planossolos Hidromórficos, Gleissolos Háplicos e Neossolos Flúvicos.

Por fim, no contexto da área de estudo e dos municípios analisados, encontra-se os Padrões em Formas de Planície Fluvial com Banhados. Essas áreas são caracterizadas por depressão isolada pelo sistema flúvio-lagunar Guaíba-Gravataí, de depósitos de origem marinha do Sistema Laguna-Barreira IV, e posteriormente por sedimentos trazidos dos rios, tornando um ambiente de sedimentação fluvial, lagunar e paludal. Essa é uma extensa área plana de idade Holocênica, localizada ao norte da região, limitada pelo rio Gravataí, apresentando altimetrias inferiores aos 20 m e com declividades menores que 2%. A rede de drenagem é representada pelos banhados e por canais retelinizados, o que ocorre, por exemplo, na foz do arroio Feijó. Os solos ocorrem em áreas de acumulação de água e são classificados como Gleissolos e Planossolos. (FUJIMOTO & DIAS, 2008).

O mapeamento geomorfológico detalhado de Rehbein (2011), realizado na área da bacia do arroio Feijó em decorrência da sua tese de doutorado, proposto pela Comissão de Pesquisa e Mapeamento Geomorfológico (UGI) e conforme referencial teórico metodológico de Ab'Saber (1969), Ross (1992) e Fujimoto (2001), foi tomado como base para os dados morfológicos e morfométricos.

Segundo dados do autor e análises dos mapas hipsométrico e clinográfico gerados (Figuras 4 e 5) a bacia possui amplitude altimétrica de 306 m, decorrente da diferença da cota mínima, de 4 m (ponto cotado nas porções mais baixas da foz do arroio), com a cota máxima, de 310 m, registrada no topo de morro (Morro Santana). Por meio das características hipsométricas (altitude) e clinográficas (declividade), quando analisadas de forma conjunta, pode-se identificar os relevos e como também seus padrões morfométricos.

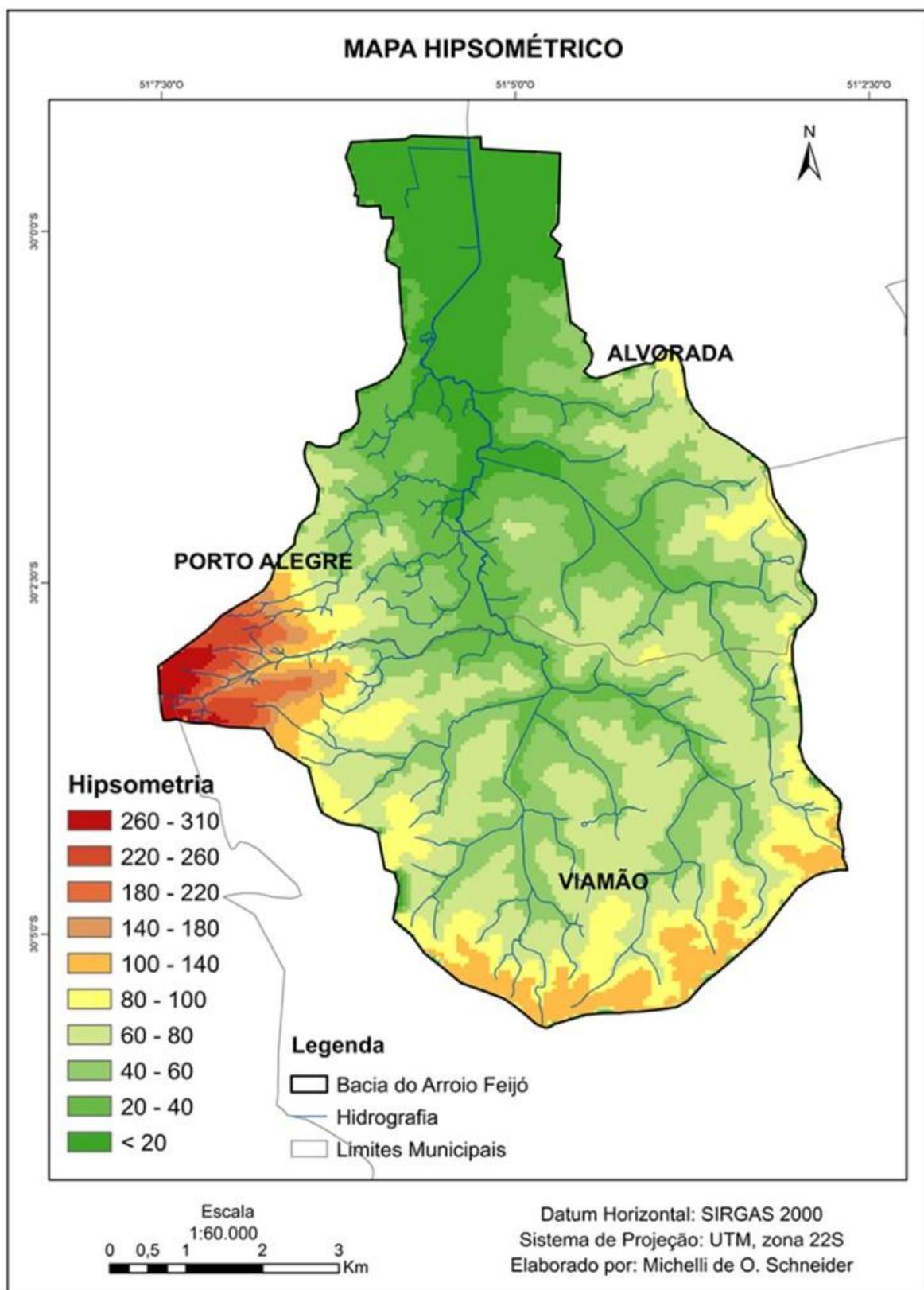


Figura 4: Mapa Hipsométrico da Bacia hidrográfica do arroio Feijó. Fonte: METROPLAN (2015).

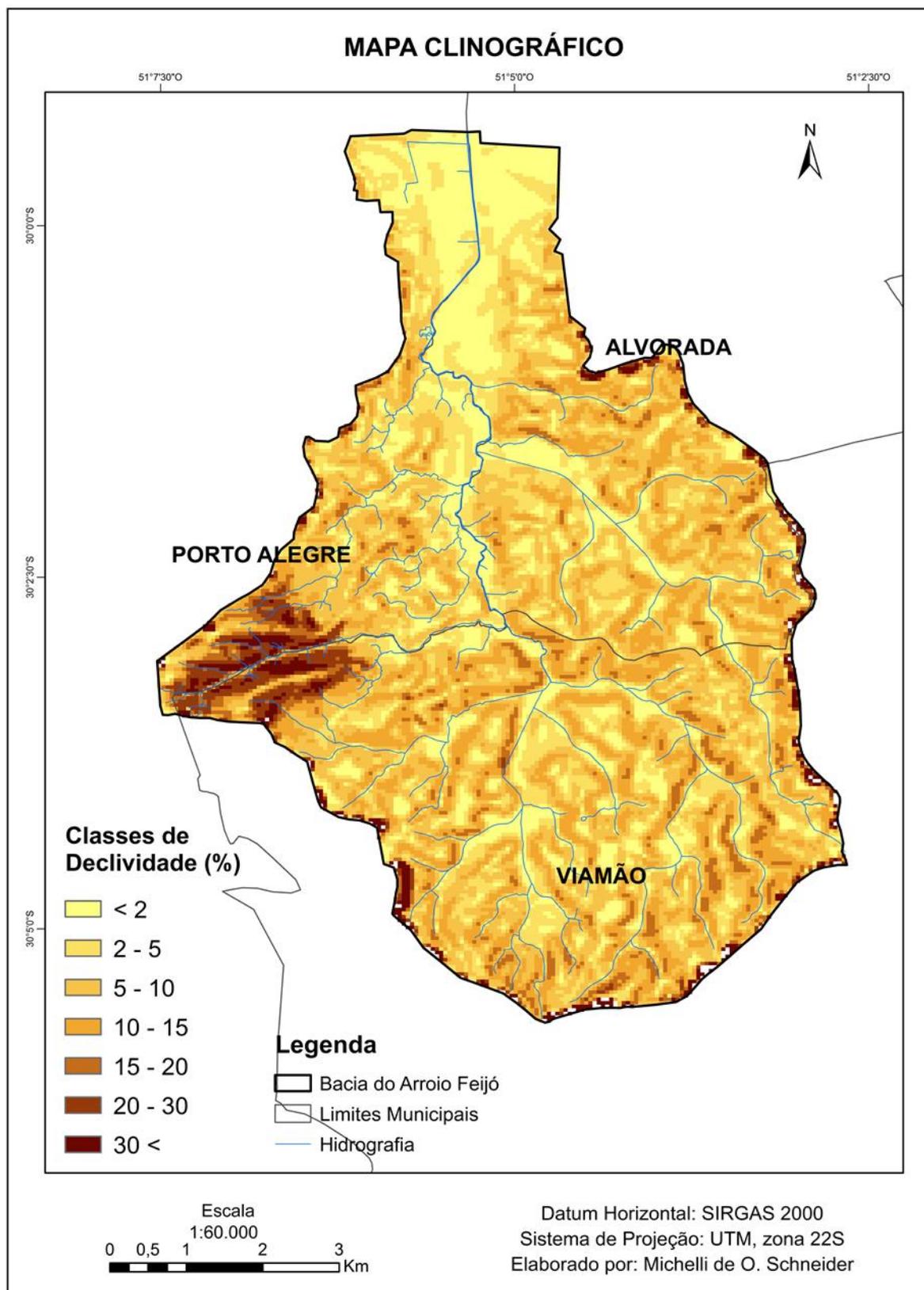


Figura 5: Mapa Clinográfico da Bacia hidrográfica do arroio Feijó. Fonte: METROPLAN (2015).

Assim, segundo Rehbein (2011), a área da bacia do arroio Feijó apresenta quatro padrões morfométricos de formas semelhantes de relevo conforme descrito abaixo:

- Planícies: padrões morfométricos de formas de relevos planos com baixas declividades, inferiores a 2% e de altitudes inferiores a 20 m. As planícies estão distribuídas em diversas localidades, estabelecendo transição com o padrão de formas em colinas, no entanto, mais evidentes na região localizada ao norte da bacia, à jusante do curso principal do arroio;
- Colinas: padrões morfométricos de formas de relevos de baixa e ou médias declividades, entre 2% e 10%, e de baixas altitudes, entre 20 a 40 m. Essas formas encontram-se na porção noroeste da bacia localizada no município de Porto Alegre
- Morrotes: padrões morfométricos de formas de relevo de médias declividades, predominantemente entre 5% e 20%, e médias altitudes, entre 60 m e 120 metros. Em relação às demais formas de relevo, essa é a forma que se destaca, dominando a paisagem mais ao sul, localizadas em sua grande maioria no município de Viamão;
- Morros: padrões morfométricos de formas de relevo de alta declividade, em torno e acima de 20%, e altitudes relativamente mais elevadas, acima de 100 m. Esses padrões não aparecem de forma muito expressiva na área, apenas na porção oeste, limites entre os municípios de Viamão e Porto Alegre.

As classes hipsométricas que se destacam na área da bacia são as de altitudes entre 20 – 40 m (16%), 40 – 60 m (24%) e as de 60 – 80 m (28%), conforme Figura 6. Essas altimetrias estão relacionadas às declividades de 2% a 15%, classes clinográficas predominantes (Figura 7).

Os Morrotes são as formas de padrões semelhantes de relevo que abrangem maior porção da área da bacia do arroio Feijó, com aproximadamente 32, 64 km² e juntamente com as formas de Colinas compreendem 70% da área total, seguida das Planícies 26% e das formas tipo Morro 6%. (REHBEIN, 2011).

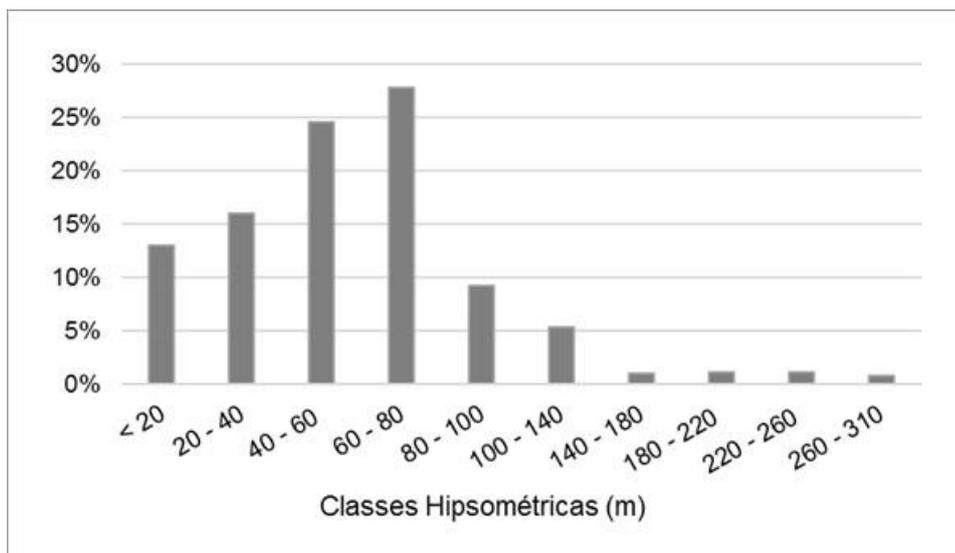


Figura 6: Classes Hipsométricas (m)

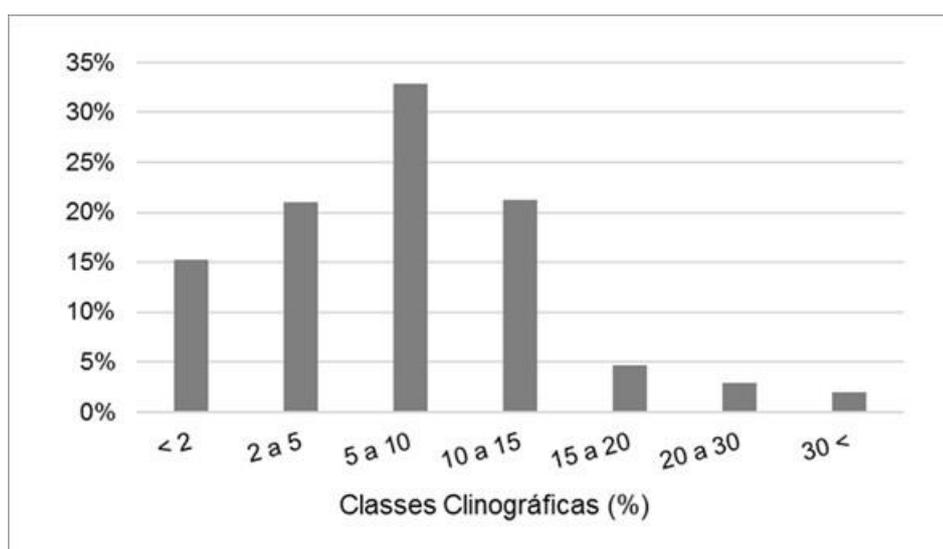


Figura 7: Classes Clinográficas em %.

Abaixo, segue descrição das características gerais dos solos encontrados na região da Bacia Hidrográfica do arroio Feijó segundo Hasenack e Rehbein (2011), apresentados na Figura 8, baseada no Sistema de Brasileiro de Classificação dos Solos (SiBCS) (EMBRAPA,1999), descritos e analisados também pelos autores Streck (2008) e Lepsch (2010):

- **ARGISSOLOS:** são solos normalmente profundos a muito profundos, bem drenados a imperfeitamente drenados, com materiais de origem diversos, basaltos, argilitos, siltitos e granitos. Apresentam horizontes com diferenciação moderada a marcante nos perfis de cores vermelho-amareladas e com horizonte

superficial arenoso espesso. Argissolos ocorrem em relevo montanhoso a suave ondulada, podendo estar associados a outros tipos de solos e sendo considerados intermediários para outras ordens. Encontram-se subdivididos em cinco subordens: Bruno-Acinzentados, Acinzentados, Amarelos, Vermelhos e Vermelho-Amarelos, estes últimos localizados na área de estudo.

- **CAMBISSOLOS:** são solos rasos em estado inicial de formação. O seu nome, do latim (*cambiare* = mudança), indica o estado de transformação, e eles variam de bem drenados a imperfeitamente drenados. Esse tipo de solo ocorre em áreas de relevos acidentados, podendo apresentar fragmentos de rocha. Estão divididos em três subordens: Húmicos, encontrados em regiões montanhosas e frias; Flúvicos, ocorrem em planícies fluviais e Háplicos, mais comuns, ocorrendo em diversos ambientes.
- **NEOSSOLOS:** são solos rasos com pouca ou nenhuma evidência de horizontes pedogenéticos e possuem perfis com horizontes A (assentado diretamente sobre a rocha) ou sobre o horizonte C (material inconsolidado de rocha alterada). Além disso, são constituídos por sedimentos aluviais recentes ou de rocha em decomposição, encontrados nos mais variados ambientes. São classificados em quatro subordens: Litólicos, ocorrência em declives acentuados; Flúvicos, ocorrem em planícies fluviais; Regolíticos, encontrados em relevo montanhoso e Quartizarênicos, de ambiente plano a suave ondulado.
- **PLANOSSOLOS:** são solos minerais imperfeitamente ou mal drenados de horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, com acentuada diferença de textura do horizonte A arenoso para o horizonte B. Estes solos geralmente apresentam acentuada concentração de argila, de permeabilidade lenta a muito lenta, muitas vezes com horizonte formado por lençol d'água suspenso, horizonte pá. São subdivididos em Nátricos e Háplicos com ocorrência nas baixadas do Rio Grande do Sul.
- **GLEISSOLOS:** esses solos encontram-se permanente ou periodicamente saturados por água, salvo se artificialmente drenados, e possuem horizonte subsuperficial acinzentados. Gleissolos ocorrem em relevos planos e rebaixados com alta umidade, saturados com água estagnada internamente, ou que saturam pelo fluxo lateral no solo. São divididos em quatro classes: Sállicos, Melânicos, Tiomórficos e Háplicos, este último, com ocorrência na área de estudo, possui horizonte superficial mais claro.

A região da bacia do arroio Feijó, com baixa declividade, plana e com predominância de solos do tipo Planossolos e Gleissolos, compreende solos minerais imperfeitamente ou mal drenados, que possuem erodibilidade laminar nula, porém favorecem o acúmulo de água e sedimentos. Esses solos ocorrem próximos à foz do rio Gravataí, à jusante da bacia do arroio Feijó e ao longo das planícies fluviais, e por serem solos mal drenados, agravam ainda mais a infiltração das cheias provocadas à montante (PPA, 2011).

As áreas de padrões e formas de relevo em colinas e morrotes, eles favorecem a ocupação urbana por apresentarem formas suaves. Nessas áreas, com alteração antrópica intensa, predominam os solos Planossolos, Gleissolos e Argissolos, que são solos profundos, bem drenados e com baixa a moderada suscetibilidade a erosão laminar (REHBEIN, 2011).

As áreas da bacia com relevo em formas de morrotes e morros apresentam solos do tipo Cambissolos e Neossolos associados a Argissolos. São solos não muito profundos, com presença ou não de afloramentos rochosos, bem drenados a fortemente drenados, e apresenta moderada a muito alta suscetibilidade a erosão laminar, favorecendo processos erosivos e certa instabilidade de materiais de encosta, podendo gerar situações de risco quando localizados próximo a moradias (REHBEIN, 2011).

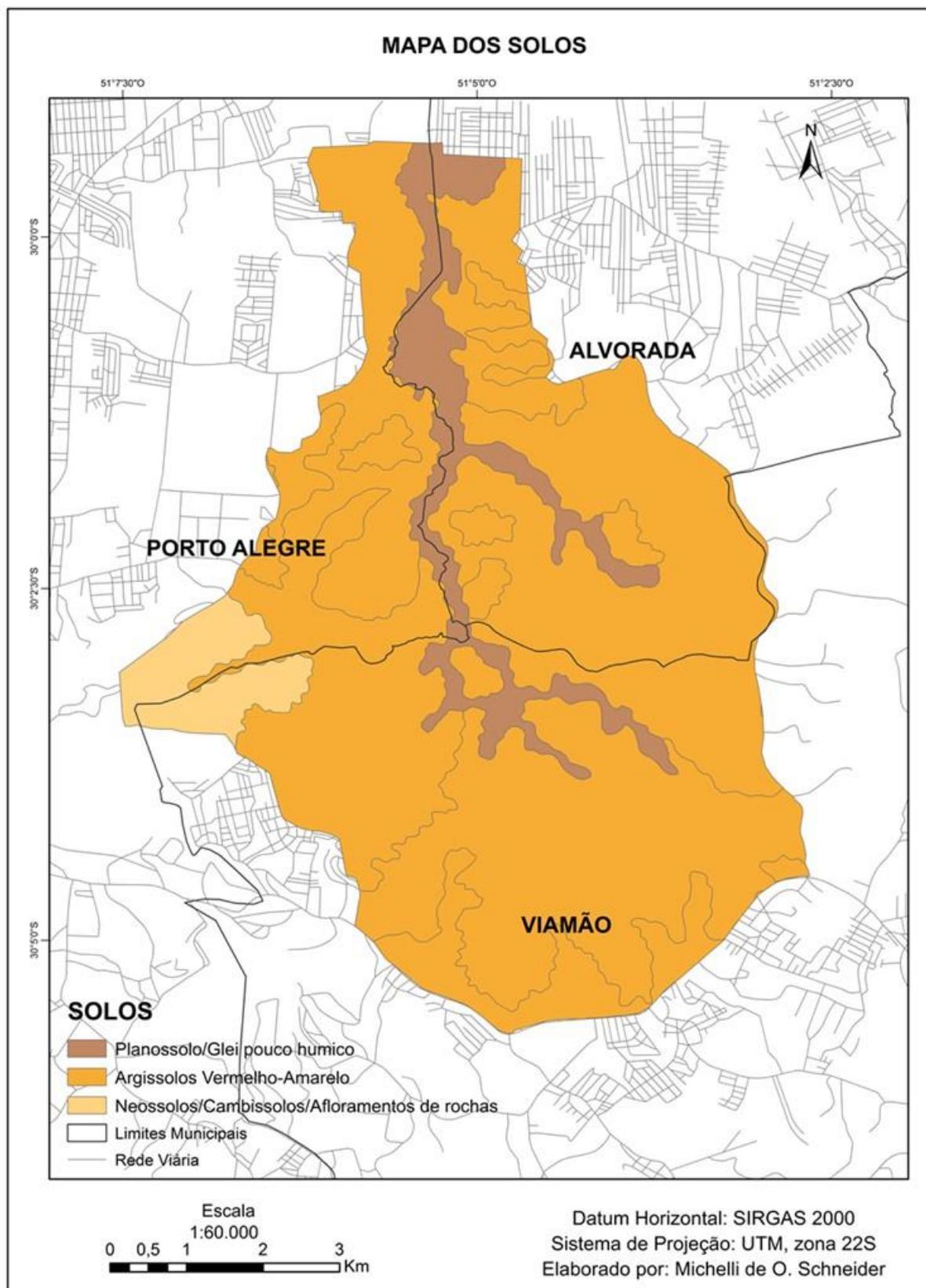


Figura 8: Mapa dos Solos da Bacia hidrográfica do arroio Feijó. Fonte: WEBER e HASENACK (2013).

2.4.2 Características da Vegetação

Nos grandes centros urbanos a vegetação original está sofrendo com a diminuição das suas áreas. A manutenção das áreas verdes nas cidades é importante para a qualidade ambiental.

A vegetação de Porto Alegre, Alvorada e Viamão possuem características dos biomas Pampa e Mata Atlântica. Conforme Hasenack *et al.* (2008), classificação da vegetação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1992) e o mapa de vegetação (IBGE, 2004) predominam na área da bacia do arroio Feijó: as Áreas de Tensão Ecológica, representadas pelo contato de espécies de diferentes regiões; as áreas de transição das formações florestais, campestres e pioneiras; e as áreas de Formações Pioneiras, vegetação de influência fluvial e/ou lacustres estabelecidas em terrenos quaternários ou mal drenados.

A cobertura vegetal original de Porto Alegre, Alvorada e Viamão, no perímetro da área de estudo, foi na sua maioria, substituída por usos antrópicos, como urbanização e agropecuária, restando pequenas porções nas cidades que ainda apresentam remanescentes originais, como os campos e matas localizados no sul do município de Porto Alegre, e os topos de morros, como no Morro Santana, localizado na área da bacia do arroio Feijó.

O Morro Santana está inserido no bioma Mata Atlântica e na região fito ecológica da Floresta Estacional Semidecidual, e compreende uma região com importantes registros de ocorrência de espécies ameaçadas de extinção no RS. Tem por limites as avenidas Protásio Alves ao norte, Bento Gonçalves ao sul, Antônio da Carvalho ao leste e o município de Viamão ao oeste. Além disso, o morro ocupa uma área de cerca de 10 km², sendo que 60% da área pertencem à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), que dentro dessa área criou o Refúgio de Vida Silvestre e conseqüentemente a Unidade de Conservação do Morro Santana, a sexta no contexto da capital gaúcha, com área de 3,2 km².

Os remanescentes dos morros da região distribuem-se de um modo geral, num mosaico entre mata e campo. A mata se apresenta mais desenvolvida na base dos morros, já nas partes altas dos morros, predominam os campos. Entre o campo e a mata ocorrem faixas de transição denominadas de “capoeiras” ou “vassourais”,

compostas por espécies arbustivas. Nessas áreas são encontradas ainda espécies exóticas introduzidas pelo. (ECAP79, 1994).

A bacia hidrográfica do arroio Feijó, encontra-se amplamente urbanizada e impermeabilizada. No entanto apresenta cobertura vegetal em 33% da área total, as quais ocorrem principalmente ao longo dos cursos d'água e áreas menos urbanizadas, como vertentes com maior declividade e topos de morros conforme mapa do uso do solo já analisado. O Quadro 2 descreve a classe vegetal original com a respectiva descrição, além do tipo de formação que cada uma representa e a porcentagem em relação a área total.

Quadro 2: Cobertura vegetal da bacia hidrográfica do arroio Feijó.

Classes de Cobertura Vegetal	Descrição	Tipo de Vegetação	Área em %
Vegetação Arbórea	Mata nativa com estágio sucessional avançado ou com vegetação secundária	Florestal	7,3
Vegetação Arbórea-arbustiva	Mata nativa com presença de vegetação secundária, com alguma alteração antrópica	Florestal	17,2
Vegetação Rasteira e de Banhado	Formação herbáceo-arbustiva, típica de áreas úmidas	Campestre	8,5

Fonte: PMA (2007); Hasenack (2006).

2.4.3 Clima na área de estudo e Variabilidade nas precipitações no RS

O regime climático regional apresenta como característica marcante uma grande variabilidade dos elementos do tempo meteorológico distribuídos ao longo do ano. O município de Porto Alegre, por se localizar na latitude 30° Sul e estar a uma distância de aproximadamente 100 km do Oceano Atlântico, possui um clima subtropical úmido, com precipitações bem distribuídas, não havendo dessa forma uma estação de seca definida (Livi, 1998).

O clima na bacia hidrográfica do arroio Feijó é classificado como subtropical úmido (Cfa), segundo Köppen *apud* Strahler (1967), com valor de temperatura média do mês mais quente superior a 22°C e apresenta chuvas distribuídas ao longo do ano com precipitação média anual de aproximadamente 1200 mm. As estações do ano são bem definidas, com verões quentes e invernos frios, o que determina uma amplitude térmica anual relativamente grande.

Já conforme a classificação proposta por Rossato (2011), que diferencia com um detalhamento maior o clima do Rio Grande do Sul (RS), o tipo climático encontrado na área de estudo, é o Subtropical III – Úmido com variação longitudinal das temperaturas médias, apresentando as seguintes características:

Gênese: área com menor influência dos sistemas polares e maior interferência dos sistemas tropicais conjugados com o efeito de relevo (escarpa e vales do bordo do planalto Basáltico), da continentalidade, da maritimidade e das áreas urbanizadas. Os sistemas frontais são responsáveis pela maior parte das precipitações;

Características: chove entre 1500-1700 mm anuais distribuídos em 100-120 dias de chuva. Há um leve aumento dos dias de chuva mensais que nessa região são normalmente de 9-12 dias. A temperatura média anual varia entre 17-20°C. A temperatura média do mês mais frio oscila entre 11-14°C e a temperatura média do mês mais quente varia entre 23-26°C. as temperaturas aumentam em direção ao oeste desta região, mas também nos grandes centros urbanos. (ROSSATO, 2011, p. 191)

O estado do Rio Grande do Sul localiza-se em uma zona de transição climática e assim é afetado por sistemas atmosféricos influenciados tanto por fatores associados à circulação de grande escala quanto às circulações locais. Em decorrência disso, as principais características climáticas refletem a participação tanto dos Sistemas Atmosféricos Extratropicais, quanto dos Intertropicais, embora os primeiros exerçam o controle sobre os tipos de tempo e na distribuição das chuvas durante todo o ano, motivada pelas sucessivas passagens frontais (SARTORI, 2003).

A climatologia da região é caracterizada por: passagens de sistemas frontais que se deslocam do Pacífico, passam pela Argentina e seguem para nordeste; sistemas que se desenvolvem no sul e sudeste associados a vórtices ciclônicos ou cavados em altos níveis e que chegam a costa oeste da América do Sul vindos do Pacífico; sistemas que se organizam no sul e sudeste com intensa convecção associada a instabilidade causada pelo jato subtropical com propagação para leste sobre o Oceano Atlântico; sistemas que se organizam no sul resultantes de frontogênese ou ciclogênese (SARTORI, 2003).

Segundo a média histórica dos anos entre 1961 e 1990 (Figura 9) do Instituto Nacional de Meteorologia, a precipitação média anual para Porto Alegre ficou em 1347,6 mm, com os meses de agosto e setembro sendo os mais chuvosos e apresentando precipitação média mensal de 140 mm e 139,5 mm, respectivamente.

Por outro lado, os meses com as menores médias pluviométricas são abril, com 77 mm, e maio, com 90 mm (INMET, 2014).

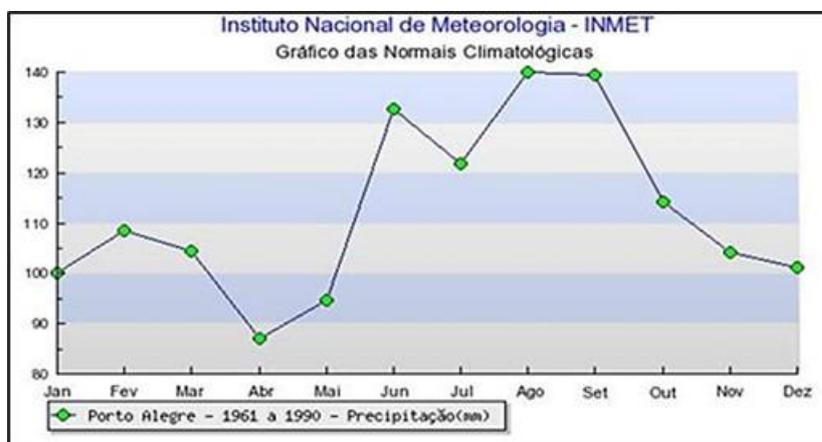


Figura 9. Normais climatológicas da precipitação, série histórica 1961-1990. Fonte: INMET (www.inmet.gov.br)

Para o período em análise neste estudo, de 1980 a 2015 (Figura 10), os dados da estação Porto Alegre apresentam média da precipitação em 1438 mm. Os anos com precipitações elevadas, próximos ou acima de 1500 mm foram de 1983 a 1987; de 1990 a 1994; 1997; 2000 a 2003; 2007 a 2009; 2014 e 2015. Já os anos com precipitações médias muito baixas, aproximadamente 1000 mm ocorreram em 1988, 1991, 2001, 2004 e 2006.

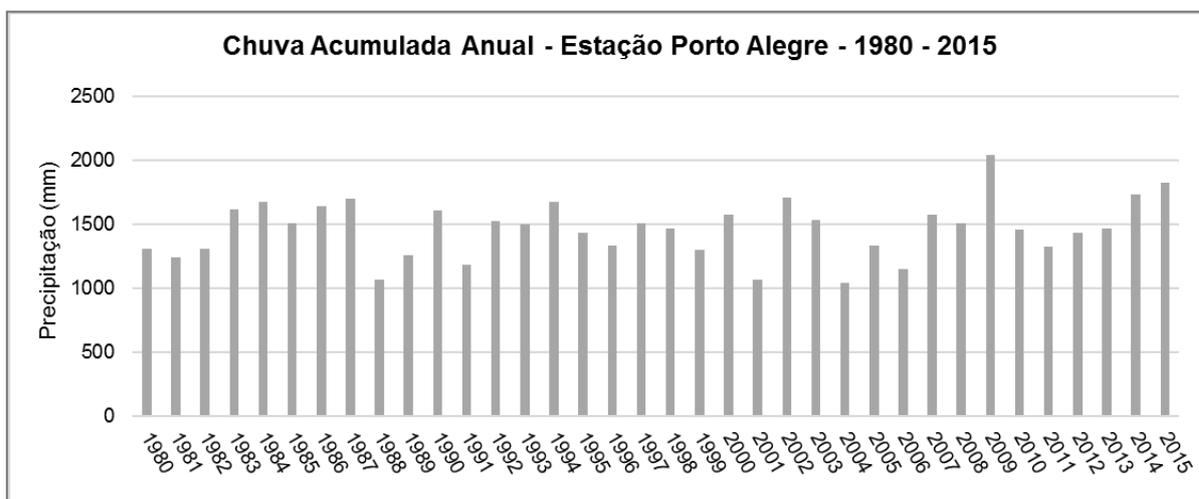


Figura 10. Gráfico da chuva acumulada anual, Estação Porto Alegre, período entre 1980 e 2015.

Fonte: INMET (2016)

Conforme dados da média acumulada mensal, para o mesmo período, os meses com média de precipitação mais elevada foram junho, julho, setembro e outubro, com 142 mm, 156 mm, 137 mm e 144 mm, respectivamente. As menores médias foram constatadas nos meses de novembro a maio, variando de 95 a 110 mm. Na média acumulada dos meses de julho e outubro esse período apresentou diferença comparada ao período da série histórica de 1961 – 1990. Porém, de forma sazonal, as médias mensais (Figura 11) acima de 120 mm e 130 mm, em ambos períodos, os meses de inverno e primavera se sobressaem com precipitações elevadas e no verão e outono com as médias pluviométricas mensais abaixo de 120 mm. No entanto, para se verificar alguma alteração mais significativa no regime climático, seria necessário uma análise mais profunda em todos os elementos do clima, como umidade, temperatura, dias de isolamento além da precipitação, e com isso determinar se há uma mudança ou mesmo flutuação climática (LIVI, 1998).

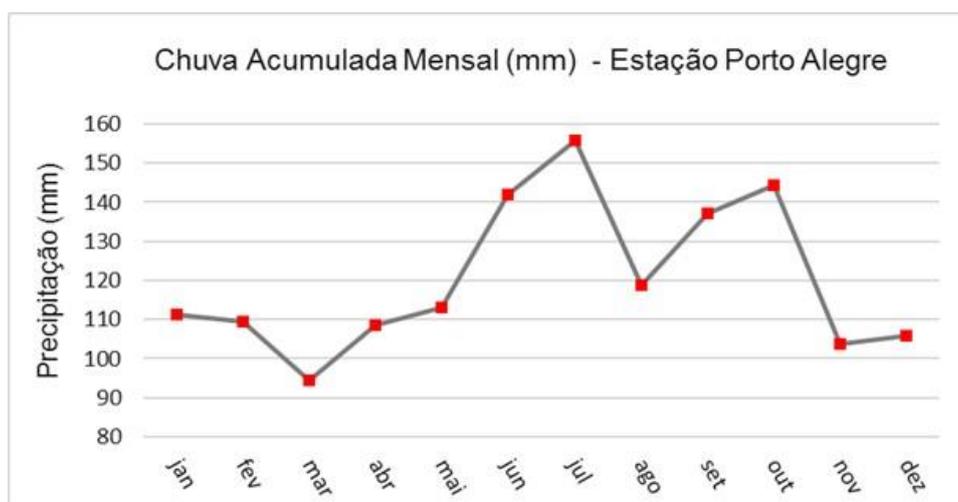


Figura 11. Gráfico da chuva acumulada mensal, Estação Porto Alegre, período entre 1980 e 2015.

Fonte: INMET (www.inmet.gov.br).

Comuns na primavera, os Complexos Convectivos de Meso Escala (CCMs) também são responsáveis por precipitação pluviométrica intensa (GUEDES, 1985). Estes sistemas formam-se no período noturno, no qual apresentam um máximo de convecção, geralmente sobre o sul do Paraguai e alcançam o sul do Brasil com intensa precipitação, em um curto espaço de tempo. Os sistemas convectivos são importantes na distribuição da precipitação pluvial no noroeste e norte do Estado, bem como os sistemas frontais e a circulação marítima (MONTEIRO, 2007).

Observações do clima regional têm demonstrado que o sistema de tempo de grande escala que influencia os regimes pluviométricos da região é o fenômeno El Niño - Oscilação Sul (ENOS) (FONTANA E BERLATO, 1997; SARTORI, 2003; MONTEIRO, 2007; BRITTO *et al.*, 2008; GRIMM, 2009; ROSSATO, 2011). O ENOS exerce um papel relevante nas anomalias climáticas de precipitação pluviométrica no Rio Grande do Sul. As anomalias climáticas mais conhecidas e de maior impacto são as relacionadas com o regime das chuvas, embora o regime térmico também possa ser modificado (BRITTO *et al.*, 2008).

No sul do Brasil, em anos de El Niño, as chances de chuvas acima do normal são maiores, enquanto desvios negativos ocorrem em anos de La Niña. Apesar de a influência dar-se durante todo o período de atuação desses eventos, há duas épocas do ano que são mais afetadas pelas fases do ENOS. São elas a primavera e o começo de verão, meses de outubro, novembro e dezembro, no ano inicial do evento; e final de outono e começo de inverno, meses de junho e julho, para o ano seguinte ao início do evento (CUNHA, 2003). Assim, nessas épocas, as chances de chuvas acima do normal são maiores em ano de El Niño, e chuvas abaixo do normal, em anos de La Niña, influenciando o ritmo climático do Rio Grande do Sul, atuando sob o ritmo de deslocamento das frentes. Os vórtices ciclônicos, associados aos efeitos orográficos, também favorecem a ocorrência de temporais e chuvas fortes, em curto período de tempo (MONTEIRO e MENDONÇA, 2007).

No que tange a gênese das precipitações no Estado, conforme Sartori (2003), as chuvas têm sua origem ligada às correntes perturbadas de Sul (Frentes Polares), e de Oeste (Instabilidades Tropicais), com um fortíssimo predomínio das primeiras sobre as segundas. Rossato (2011), da mesma forma, assinala que a gênese das chuvas no Rio Grande do Sul ocorre, principalmente, devido ao deslocamento desses sistemas frontais.

Os volumes de chuvas produzidos pelas Frentes Polares (FP) são muito superiores aos provocados pelas Instabilidades Tropicais (IT), o que submete a ocorrência de enchentes no Estado ao domínio dos sistemas frontais, principalmente no inverno, em função da melhor caracterização das massas de ar polar em confronto com as de origem tropical, que intensificam o processo frontogenético e elevam, em alguns casos, os totais pluviométricos, denotando aparente sazonalidade às enchentes no Rio Grande do Sul (WOLLMANN, SARTORI, 2009a).

As variações interanuais de precipitação pluviométrica no Estado do Rio Grande do Sul apresentaram índices positivos e negativos no período de 1980 a 2015 coincidindo com os anos em que os fenômenos El Niño e La Niña, se manifestam. Em 1983 e 1997 foram anos de El Niño intensos (Figura 12), cujas médias anuais ficaram em torno de 1500 mm. Levantamentos regionais de séries temporais, provenientes de análises históricas da Região Sul do Brasil, apresentaram escalas de tempo associado ao modo de variabilidade climática El Niño-Oscilação Sul, para dois a sete anos e ainda variações, de aproximadamente onze, 22 e 80 anos, entre outros (Rigozo *et al.*, 2002, 2004; Prestes *et al.*, 2011 *apud* PMBC, 2014).

De acordo com Britto *et al.* (2008), embora seja evidente a relação do ENOS com a pluviosidade, uma parcela significativa dos picos de anomalias não está aparentemente relacionada com o fenômeno, pois os mesmos influenciam também na intensidade dos sistemas atmosféricos de mesoescala, os Complexos Convectivos de Meso Escala (CCMs), que atuam no Estado.

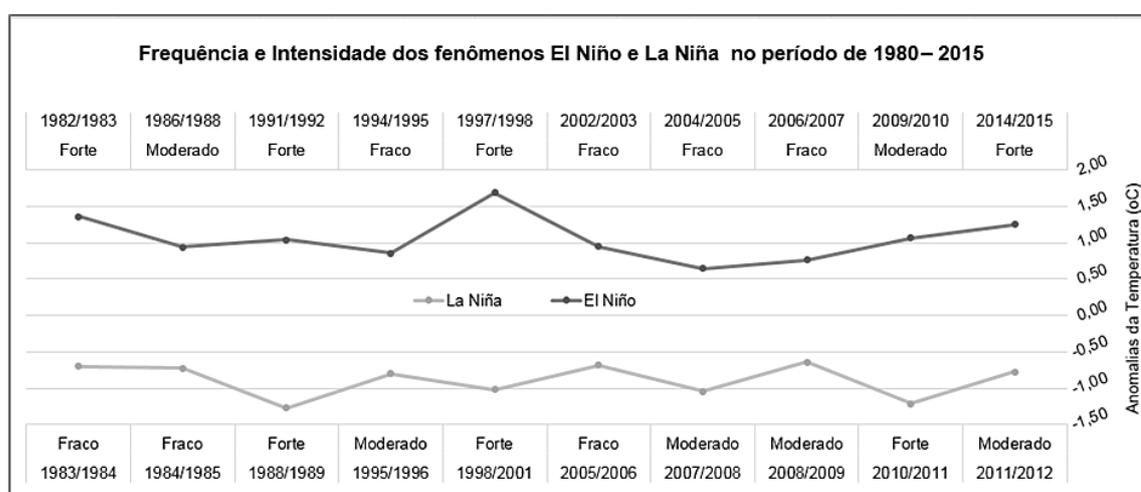


Figura 12: Gráfico da Frequência e Intensidade dos fenômenos El Niño e La Niña no período entre 1980 e 2015 e suas anomalias positivas e negativas na temperatura (°C). Fonte: NOAA (2015).

Ambos fenômenos causam mudanças na circulação atmosférica, tanto em escala regional como global, provocando alterações climáticas responsáveis por ocasionar impactos em diversas partes do globo. As principais consequências do El Niño na Região Sul do Brasil, verificadas pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (1998), são: precipitações abundantes, principalmente na primavera do ano de início do

fenômeno, e chuvas acima da média no final de outono e início do inverno, no ano seguinte ao seu início. Conforme Fontana e Berlatto (1997), inundações históricas no Estado tem coincidido com a ocorrência dos eventos de El Niño, sobretudo os considerados de forte intensidade.

Na área de estudo, o nível das águas do arroio Feijó responde rapidamente a essas precipitações, provocando inundações, principalmente no setor de jusante da bacia, o que pode ser evidenciado nesta dissertação.

Os principais efeitos de episódios do La Niña verificados na Região Sul são passagens rápidas de frentes frias, com tendência à diminuição da precipitação na primavera e início do verão, principalmente no Rio Grande do Sul (CPTEC/INPE, 1998).

CAPÍTULO III

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No presente capítulo serão abordados os fundamentos teóricos do conjunto conceitual e metodológico das pesquisas referentes aos desastres ambientais. Dessa forma, a definição e caracterização de fenômenos intrínsecos ao tema, como ameaças ou eventos adversos e inundações em áreas urbanas, assim como conceitos utilizados para as análises de perigo, vulnerabilidade e risco, serão discutidos.

O conhecimento teórico produzido sobre os processos que originam os riscos e desastres fornece o melhor entendimento dos mesmos e permite o desenvolvimento das pesquisas multidisciplinares a respeito do tema em vista da intensidade dos danos e prejuízos socioeconômicos que podem causar. As investigações sobre essa temática estão diretamente relacionadas a estudos que abrangem a relação sociedade e natureza, tema com o qual a Ciência Geográfica se identifica.

3.1 Desastres: urbanização, mudanças climáticas e implicações no sul do Brasil

A urbanização brasileira caracterizou-se pela acentuada concentração espacial e por um acelerado ritmo do crescimento urbano. Segundo Rossato (1993), a urbanização no país passou a ocorrer a partir da segunda metade do século XX. Entre 1940 e 1980, inverteu-se o lugar de residência da população. Ocorreu um grande crescimento populacional em centros urbanos. A partir da década de 1950, os países capitalistas desenvolveram-se tecnicamente e sua urbanização passou a acompanhar o seu crescimento de forma mais acelerada.

No Brasil, não foi diferente, nas décadas de 50 e 60, o país viveu o auge da explosão demográfica, a população rural foi expulsa do campo devido ao aumento da mecanização no processo agrícola, período em que também se intensificou o processo de industrialização dos meios de produção. A população urbana brasileira

passou de 45% em 1960 para aproximadamente 75% em 1991 (ROSS, 2001). Já nas últimas décadas chegou a 81%, em 2000, e atualmente conta com 85% da sua população em áreas urbanas (IBGE (2001; 2010).

Os censos do IBGE (1991; 2001; 2010) apontam que a população brasileira, que na década de 1990 era de 146,8 milhões, foi para 169,8 milhões em 2000, chegando a 190,7 milhões em 2010. Com isso, o país teve um crescimento demográfico de 15,6% entre 1991 e 2000 e de cerca de 12% entre 2000 e o último censo de 2010.

O desenvolvimento dos modos de produção transformou a rede urbana e ela foi setorizada, conforme sinaliza Sposito (2008), compondo-se em aglomerados urbanos, espaços de concentração do capital e dos meios de produção, gerando dessa maneira, uma diferenciação socioespacial. Essas aglomerações, materializadas nas grandes metrópoles, subordinam outras de porte médio, exercendo elos com esses pequenos centros.

De acordo com Santos (1994), as transformações da paisagem natural são um reflexo das relações sociais e econômicas exercidas pela sociedade. O autor salienta que as cidades surgem como resultado da estruturação das relações humanas ao longo do processo histórico, social e cultural, onde as aspirações do indivíduo e do coletivo estão subordinadas a decisões político-econômicas.

A industrialização e o processo de divisão do trabalho, resultantes do modo de produção capitalista, foram um marco importante do próprio processo de urbanização. Principal forma pela qual a sociedade se apropria e transforma o espaço, alterando a paisagem natural. A afirmativa de Fujimoto (2000) vai de encontro com o que salienta Santos:

As novas divisões do trabalho vão sucessivamente redistribuindo funções de toda ordem sobre o território, mudando as combinações que caracterizam cada lugar e exigindo um novo arranjo espacial (SANTOS, 1994, p. 125).

As cidades cresceram e se desenvolveram com grandes investimentos em infraestrutura (vias de transportes). Assim, a população passou a se aglomerar nas suas áreas periféricas, sem qualquer infraestrutura urbana e social. Devido à inexistência, quase total, de uma política de uso e ocupação do solo, a expansão urbana ocorre, em grande parte, em áreas impróprias ou de formas irregulares. As

consequências dessas ocupações são o surgimento de inúmeros problemas ao meio físico, à própria população e aos poderes públicos responsáveis pelos serviços de infraestrutura nessas áreas (FUJIMOTO, 2000).

Dependendo da disponibilidade de infraestrutura social e pública para atuar em benefício do bem-estar comum e manter um ambiente sem deterioração e contaminação, observa-se assim, que a qualidade de vida está fortemente ligada à questão ambiental. A pressão sobre o ambiente natural resulta em uma baixa qualidade de vida, sobretudo nos espaços urbanos. Leis orgânicas e planos diretores são fundamentais para viabilizar o manejo adequado e a melhor gestão dos espaços públicos e do meio natural desses centros urbanos (FUJIMOTO, 2000).

No município de Porto Alegre, capital do estado do Rio Grande do Sul, o processo de metropolização ocorre da mesma forma que no restante do país, concentrando indústrias de pequeno e médio porte e atraindo, com isso, grande contingente de mão de obra, salienta ainda Fujimoto (2000). Investimentos em infraestrutura foram realizados para um desenvolvimento da cidade e do estado. Nesse período, as possibilidades ofertadas nas cidades já não comportavam mais as demandas de sua população, forçando uma expansão para áreas periféricas do município e migração para cidades vizinhas, condição que acentuou as diferenças sociais na zona urbana. Esses investimentos foram fundamentais para o desenvolvimento do município e das áreas adjacentes, necessitando de ações conjuntas de planejamento.

Em função disso, a região metropolitana de Porto Alegre foi constituída legalmente em 1967 que mediante lei complementar, permitiram o estabelecimento das primeiras regiões metropolitanas brasileiras (BRASIL, 1967). Estas regiões foram caracterizadas como um conjunto de municípios de uma mesma comunidade socioeconômica que, independentemente de sua vinculação administrativa, visavam à realização de serviços públicos de interesse comum.

Contudo, somente em 1973 a região metropolitana de Porto Alegre (RMPA) foi formalmente instituída através da Lei Complementar Federal 14 de 08/06/1973, integrando inicialmente 14 municípios, atualmente conta com 34 municípios, representando 37,7 % da população do Rio Grande do Sul.

Ribeiro (2012) afirma que as metrópoles são unidades capazes de polarizar o território nas escalas nacional, regional e local e são consideradas a partir de

características desses aglomerados, constituindo-se em centros do poder econômico, social e político.

A estrutura das áreas metropolitanas deriva em grande parte dos processos econômicos em andamento que “têm na estrutura produtiva e no trabalho as principais categorias analíticas para sua compreensão e, por conseguinte, dos processos sociais que lhes são inerentes e se expressam territorialmente” (FEDOZZI *et al.*, 2015, p. 25). Ainda conforme os autores, as mudanças e os impactos econômicos, que ocorrem pela organização social do território metropolitano, impõem condicionantes nas estruturas da organização espacial das metrópoles.

A população em situação de pobreza urbana está mais exposta a ameaças e a desastres, pois vive em áreas onde serviços básicos são pouco presentes. Essas áreas são geralmente ocupadas de forma desordenada, sendo caracterizadas como de risco (UNISDR, 2012). A população, que reside nas áreas irregulares, representa mão de obra abundante, e essas áreas caracterizam espaços necessários para a produção do capital. Peloggia (1998, p. 219), salienta que “ocupações inadequadas não ocorrem por falta de informação, mas por obrigatoriedade diante de um quadro de miséria e impossibilidade de acesso a terra”.

Nas últimas décadas, conforme demonstrado pelos dados do EM-DAT, *International Disasters Database*, Figura 13, os registros dos eventos causadores de desastres têm aumentado sua ocorrência, assim como, sua reincidência gerando impactos cada vez mais intensos. Um dos principais fatores pode estar vinculado diretamente às mudanças climáticas (MUNICH RE GROUP, 1999; MARCELINO *et al.*, 2006; IPCC, 2007). Inúmeras regiões do planeta já estão sendo impactadas pelos desastres de forma mais recorrente, principalmente, aqueles desencadeados por fenômenos atmosféricos extremos, causados em sua maioria pelas tempestades severas (MARCELINO, 2008).

Os desastres podem ocorrer em qualquer região do planeta, visto que os de origem natural são desencadeados por fenômenos naturais como as tempestades, os terremotos e os vulcões e ocorrem em todo o globo. Entretanto, algumas regiões são mais afetadas em função da magnitude e frequência desses fenômenos e da vulnerabilidade do sistema social (UNISDR, 2012).

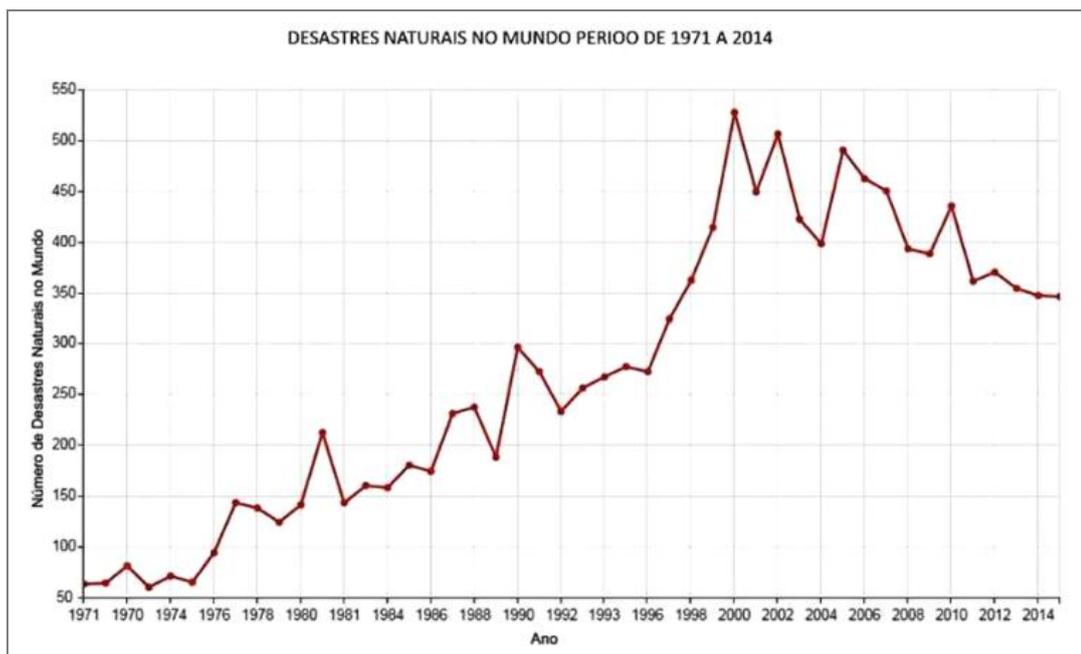


Figura 13. Desastres Naturais ocorridos no Mundo entre 1971 e 2014. Fonte: EM-DAT, International Disasters Database (2015).

Na Figura 14 é possível verificar os desastres de maior ocorrência no país, segundo informações do Banco de Dados de Desastres Internacional, colaborador da Organização Mundial da Saúde e Departamento Humanitário das Nações Unidas (EM-DAT, 2015). Cerca de 80% estão associados às instabilidades atmosféricas severas, que são responsáveis pelo desencadeamento de inundações, vendavais, tornados, granizos e escorregamentos. De acordo com os mesmos dados, as inundações tiveram maior incidência (63%) nas últimas décadas.

O “Atlas Brasileiro de Desastres Naturais”, do Centro de Estudos e Pesquisa sobre Desastres da Universidade Federal de Santa Catarina (CEPED/UFSC, 2013), ao levantar os registros de desastres entre 1991 e 2012 no país, destacou aumento na incidência de registros na década de 2000 e nos anos de 2010, 2011 e 2012. Entretanto, apesar de apresentar potencial crescimento, o estudo destaca que o aumento também se deve à melhora do sistema de registros.

De acordo com CEPED/UFSC (2013), Figura 15, em âmbito nacional, os desastres informados com maior frequência pelos municípios são de origem climatológica, estiagens e secas; seguidos pelos de origem hidrológica, inundações e enxurradas; e de origem meteorológica, vendavais (CEPED/UFSC, 2013; BRASIL, 2012).



Figura 14. Desastres Naturais ocorridos no Brasil entre 1980 a 2015.

Fonte: EM-DAT, International Disasters Database.

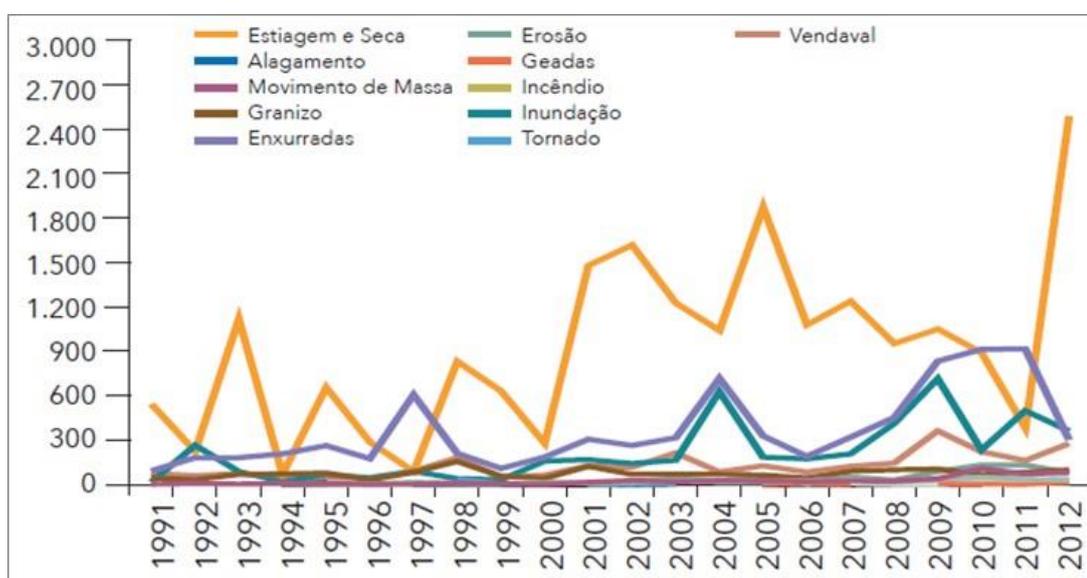


Figura 15. Registros de ocorrências de desastres no Brasil no período entre 1991 e 2012.

Fonte: CEPED/UFSC, 2013.

O “Relatório de Danos Materiais e Prejuízos decorrentes de Desastres Naturais no Brasil – 1995 a 2014 (CEPED/UFSC, 2016) apresenta dados relativos aos danos materiais e aos prejuízos decorrentes de desastres naturais no Brasil, a fim de aprofundar os estudos iniciados pelo Banco Mundial e pelo próprio CEPED/UFSC. São registros de desastres informados pelos municípios ao órgão

estadual de Defesa Civil ou à Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC). Foram apurados 22.810 registros de fenômenos, como secas e inundações, que causaram prejuízos de 182.8 bilhões de reais, uma média de 800 milhões de reais por mês. Um dos principais motivos da ocorrência desses fenômenos, destacado pelo estudo, além do aquecimento global e mudanças climáticas, decorrem em função do crescimento urbano desordenado (CEPED/UFSC, 2016).

Dentre os 60 municípios classificados pelo total de registros de desastres naturais, no período entre 1991 e 2012, mais atingidos no Brasil, 88,3% encontram-se na Região Sul (CEPED/UFSC, 2013). O estado, que mais teve prejuízo pelos desastres no país para o período entre 1995 e 2014, foi o Rio Grande do Sul; Santa Catarina encontra-se em terceira posição e o Paraná em quinta (CEPED/UFSC, 2016).

Assim, no Rio Grande do Sul, estado frequentemente atingido, surgem desastres naturais associados a processos de dinâmica superficial e atmosférica. Trabalhos importantes fizeram o levantamento dos desastres no estado. O já citado “Atlas Brasileiro de desastres naturais 1991 a 2012” Volume Rio Grande do Sul (CEPED/UFSC, 2013); e a Dissertação de Mestrado em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria, de Bernadete Weber Reckziegel, intitulado “Levantamento dos Desastres desencadeados por Eventos Naturais Adversos no Estado do Rio Grande do Sul no período de 1980 a 2005” (RECKZIEGEL, 2007).

Ambos os trabalhos apontaram que eventos de caráter extremo são habituais no estado. Com 20% de registros de ocorrência, os vendavais, as precipitações de granizo e os vendavais acompanhados de precipitação de granizo, são responsáveis por danos e pela destruição de inúmeras moradias a cada ano (CEPED/UFSC, 2013).

Entre os desastres associados a processos de caráter atmosférico e hidrológico, sobressaem-se as inundações, enxurradas e alagamentos, com 24% de ocorrências registradas entre os anos de 1991 a 2012 (CEPED/UFSC, 2013), deixando grande número de pessoas desabrigadas. As estiagens, que prejudicam a agricultura e dificultam o abastecimento de água em diversos municípios, apresentam maior incidência no estado do Rio Grande do Sul. Conforme Reckziegel (2007) e UFSC/CEPED (2013), o estado registrou cerca de 53% ocorrências de estiagens no período analisado.

O Centro Universitário de Pesquisas e Estudos sobre Desastres da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - CEPED/RS e Grupo de Gestão de Risco de Desastres (GRID) por meio de dados da Coordenadoria Estadual de Defesa Civil (CEDEC/RS), também, realizou levantamento dos desastres no estado do Rio Grande do Sul por meio do estudo “*Mapeamento de Risco e Mitigação das Consequências de Desastres Naturais com Uso de Engenharia*” (GRID, 2017).

O resultado gerou espacialização dos registros nos municípios com probabilidade de decretação de anormalidade devido à estiagem e inundações para o período de 1982 a 2011 (Figura 16). O levantamento apontou com alta a muito alta probabilidade de decretação de estiagem a região oeste do estado. No que se refere a probabilidade de registros devido as inundações, o estado registrou maior incidência na fronteira oeste e sul do estado. De forma regional, a RMPA apresentou registros de alta probabilidade nos municípios de Esteio, Novo Hamburgo, Campo Bom, Taquara, Parobé e Rolante. Os municípios que assinalaram muito alta probabilidade foram São Sebastião do Cai, Montenegro, Charqueadas, São Leopoldo, Igrejinha, Cachoeirinha e Alvorada (GRID, 2017).

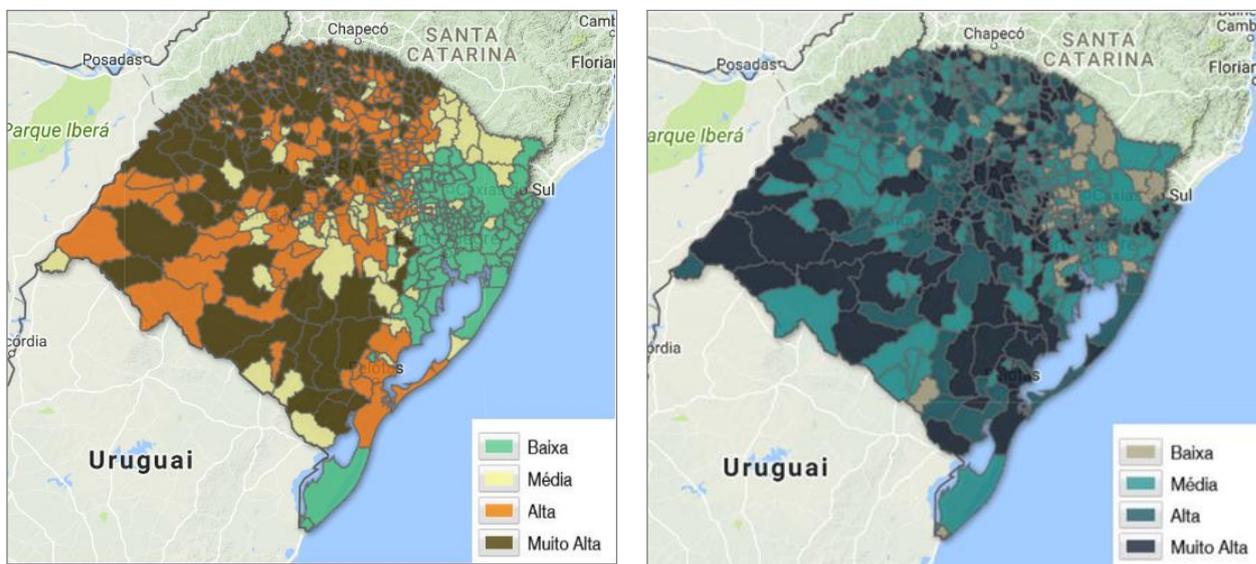


Figura 16: Probabilidade de decretação de anormalidade devido à estiagem (a) e inundações (b) para o período de 1982 a 2011. Fonte: CEDEC-RS *apud* GRID/CEPED/UFRGS (2017)

Os autores citados no levantamento realizado por Marcelino *et al.* (2006), Rosenfeld (1994), Alexander (1995), Alcântara-Ayala (2002) e McBean (2004), explicam que o aumento dos desastres, de forma global, deu-se principalmente em

função da união de fatores como: acumulação de capital, segregação socioespacial, crescimento populacional, avanço das tecnologias de comunicação e mudanças climáticas globais. Dentre as causas apontadas ao aumento significativo da frequência das instabilidades atmosféricas severas, e suas consequências, tem-se as mudanças climáticas globais (HOUGHTON *et al.*, 2001).

O IPCC (2007), Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), apontou aumento de cerca de 30% na concentração de CO² desde o início da Revolução Industrial, ampliação de 0,6°C na temperatura média global, bem como aumento na temperatura média e nível dos oceanos. Quanto à precipitação, o incremento assinalado foi de 0,2 a 0,3% na região tropical compreendida entre 10° de latitude Norte e 10° de latitude Sul. Relativo às mudanças climáticas, os episódios de El Niño surgem de maneira mais frequente, persistente e intensa desde a década de 1970, conforme Houghton *et al.* (2001).

Como consequência direta do aquecimento global, o IPCC (2007) e o PMBC (2014) apontam alteração na dinâmica climática por meio do acréscimo de eventos atmosféricos extremos, com episódios pluviais intensos, estiagens severas, tornados, dentre outros. Dessa forma, o IPCC por meio do Quarto Relatório - AR4 (2007) adverte que chuvas torrenciais e inundações estão se tornando mais comuns, e os danos causados por tempestades e ciclones tropicais tem aumentado.

3.2 Desastres

O processo de evolução do ser humano modificou o sistema natural que regia o planeta de forma dinâmica, passou a ser um agente transformador da natureza. Diversos fenômenos de origem físico-natural, tais como terremotos, erupções vulcânicas, tornados, escorregamentos, inundações, estiagem, entre outros, são desequilíbrios naturais que ocorrem, independentemente da interferência humana. Tais fenômenos naturais são influenciados pelas características litológicas, geomorfológicas, topográficas, climáticas e da vegetação da região (ALCÂNTARA-AYALA, 2002).

Os sistemas naturais são definidos por Tricart (1977, p.23) como “um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia em equilíbrio dinâmico, com relações de dependência mútua entre os seus componentes”.

Portanto, ao surgir um desequilíbrio nessa dinâmica, fenômenos físicos extremos podem ocorrer e causar eventos adversos.

No momento em que o ser humano passou a interagir com a natureza de maneira desequilibrada e predatória por meio do advento de suas técnicas e, posteriormente, através das atividades de produção do sistema socioeconômico vigente, esses fenômenos tornaram-se mais intensos causando inúmeros prejuízos às sociedades (ALCÂNTARA-AYALA, 2002). Como consequência dessas modificações, os desastres passaram a ocorrer com maior frequência e intensidade.

Ao revisar o conceito de desastre, é possível verificar que há a tendência de incluir não apenas eventos físico-naturais como a causa dos desastres, pode-se admitir ou reconhecer que os sistemas econômicos e sociais também estão relacionados.

Conforme os autores citados por Alcântara-Ayala (2002), o termo desastres naturais enfocam apenas o fator natural. Para UNDRO (1982, *apud* Alcântara-Ayala, 2002) desastres naturais são “a probabilidade de um fenômeno potencialmente prejudicial ocorrer” e conforme Alexandre (1993, *apud* Alcântara-Ayala, 2002) “são eventos físicos impactantes para o ser humano e seu meio”.

A partir da década de 1960, complementando essa ideia apresentada por Alcântara-Ayala (2002), demais pesquisadores passaram a introduzir a visão de que os danos causados por desastres são provenientes da influência mútua entre sociedade e natureza (WHITE, 1961, 1964; KATES, 1962; BURTON *et al.*, 1968; HEWITT e BURTON, 1971, WHITE, 1973 *apud* ALCÂNTARA-AYALA, 2002).

Na área social, cientistas, como Albala-Bertrand (1993), Blaikie *et al.* (1994), Cannon (1993), Varley (1991) e Winchester (1992), citados por Alcântara-Ayala (2002) ficaram atentos para os estudos de risco e vulnerabilidade. Esses autores ponderam a importância de compreender, não só o evento adverso em si, mas a característica de risco nas áreas propensas a esses fenômenos.

A conceituação, adotada pela UNISDR (2009), considera desastre como uma grave perturbação do funcionamento de uma comunidade ou de uma sociedade envolvendo perdas humanas, materiais, econômicas e/ou ambientais de grande extensão. Esses impactos excedem a capacidade da comunidade ou da sociedade afetada de arcar com seus próprios recursos.

No Glossário da Defesa Civil Nacional (2009), Castro (1998, p. 52) define desastre como sendo:

[...] o resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais. A intensidade de um desastre depende da interação entre a magnitude do evento adverso e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor afetado.

Definição também adotada pelo CEPED/UFRGS (2016) e pelo Ministério de Integração Nacional, através do Art. 1º da Instrução normativa Nº 01, de 24 de agosto de 2012, tendo em vista o disposto Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012, que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC. Essa instrução normativa estabelece os procedimentos e critérios para a decretação de situação de emergência ou estado de calamidade pública pelos Municípios, Estados e pelo Distrito Federal, definindo:

II – situação de emergência: situação de alteração intensa e grave das condições de normalidade em um determinado município, estado ou região, decretada em razão de desastre, comprometendo parcialmente sua capacidade de resposta;

III – estado de calamidade pública: situação de alteração intensa e grave das condições de normalidade em um determinado município, estado ou região, decretada em razão de desastre, comprometendo substancialmente sua capacidade de resposta; (Art. 1º da Instrução normativa Nº 01, de 24/10/ 2012, Lei nº 12.608, de 10/04/2012).

A decretação ocorrerá quando caracterizado o desastre e for necessária uma conjuntura jurídica. O órgão de proteção responsável irá avaliar o panorama emitindo parecer sobre a necessidade de “atendimento às necessidades temporárias, voltadas à resposta aos desastres, à reabilitação do cenário e à reconstrução das áreas atingidas”. Para isto, devem ser seguidos alguns critérios classificando os desastres quanto à origem, evolução e periodicidade; e, além disso, a capacidade do poder público local de responder e gerenciar danos - materiais e humanos - e prejuízos socioeconômicos (BRASIL, 2012).

No presente momento, conforme análises dos autores Alcântara-Ayala (2002) e Kobiyama (2006), o caráter socioeconômico, político e cultural de algumas regiões do planeta, tornam-nas mais propensas a eventos adversos. Essas características são consideradas um dos principais fatores de vulnerabilidade aos desastres.

Os países em desenvolvimento têm sofrido frequentemente com os desastres de origem natural. Esses países geralmente não possuem boa infraestrutura e sofrem mais com essa problemática do que os países desenvolvidos. Porém, para

Vanacker *et al.* (2003) citado por Kobiyama *et al.* (2006), os países desenvolvidos também apresentaram aumento dos desastres.

Conforme a Figura 17, abaixo, pode-se verificar que os desastres naturais com maior número de vítimas entre os anos de 1974 e 2003 ocorreram principalmente nos países em desenvolvimento.



Figura 17. Número de mortes e pessoas afetadas por desastres naturais para cada 100 mil/hab no período de 1974 a 2003. Fonte: EM-DAT, International Disasters Database.

Os critérios, seguidos no Relatório Estatístico Anual do EM-DAT (Emergency Disasters Database) de desastres ocorridos em 2014 (GUHA-SAPIRD, *et. al.* 2015), consideram a ocorrência de pelo menos um dos seguintes dados: 10 ou mais óbitos, 100 ou mais pessoas afetadas, declaração de estado de emergência e/ou pedido de auxílio internacional.

Dessa forma, entende-se desastre no presente estudo como a consequência da ocorrência de grandes eventos adversos que incidem em áreas com ocupação humana vulnerável, sejam eles naturais ou provocados pelo homem (BRASIL, 2012, *apud* CEPED/UFRGS, 2016).

De acordo com os dispostos na norma que estabelece os critérios para decretação de situação de emergência e de calamidade pública da PNPDEC, os desastres podem ser caracterizados entre si quanto à intensidade, à evolução e à origem. Essas classificações são descritas abaixo, conforme o Quadro 3.

Quadro 3. Classificação dos Desastres, conforme a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Brasil, 2012)

INTENSIDADE	NIVEL I Desastres de média intensidade	<ul style="list-style-type: none"> • Danos e prejuízos são suportáveis e superáveis pelos governos locais; • Situação de normalidade pode ser restabelecida com os recursos mobilizados em nível local ou complementares; • Ocorrência de pelo menos 2 danos humanos, materiais e ambientais; • Prejuízos econômicos públicos > 2,77% da receita pública anual e colapso de serviços essenciais; e privados > 8,33% da receita pública anual; • Situação de Emergência.
	NIVEL II Desastres de grande intensidade	<ul style="list-style-type: none"> • Danos e prejuízos não são suportáveis e superáveis pelos governos locais; • Situação de normalidade pode ser restabelecida dependendo da mobilização e da ação estaduais e federais, eventualmente necessita ajuda internacional; • Ocorrência de pelo menos 2 danos humanos, materiais e ambientais; • Prejuízos econômicos públicos > 8,33% da receita pública anual e colapso de serviços essenciais; e privados > 24,93% da receita pública anual; • Estado de Calamidade Pública.
EVOLUÇÃO	SÚBITOS	<ul style="list-style-type: none"> • Se caracteriza pela velocidade com que o processo evolui e pela violência dos eventos adversos causadores; • Pode ocorrer de forma inesperada e surpreendente ou ter características cíclicas e sazonais, sendo assim facilmente previsíveis.
	GRADUAL	<ul style="list-style-type: none"> • se caracterizam por evoluírem em etapas de agravamento progressivo.
ORIGEM	NATURAL	<ul style="list-style-type: none"> • Processos ou fenômenos naturais podendo levar a perdas humanas ou outros impactos à saúde, danos ao meio ambiente, à propriedade, interrupção dos serviços e distúrbios sociais e econômicos.
	TECNOLÓGICOS	<ul style="list-style-type: none"> • Originados de condições tecnológicas ou industriais, incluindo acidentes, procedimentos perigosos, falhas na infraestrutura ou atividades humanas específicas, podendo levar a perdas humanas ou outros impactos à saúde, danos ao meio ambiente, à propriedade, interrupção dos serviços e distúrbios sociais e econômicos.
PERIODICIDADE	ESPORÁDICOS	<ul style="list-style-type: none"> • Ocorrem raramente com possibilidade limitada de previsão.
	CÍCLICOS OU SAZONAIS	<ul style="list-style-type: none"> • Ocorrem periodicamente e guardam relação com as estações do ano e os fenômenos associados.

A fim de atender à classificação dos desastres do Banco de Dados Internacional de Desastres (EM-DAT), a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil passa a adotar a Codificação Brasileira de Desastres – COBRADE para o preenchimento do formulário de identificação de desastres (FIDE) e demais documentos necessários para a solicitação de recursos. A utilização da classificação da COBRADE (2012) mostra-se fundamental para padronizar os registros de forma integrada e sistêmica dos eventos adversos que afetam o país.

No Brasil, os principais fenômenos causadores de desastres de origem natural são acarretados pela dinâmica externa da Terra, tais como, tempestades, inundações, enxurradas e escorregamentos de solos e/ou rochas. Os eventos que afetam a área de estudo estão relacionados aos desastres de origem hidrológica (BRASIL, 2012), sobretudo as inundações.

Para uma melhor compreensão teórica do presente trabalho, devem-se explicar alguns conceitos fundamentais às questões expostas. Dessa maneira, a definição do termo “inundação” é necessária.

3.3 Inundação

Conforme o código brasileiro de desastres (COBRADE, 2012), as inundações ocorrem, normalmente, de forma sazonal e são intensificadas pela variação climatológica de médio e longo prazo, sem a influência de mudanças diárias do tempo. Além disso, elas se relacionam muito mais com períodos demorados de chuvas ininterruptas, do que com chuvas intensas e concentradas, são caracterizadas por sua abrangência e grande extensão, ocorrendo, principalmente, em grandes bacias hidrográficas e em rios de planície.

A área suscetível de ocorrência das inundações é representada geomorfologicamente pela planície de inundação. A planície de inundação, de acordo com Christofolletti (1981, *apud* TUCCI, 2005), é a faixa do vale fluvial composta por sedimentos aluviais, nas bordas do curso d'água, e periodicamente inundadas pelas águas de transbordamento provenientes dos rios. Christofolletti (1974 *apud* TUCCI, 2005) aponta que esses leitos fluviais correspondem aos espaços que podem ser ocupados pelo escoamento das águas, e, no que tange ao

perfil transversal nas planícies de inundação, distingue os seguintes tipos: leito de vazante, leito menor, leito maior periódico ou sazonal. Conforme Figura 17.

Para Eckhardt (2008) e Tucci (2005), inundação é o termo utilizado para o excesso do volume de água que não consegue ser drenado pelo canal principal (leito menor), inundando as áreas ribeirinhas (leito maior ou planície de inundação). O leito menor é a seção de escoamento onde a água escoava frequentemente e o leito maior é a área onde o rio ocupa raramente. O leito maior pode ser extenso, de vários quilômetros de largura, e o leito menor tem alguns metros, exceto em rios de grande porte (TUCCI, 2005).



Figura 18. Perfil transversal representativo de uma planície de inundação.

Fonte: Christofolletti (1974, *apud* Tucci 2005).

A classificação utilizada pelo COBRADE (2012) insere as inundações no grupo do desastre de origem natural hidrológico, que é subdividido em três: inundações, enxurradas e alagamentos, os quais serão utilizados no presente trabalho.

De acordo com CEPED/UFRGS (2016), as inundações consistem no aumento lento dos níveis de água em cursos d'água, gerando um extravasamento que se mantém em situação de cheia e após algum tempo escoava gradualmente. Já as enxurradas são desencadeadas por chuvas intensas e concentradas, e consistem na elevação súbita dos rios acompanhadas de um escoamento de alta velocidade e energia. A inundação é ocasionada, de forma geral, por chuvas prolongadas em áreas de planície.

Estudos da Organização Mundial de Meteorologia acerca das inundações (WMO, 1994), de Castro (1999), da NWS/NOAA (2005) e de Mediondo (2005), estes adotam as classificações de *flood* ou *river flood* (inundações) e *flash floods* (enxurradas), como são chamadas em inglês. De acordo com o código brasileiro de desastres as inundações são definidas como:

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. (COBRADE, 2012, p.02)

As enxurradas, definidas como o “escoamento superficial de alta velocidade”, são provocadas por chuvas concentradas e intensas, causando súbito e violento aumento dos cursos d’água, escoando de forma rápida e intensa. As enxurradas apresentam poder destrutivo elevado e ocorrem normalmente em bacias ou sub-bacias de médio e pequeno porte e são caracterizadas por regiões acidentadas. (COBRADE, 2012).

Os autores, Amaral e Ribeiro (2009), indicam que as precipitações mais intensas e concentradas atingem áreas localizadas e são em geral dos tipos convectivo e orográfico, que atuam, normalmente, sobre pequenas áreas. As precipitações frontais já agem em grandes áreas, provocando inundações de grande volume.

As águas, que acumulam nas vias e nos perímetros urbanos por intensas precipitações pluviométricas, caracterizam-se pelos alagamentos. O extravasamento ou não das águas depende muito de uma drenagem eficiente, que facilita ou dificulta a vazão das águas acumuladas. Já as inundações litorâneas são provocadas pela brusca invasão do mar, normalmente decorrentes de vendavais e tempestades marinhas, ciclones tropicais, trombas da água, tsunamis e ressacas muito intensificadas. (COBRADE, 2012)

Em áreas urbanas, para Tucci (2005) as inundações são responsáveis por grandes desastres e podem ocorrer por dois processos distintos de forma conjunta ou separada: inundações em áreas ribeirinhas e inundações provocadas pelo processo de urbanização como apresentado no Quadro 4. O conceito de inundação urbana descrito por Tucci (2005) indica que essa problemática é proveniente da precariedade na estrutura urbana, já o código nacional de desastres identifica essas inundações como alagamentos, conforme referido anteriormente.

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 2007) define inundações como a representação do transbordamento das águas de curso d’água, atingindo a planície de inundação e áreas de várzea; enchentes, ou cheias são definidas pela elevação do nível d’água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal, porém, sem extravasar; o alagamento é um acúmulo momentâneo

de águas em determinados locais por deficiência no sistema de drenagem; e as enxurrada se define pelo escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte.

Quadro 4. Tipos de Inundações e suas consequências, segundo Tucci (1995; 2005).

Tipo	Situação	Ocorrência
Inundação Ribeirinha	Inundações naturais que ocorrem quando o escoamento atinge níveis superiores ao leito menor, chegando ao leito maior dos rios, de acordo com a variabilidade temporal e espacial da precipitação e do escoamento na bacia hidrográfica;	Esse tipo de inundação geralmente ocorre em bacias médias e grandes (> 100 km ²) em áreas rurais ou cidades as margens dos grandes cursos d'água. São inundações periódicas que ocorrem com frequência. Os impactos ocorrem quando a planície de inundação é ocupada pela população.
Inundação Urbana	Inundações que acontecem na drenagem urbana devido ao efeito da impermeabilização do solo, canalização ou obstruções do escoamento.	Ocorrem em geral em bacias de pequeno porte, embora haja exceções, como em regiões metropolitanas, em que a urbanização. As vias pavimentadas, edificações, áreas verdes reduzidas e canalização de cursos d'água aumentam a quantidade de água que escoa durante um evento de precipitação intensa, ocorrendo assim o extravasamento da água.

Desse modo, a inundação ocorre, quando atinge uma cota acima do nível máximo da calha principal do rio, pelo processo de extravasamento maior das águas do canal para áreas adjacentes (planície de inundação, várzea ou leito maior do rio). A enchente ou cheia é a elevação temporária do nível da água do canal de drenagem devido ao aumento da vazão ou descarga. A Figura 19 apresenta um perfil esquemático da proposta de classificação em duas categorias: enchente ou cheia e inundação (IPT, 2007).



Figura 19. Perfil esquemático do processo de enchente e inundação. Fonte: IPT (2007).

Constatam Amaral e Ribeiro (2009), que a ocorrência de inundações, afetam o meio urbano, deve ser analisada pela combinação entre os fatores naturais e antrópicos. Entre os fatores naturais destacam-se as formas do relevo; as características da rede de drenagem da bacia hidrográfica; a intensidade, quantidade, distribuição e frequência das chuvas; as características do solo e o teor de umidade; a presença ou ausência da cobertura vegetal.

Para Tominaga *et al.* (2009), alterações na dinâmica da vazão dos cursos d'água podem levar a concentração do fluxo em pouco tempo, ocasionando as inundações ou até mesmo enxurradas. A relação entre os fatores naturais e antrópicos, principalmente no que se refere à ocupação das áreas de várzea e da drenagem urbana, ocorre sem um planejamento adequado, gerando um processo de urbanização desordenado e impactos significativos para população e para o meio ambiente.

Nas áreas elevadas, os rios drenam a partir das cabeceiras, que geralmente possuem uma grande declividade e escoam as águas em alta velocidade. Quando o relevo é acidentado, as áreas mais propícias à ocupação são as planas em cotas baixas, justamente aquelas mais suscetíveis de inundação. A várzea de inundação de um rio cresce nos cursos médio e baixo, onde a declividade é mais baixa e as áreas mais planas. Essas áreas, nos vales abertos, possuem extensas planícies e terraços fluviais suscetíveis a inundações, devido ao gradiente de declividade reduzido. Nas vertentes com altas declividades e nos vales encaixados em "V", as águas atingem mais velocidade num espaço de tempo curto, causando enxurradas e mais destrutivas (AMARAL E RIBEIRO, 2009; TUCCI, 2005).

Dentre os fatores antrópicos, Tucci (2005) e Amaral e Ribeiro (2009) e citam como principais fatores: o uso e a ocupação irregular nas planícies e margens de cursos d'água; a disposição irregular de lixo nas proximidades dos cursos d'água; as alterações nas características da bacia hidrográfica e dos cursos d'água (vazão, retificação e canalização de cursos d'água, impermeabilização do solo, desmatamento entre outras) e o intenso processo de erosão dos solos, como também, o assoreamento dos cursos d'água.

Segundo os mesmos autores a cobertura vegetal têm como efeito a interceptação de parte da precipitação e auxilia na proteção contra a erosão e na retenção de água no solo que pode gerar escoamento. A eliminação da cobertura vegetal, que causa o aumento da frequência de inundações em função da falta

dessa interceptação das gotas de chuva, leva a um escoamento superficial mais intenso, transportando os sedimentos, causando erosão e assoreando os rios.

Tucci (2003 e 2005) afirma que a ocupação das áreas marginais pelo homem deve ser gerida de forma sustentável e orientada por normas, muitas vezes descritas no Plano Diretor Municipal. A disposição inadequada de lixo e entulho nas proximidades dos cursos d'água acentua esses problemas. A impermeabilização dos solos pelo asfalto das vias impede a infiltração da água e é uma das responsáveis pelo aumento da velocidade do escoamento superficial. Tucci & Mendes (2006) demonstram a consequência da urbanização na vazão e nível da água pelo hidrograma e os limites de inundação em área urbanizada e não urbanizada, (Figura 20).

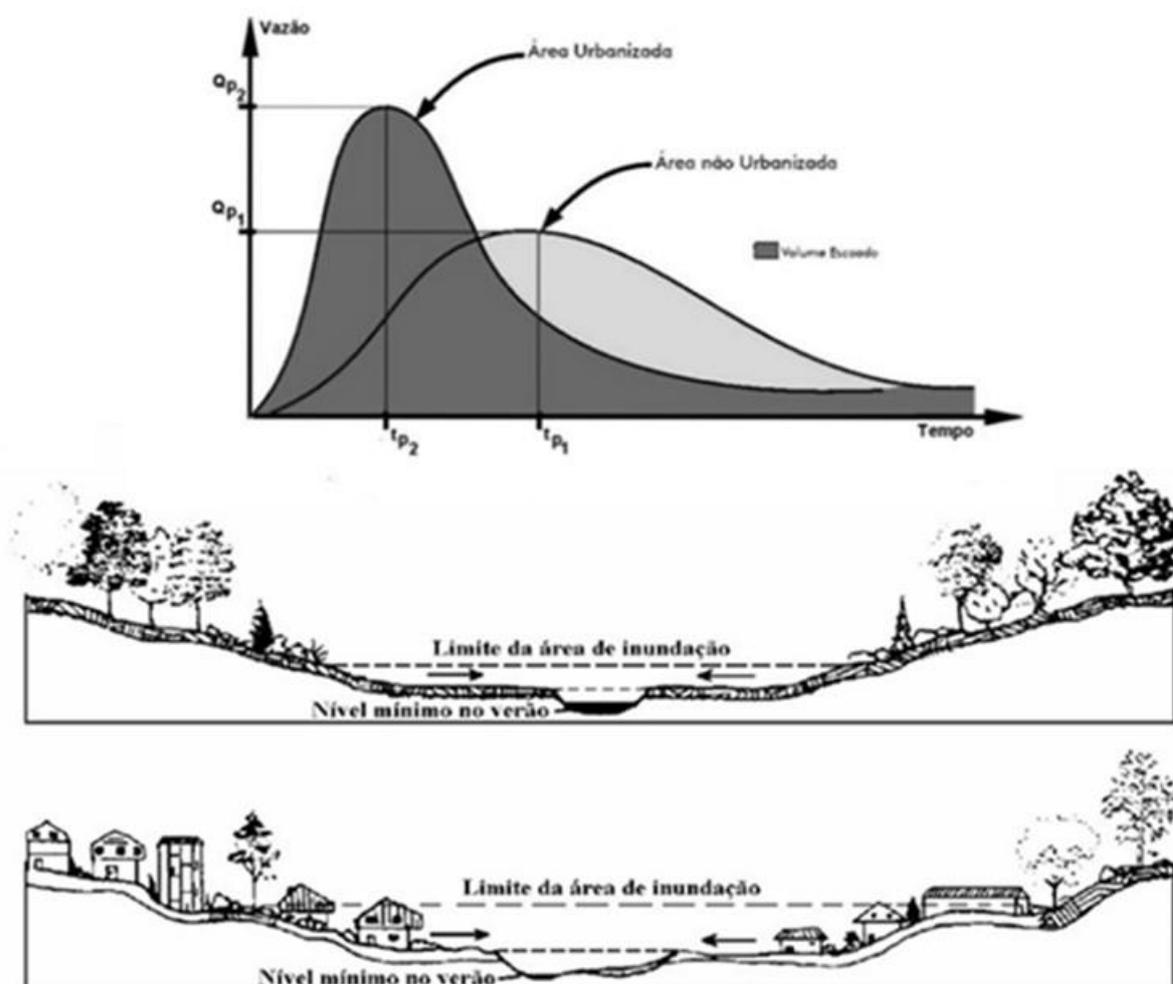


Figura 20. Hidrograma e limites de inundação em área não urbanizada e urbanizada
Fonte: Adaptado de Schueler (1987) apud Tucci (2005); Tucci & Mendes (2006).

Segundo UNISDR (2002), as inundações e enchentes são problemas geoambientais derivados de fenômenos que fazem parte da dinâmica natural de caráter hidrometeorológico ou hidrológico, ou seja, aqueles de natureza atmosférica, hidrológica ou oceanográfica. Tais problemas ocorrem frequentemente deflagrados por chuvas rápidas e fortes, chuvas intensas de longa duração, degelo nas montanhas e outros eventos ambientais, tais como furacões e tornados, sendo intensificados pelas alterações ambientais e intervenções urbanas de origem antrópicas (IPT, 2007).

Consoante com Alcântara-Ayala (2002), inundações associadas com fenômenos meteorológicos, como tempestades tropicais, monções, furacões, El Niño e La Niña são considerados os mais perigosos eventos para riscos naturais e os principais desencadeadores de desastres.

As cidades brasileiras com problemas de inundações são aquelas que apresentam as condições de risco mais graves, muitas decorrentes do grande número de núcleos habitacionais de baixa renda. Aglomerações urbanas, normalmente localizadas em regiões metropolitanas, que ocupam terrenos ribeirinhos a cursos d'água (IPT, 2007).

Em 2010, os estados de Alagoas e Pernambuco, no nordeste do país, sofreram com as consequências de chuvas acima da média, registrando inundações e desabamentos. Em 2011, a região serrana do estado do Rio de Janeiro foi atingida por deslizamentos de terra e inundações de grandes proporções, considerado um dos maiores desastres naturais nos país, com cerca de 950 mortes, 300 desaparecidos, 50 mil desalojados e um milhão de pessoas atingidas (Dourado *et al.*, 2012).

Nesse contexto, gerou-se uma política no país voltada à prevenção de riscos e desastres, cujos marcos referenciais inclui a Conferência Nacional de Proteção e Defesa Civil, realizada entre 2009 e 2010, e a Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012, que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil e o Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres. Com o objetivo de promover ações que garantam a segurança e proteção da população mediante a minimização dos danos decorrentes de desastres e preservação do meio ambiente, o Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais foi lançado pelo Governo Federal em 2012 (BRASIL 2012, *apud* FILHO *et al.* 2016).

Castro (2000) afirma que as catástrofes ocasionadas por inundações, nos Estados Unidos, foram os marcos iniciais para estes estudos. Iniciativas do governo dos Estados Unidos foram anunciadas em 1927 e em 1936, com a finalidade de promover estudos visando o controle das inundações. Só que as averiguações por parte do corpo de engenheiros do governo começaram a se desenvolver de forma mais planejada a partir de 1956, com o intuito de analisar as inundações em áreas urbanas ocorridas nas planícies de inundação. Dessa forma, por 20 anos, o governo investiu em obras públicas destinadas ao controle das mesmas, porém, as inundações e suas consequências sociais e econômicas continuaram a ocorrer.

A colaboração interdisciplinar de profissionais planejadores urbanos, geógrafos, psicólogos, cientistas sociais entre outros, passou a ser incrementada para avaliar a ocupação humana em áreas suscetíveis de serem atingidas por algum desastre, com o objetivo comum de resolver o problema das populações atingidas, ressalta Castro (2000).

Os fatores naturais e antrópicos, sobretudo referentes à ocupação das áreas de várzea e a drenagem urbana, acontecem sem um planejamento adequado, gerando um processo de urbanização desordenada, necessitando um melhor planejamento na ocupação dessas áreas, ou mesmo melhor gestão, a fim de minimizar os efeitos danosos.

3.3.1 Gestão e Controle de Inundações

Tucci (2005) alega que, nos países em desenvolvimento, as instituições responsáveis pelo controle de inundações geralmente não utilizam uma solução sustentável. O atendimento às inundações na maioria das cidades brasileiras, por exemplo, somente é realizado depois de sua ocorrência e a solução do problema tende a cair no esquecimento após a passagem do período crítico. O autor sugere que o controle de inundações consiste em um conjunto de medidas que tem por objetivo minimizar os riscos aos quais as populações estão sujeitas, diminuindo os prejuízos causados por inundações e possibilitando o desenvolvimento urbano de forma sustentável. A gestão ideal ocorre quando se tomam decisões em função das características naturais do manancial, do benefício da redução das enchentes e dos aspectos sociais do seu impacto.

Segundo Tucci (1995), os princípios de controle de inundações urbanas são:

1. Considerar a bacia hidrográfica como um sistema integrado ao âmbito local e regional;
2. Analisar as medidas de controle no conjunto da bacia hidrográfica;
3. Implementar meios de gestão e outorga referente aos recursos hídricos: Plano Diretor Urbano Ambiental, Plano de Drenagem Urbana, Plano de Saneamento, Legislações Municipal, Estadual e Federal.
4. Controle permanente das normas;
5. Prevenção (educação ambiental, conscientização e transformação);
6. Manutenção e controle;

Logo, as medidas de controle à inundações visam minimizar as suas consequências, elas podem ser classificadas em estruturais, como: as obras de engenharia que modificam o sistema fluvial evitando os prejuízos das inundações, e em não-estruturais: de caráter educativo e preventivo para a população manter uma convivência mais adequada com o rio, minimizando os prejuízos decorrentes das inundações (TUCCI, 2003; BARBOSA, 2006; MARCELINO, 2007).

Um dos problemas encontrados para o controle de inundações é a definição da probabilidade das precipitações e/ou de vazão de uma determinada área, assim os especialistas chamam esta probabilidade de frequência ou período de retorno. O tempo de retorno (TR) pode ser definido conforme Tucci (2003) como “o inverso da probabilidade p ”, representando “o tempo, em média, que este evento tem chance de se repetir” expresso na fórmula $TR = 1/p$. O período de retorno de 100 anos, por exemplo, significa que se tem a probabilidade de 1% em um ano, de que um evento pode ser superado ou igualado. A probabilidade de ocorrência de uma precipitação ou vazão igual ou superior num determinado período de n anos é n , utilizando-se a fórmula:

$$P_n = 1 - (1 - p)^n.$$

Baseado em Mays (2001) *apud* Goerl (2012), admitindo que a probabilidade de ocorrência (P) de um evento hidrológico observado seja o inverso do tempo de retorno (TR), tem-se:

$$P = 1 / TR$$

Com isso, usando como exemplo o tempo de retorno de 100 anos (TR 100), a probabilidade de ocorrer em um ano uma precipitação que cause inundação, conforme a fórmula indicada ficaria em 1% ($P = 1/100 = 0,01$) e a probabilidade de não ocorrer em 99% ($1 - 0,01 = 0,99$). Já aos demais períodos de 2,5, 10, 25 e 50 anos teríamos 50%, 20%, 10%, 4% e 2% de chances de ocorrer eventos que extrapolassem os limites anteriores às precipitações causadoras de inundações. Tomaz (2010) indica que o dimensionamento de rios e córregos deve ser feito para período de retorno de 100 anos. Para obras de macrodrenagem a Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica de São Paulo, no estudo denominado: “Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no município de São Paulo”, elaborado em 1998, adotou o período de retorno de 100 anos, como o mais recomendado, e para microdrenagem, períodos de retorno menores.

Do mesmo modo, Linsley (1992 *apud* Tomaz, 2010) aconselha o uso do tempo de retorno de 100 anos de acordo com a lei dos Estados Unidos, *Flood Disaster and Protection Act of 1973*, indicadas para exigências que determinem as áreas seguras de inundação para todos os usos e em todos os sítios.

As medidas de controle podem ser classificadas de acordo com o componente da drenagem, medidas na fonte, que envolvem o controle de nível do lote. Na microdrenagem, medidas adotadas em nível de loteamento e medidas na macrodrenagem são soluções de controle nos principais rios urbanos. Essas ações, para controlar as inundações, mesmo que parcialmente, envolvem um conjunto de medidas estruturais e não-estruturais com base nas relações econômicas, sociais e administrativas (BARBOSA, 2006).

As medidas estruturais, obras de engenharia para a proteção e para controle de inundação, por terem um alto custo em sua execução, devem ser muito bem analisadas para que todas as áreas ambientalmente frágeis não sejam afetadas (TUCCI, 2003). Essas medidas podem ser extensivas ou intensivas.

As medidas extensivas são aquelas que procuram modificar as relações entre precipitação e vazão, como a modificação da cobertura vegetal, que reduz e retarda os picos de inundação e controla a erosão da bacia. Já as medidas intensivas são aquelas que agem no rio e podem ser de três tipos: que aceleram, retardam ou que desviam o escoamento. Os diques e os reservatórios são mais apropriados em planícies de inundação que, em geral, tem seu uso de forma mais intensa. Nessas

áreas, as estruturas a prova de inundação e as medidas de proteção podem reduzir os efeitos prejudiciais à economia (BARBOSA, 2006).

As medidas não estruturais, com resultados a médio e longo prazos, podem minimizar significativamente os prejuízos com baixo custo. A participação conjunta entre o poder público e a comunidade local é fundamental para que estas medidas se tornem eficazes, de modo que garanta uma convivência sem prejuízos materiais e, principalmente, sem perdas humanas. As medidas não estruturais podem ser construções à prova de enchentes, seguro de enchente, medidas de prevenção, previsão e alerta de inundação e regulamentação do uso da terra (TUCCI, 2003).

Conforme Tucci (2005), as principais medidas não estruturais consideradas de caráter preventivo são o zoneamento das áreas de risco de inundação, o seguro e a proteção individual contra enchentes e sistemas de previsão e alerta de inundação. Os sistemas de previsão e alerta devem abranger programas preventivos e de capacitação dos envolvidos; coleta, transmissão e processamento de informações de tempo e hidrológicas; alerta à população e aos sistemas públicos, bem como planejamento de emergência e remoção dos atingidos. Trabalho que deve ocorrer de forma conjunta entre administração pública, defesa civil e sociedade. O autor destaca que outra medida preventiva importante é o zoneamento de áreas inundáveis. Para a elaboração do zoneamento é necessário realizar etapas anteriores como: determinar o risco de inundação e mapear as áreas inundáveis.

O zoneamento delibera um conjunto de normas para a ocupação das áreas de risco de inundação a fim de diminuir perdas materiais e humanas. Dessa forma, o zoneamento urbano deve possibilitar um “desenvolvimento racional das áreas ribeirinhas” (Tucci, 2005, p 54), e as prefeituras devem regulamentar, por meio de seus planos diretores, as áreas a serem habitadas. Isto posto, enfatiza o autor:

A regulamentação do uso das zonas de inundação apoia-se em mapas com demarcação de áreas de diferentes riscos e nos critérios de ocupação das mesmas, tanto quanto ao uso como quanto aos aspectos construtivos. Para que esta regulamentação seja utilizada, beneficiando as comunidades, a mesma deve ser integrada à legislação municipal sobre loteamentos, construções e habitações, a fim de garantir a sua observância. (TUCCI, 2005, p. 54)

Na Figura 21, demonstra o esquema de zoneamento das áreas inundáveis conforme Tucci (2005):

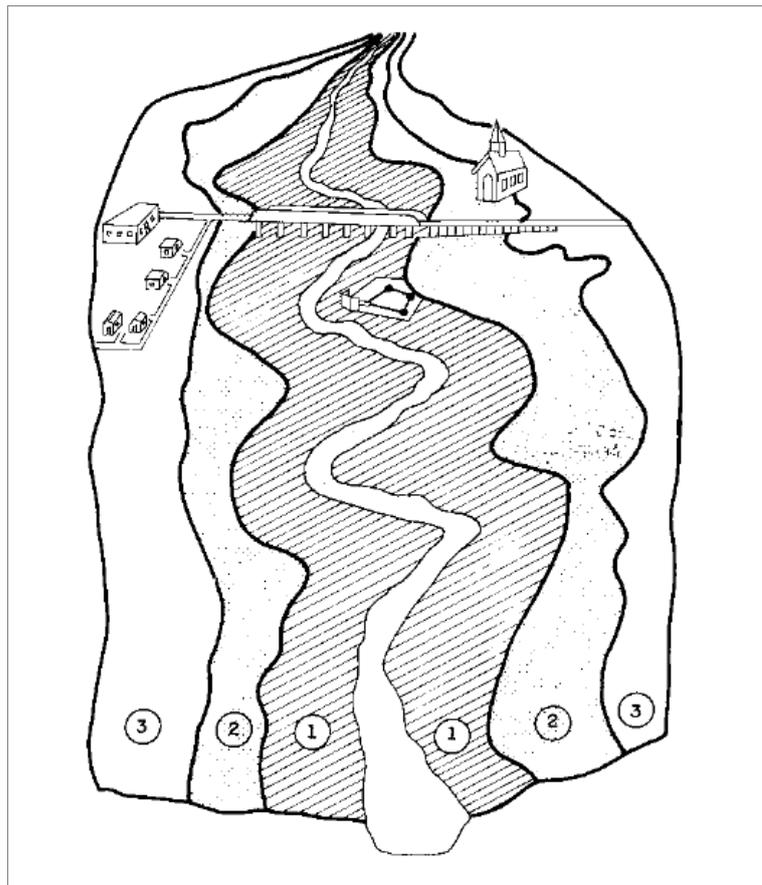


Figura 21: Esquema de zoneamento das áreas inundáveis. Fonte: Tucci (2005).

De acordo com o autor, estas zonas devem ser regulamentadas a fim de evitarem consequências futuras na ocupação das mesmas. Portanto, Tucci (2005) considera:

- Zona 1: zona que indica a área de passagem da enchente, ou seja, onde as águas escoam em momentos de cheia. As construções nessas áreas dificultam o escoamento das águas. Um dos critérios para determinar o limite dessa zona é o levantamento da mancha de inundação no tempo de retorno 100 anos. Nenhuma construção que obstrua o escoamento deve ser permitida, porém nas já existentes, deve-se verificar medidas corretivas e mensurar os efeitos da obstrução. Dessa maneira, num planejamento urbano adequado essa área deve ser conservada livre de ocupação.
- Zona 2: zona que indica o excedente da área inundável que, no entanto, não afetam o escoamento da drenagem principal. Essa zona pode ser subdividida e seus usos podem ser do tipo: industrial, comercial, recreativo e agrícola

desde que tenham implementação e manutenção adequadas e que não acarretem significativos danos materiais e humanos.

- Zona 3: é a zona considerada de baixo risco que possui baixa probabilidade de ocorrência de inundações e não necessita regulamentação, quanto às cheias. No entanto, indica-se orientar a população para uma eventual enchente e as possíveis formas de se proteger de perdas.

Conforme Alcântara-Ayala (2002), para entender esses processos, é necessário o estudo de eventos passados, hidrologia fluvial, simulações de inundações, previsões climáticas, sistemas de alerta, mapas de inundação e/ou de áreas de risco de inundação elaborados por sistemas de informações geográficas (SIG). Assim sendo, os autores destacam que o mapeamento das áreas inundáveis e/ou de risco a inundação têm sido de grande relevância para o avanço no desenvolvimento de avaliações de perigos e riscos ambientais, auxiliando na melhor gestão dos mesmos.

3.4 Suscetibilidade, Perigo, Vulnerabilidade e Risco

O uso e a apropriação dos recursos naturais derivam da dinâmica socioespacial de formação e de transformação da paisagem natural. Os processos conflitantes das formas de ocupação e de uso do solo, no meio urbano, tendem a gerar áreas suscetíveis a danos e perdas às sociedades (ROBAINA, 2008).

Em função da crescente ocorrência de desastres em ambiente urbano, tanto a nível nacional como global, viu-se o aumento da demanda por estudos referente ao tema, nas mais diversas áreas. No Brasil, o crescimento das pesquisas em Geografia foi responsável pelo desenvolvimento científico nesta área.

Reckziegel (2007) destaca importante estudo desenvolvido por Gonçalves (1992; 2003) na cidade de Salvador, através do levantamento das ocorrências de inundações e de escorregamentos na cidade relacionando-os aos índices pluviométricos.

No Rio Grande do Sul, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, através do Grupo de Gestão de Riscos de Desastres (GRID) e Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPED/RS), desenvolve, de forma interdisciplinar, estudos e metodologias para mapeamento e classificação dos graus

de vulnerabilidade relacionados às inundações, enxurradas e movimentos de massa (UFRGS, 2015). Pesquisadores ligados a esta Universidade, como Laurindo Guasselli e Nina Moura, do Instituto de Geociências e Masato Kobiyama (Instituto de Pesquisas Hidráulicas) possuem relevantes pesquisas associadas a desastres ambientais, a mapeamentos de áreas suscetíveis e de riscos a inundações, bem como, levantamentos com enfoque na vulnerabilidade dos elementos expostos.

Outros pesquisadores do Rio Grande do Sul também têm uma abordagem voltada a riscos relacionados a desastres, sobretudo a inundações. Destaque para o professor Carlos Tucci, do Instituto de Pesquisas Hidráulicas, que faz significativa análise sobre a gestão dos recursos hídricos, águas urbanas, gestão integrada e planejamento dos componentes água, esgoto, drenagem e resíduos.

Trabalham nessa mesma temática, os pesquisadores da Universidade Federal de Santa Maria, Luis Robaina, Romário Tretin e Bernadete Reckziegel, entre outros. Esta última produziu uma análise de grande relevância e abrangência a nível estadual, através da sua dissertação de mestrado, intitulada “Levantamento dos desastres desencadeados por eventos naturais adversos no estado do Rio Grande do Sul no período de 1980 a 2005”, fornecendo dados importantes ao presente estudo.

O pesquisador Emerson Vieira Marcelino integrante do Centro Regional Sul do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CRS/INPE), elaborou o livro “Desastres Naturais e Geotecnologias: conceitos básicos”. Este livro, além de abordar os conceitos referente a temática dos riscos de desastres, destaca o emprego das geotecnologias como ferramentas que produzem uma combinação de dados espaciais, de forma rápida, de baixo custo e das mais diversas fontes. Salienta o autor que essas ferramentas podem realizar análises das relações entre as variáveis, elaborar modelos preventivos e servir de apoio à tomada de decisões.

Entendendo o desastre como o resultado da combinação de um evento adverso (ameaça) sobre um cenário vulnerável (vulnerabilidade) que acarretam danos humanos, materiais ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais, conforme Brasil (2012) citado por CEPED/UFRGS (2016), verificam-se inúmeros elementos envolvidos na constituição do mesmo. Dessa maneira, é necessário conceituar estes elementos.

Conforme a Estratégia Internacional para Redução de Desastres da Organização das Nações Unidas (EIRD/ONU), citada em CEPED/UFRGS (2016, p.

31), a ameaça é definida como “um evento físico, potencialmente prejudicial, fenômeno e/ou atividade humana que pode causar a morte e/ou lesões, danos materiais, interrupção de atividade social e econômica ou degradação do meio ambiente”, já a vulnerabilidade “indica como as condições preexistentes fazem com que os elementos expostos sejam mais ou menos propensos a ser afetados” (CEPED/UFRGS, 2016, p. 33)

A exposição a elementos vulneráveis está relacionada ao conjunto de pessoas e de bens potencialmente expostos a um evento perigoso. Está sobretudo atribuída à distribuição espacial da população, das atividades econômicas, dos bens materiais e dos serviços públicos, que podem ser atingidos por esse evento (AYALA-CARCEDO, 2000).

De acordo com o Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres da UFRGS (2016) devido ao grau de exposição de uma população e de seus recursos físicos e econômicos, uma determinada ameaça pode vir a se transformar em desastre. Com isso “a exposição indica quanto uma cidade, comunidade ou sistema, localizado em uma área suscetível a um determinado perigo, estará sujeita a sofrer com um evento adverso”.

Até os anos de 1980, os pesquisadores Marandola Jr. e Hogan (2004) destacam que, geralmente, há uma característica dos estudos sobre os desastres estabelecidos numa análise das dinâmicas envolvidas, sejam elas de origem natural, social ou tecnológica, sem uma conexão mais evidente com as macroestruturas sociais. Logo, o predomínio de uma postura pragmática e funcionalista nestes estudos evidenciava-se. Os autores lembram que, somente a partir da década de 1980, os estudos passam a compreender a complexidade do risco, adotando uma postura mais integral, empregando-o no próprio modo da produção do espaço social.

Portanto, o grupo de pesquisadores embasados numa perspectiva marxista vê os desastres como o resultado da ocupação do espaço, que ocorre de forma irregular pelas diferentes classes sociais. Ao mesmo tempo em que a parcela da população de poder aquisitivo maior ocupa os espaços urbanos mais favorecidos, grande parte da população menos favorecida é obrigada a buscar áreas ambientalmente frágeis para se estabelecer e, com isso, encontram-se sujeitas a eventos naturais desencadeadores de risco (RECKZIEGEL, 2007)

De acordo com Reckziegel, (2007) em concordância a essa ideia, os desastres são desencadeados quando o espaço urbano é transformado em

mercadoria. Enfatiza a autora que o acesso das diferentes classes sociais, a locais adequados a habitação, ocorre de forma diferenciada, podendo potencializar e, até mesmo, acarretar a ocorrência dos mesmos.

Nessa perspectiva, para Santos (2012) essas ocorrências derivam da ocupação das áreas suscetíveis pela parcela da população excluída do sistema de produção. Assim, segundo esse autor, mapear uma área suscetível depende das características naturais da área de estudo, pois são específicas do local.

A suscetibilidade indica o potencial de ocorrência de processos naturais e induzidos em áreas de interesse à ocupação do solo (Brasil, 2004). Souza (2005) utiliza-se do termo como correspondente a possibilidade que as características naturais têm de condicionar, induzir e acelerar a ocorrência de uma determinada ameaça. A autora leva em conta os padrões morfométricos do terreno. Alguns autores consideram além das características físicas (geomorfologia, solos, etc.) nas análises de suscetibilidade, a ação antrópica, como Nakamura & Manfredini (2007) e Lima (2010). Este último, aborda que uma área potencialmente suscetível a ocorrência de desastres relacionados a dinâmica hídrica em função de uma ou mais características físicas de determinada área, sofre a ação do homem como intensificador dos processos, por meio, por exemplo, da impermeabilização dos solos, alterando a dinâmica fluvial natural. (LIMA, 2010)

Para Trentin *et al.* (2015) a suscetibilidade corresponde a possibilidade de ocorrência de um determinado evento por meio de fatores que definem uma possibilidade real de registros históricos. Segundo o CEPED/UFRGS (2016) suscetibilidade pode ser definida como “a maior ou menor predisposição de ocorrência de um determinado processo em área específica, sem considerar os possíveis danos e seu período de recorrência (probabilidade)” (CEPED/UFRGS, 2016, p. 30).

Destaca ainda que a avaliação de uma determinada área suscetível demanda a investigação de diversos fatores que determinam a ocorrência de um evento. Dessa forma, avaliar a suscetibilidade à inundação de determinada área requer o reconhecimento de “diversos fatores que condicionam a ocorrência de um evento ou evento adverso” indica o CEPED/UFRGS (2016, p. 30), tais como indicadores dos tipos de chuvas, escoamento superficial, forma do relevo, rede hidrográfica, tipo de solo, entre outros condicionantes geomorfológicos e climáticos.

Conforme Tucci (2005), o leito maior pode ter diferentes níveis de suscetibilidade associadas de acordo com suas características morfológicas e morfométricas e esse leito passa a ser tomado nas enchentes. A probabilidade ou período de tempo médio, que um determinado evento hidrológico pode ser igualado ou superado pelo menos uma vez, é o que define o período de recorrência de determinado evento ou, também denominado, tempo de retorno (TR) (TUCCI, 2005).

Segundo Castro *et al.* (2005) os processos atmosféricos, hidrológicos, sociais e político-econômicos produzem ameaças de eventos danosos e a probabilidade de ocorrência de riscos, com diferentes amplitudes e níveis de exposição da sociedade. Assim sendo, o autor observa o tratamento do risco pela Geografia como um escopo de análise importante, pois a identificação dos processos causadores de risco e a caracterização da sua dinâmica atuam e tomam significados variados, segundo as distintas escalas geográficas de análise.

Na análise de Castro *et al.* (2005), através de longo levantamento bibliográfico sobre o conceito de risco ambiental, concluem que o risco ambiental é objeto de avaliação constante da ciência, podendo ser relacionado “às noções de incerteza, exposição ao perigo, perda e prejuízos materiais, econômicos e humanos”, tanto aos processos naturais quanto antrópicos. Ainda, segundo esses autores, o risco refere-se não somente à probabilidade de algum tipo de dano ambiental, mas que esse dano acometa, de forma direta ou indiretamente, o ser humano. (CASTRO *et al.*, 2005).

Na perspectiva de Beck (1986; 1992) citado em Deschamps *et al.* (2009), a sociedade moderna enfrenta instabilidades e riscos gerados por inúmeras novidades de âmbito tecnológico, que se por um lado geram riquezas e desenvolvimento, por outro, a distribuição dessa riqueza ocorre de forma desigual.

[...] a noção de risco na sociedade moderna está estreitamente relacionada às condições da incerteza, insegurança e falta de proteção manifestada nas esferas econômica, ambiental, social e cultural, onde se misturam progresso e risco. É a dialética apontada por Beck (1986; 1992), segundo a qual, os desafios a serem enfrentados na sociedade moderna são: a globalização, a individualização, o desemprego, o subemprego, a revolução dos gêneros e os riscos globais da crise ecológica e da turbulência dos mercados financeiros. (DESCHAMPS *et al.*, 2009, p.9)

O termo “risco” é amplamente utilizado como sinônimo de *hazard*, no entanto o número de pesquisadores que utilizam o termo “perigo” ou “evento perigoso” para

a tradução do mesmo vem aumentando. Isso ocorre porque a tradução de *hazard* para risco dificulta a tradução de outro termo em inglês, *risk* (MONTEIRO, 1991).

A conceituação do termo risco ainda é confusa na literatura, muitas vezes está associada ao perigo ou suscetibilidade. Portanto, conforme o CEPED/UFRGS (2016), que emprega o mesmo conceito da Secretaria Nacional de Proteção Defesa Civil e EIRD/ONU, tem-se o risco definido como:

[...] a probabilidade de ocorrer consequências danosas ou perdas esperadas (mortos, feridos, edificações destruídas e/ou danificadas, etc.), como resultado de interações entre um perigo natural e as condições de vulnerabilidade local (BRASIL, 2012; UNDP, 2004, *apud* CEPED/UFRGS, 2016, p. 38)

O termo perigo, do termo *hazard* em inglês, é definido por Cutter e Press (2001) *apud* Alcantara-Ayala (2002) como sendo um indício de ameaça às pessoas e de seus bens materiais, e enfatizam que existem dois tipos de perigos: os naturais, como os terremotos, e os tecnológicos, provenientes de acidentes de origem química.

No ponto de vista dos autores Ayala-Carcedo (2000) a ameaça ou perigo estão relacionados com as características que transformam o evento potencialmente danoso, composto por dois fatores associados: a intensidade do evento e a probabilidade de ele ocorrer. Em vista disso, perigo está relacionado à probabilidade de ocorrência de um fenômeno em determinado período de tempo, de relativa intensidade, que ocorre em um determinado lugar.

O autor Weichselgartner, 2001 *apud* Goerl, 2012, assinala que há um consenso entre pesquisadores que definem o perigo como um evento natural com potencial de causar danos a partir da interação com o sistema humano, ocasionando os desastres naturais. Desse modo, um desastre natural tem origem na relação instável entre homem e natureza. Como exemplo, tem-se as inundações, que ocorrem de forma natural na dinâmica fluvial, variando em magnitude e temporalmente, porém com o aumento da população nos ambientes urbanos, ocupação das áreas ribeirinhas e das planícies de inundação, as relações de conflito surgem, gerando assim, os desastres naturais (GOERL, 2012).

O conceito de perigo, mesmo sendo análogo ao conceito de ameaça, engloba a “probabilidade quantitativa ou qualitativa” de que aconteçam eventos adversos. Dessa forma, o CEPED/UFRGS (2016, p. 32) classifica o perigo como “uma situação

que tem potencial para causar consequências indesejáveis” onde é possível se medir os intervalos de tempo que um evento ocorra e para que ele seja avaliado, toda ameaça deve ter sua probabilidade medida. Esse estudo destaca que em casos de inundação e deslizamentos, a posição geográfica é fundamental para determinar o grau de exposição a um evento adverso (CEPED/UFRGS, 2016).

Os terrenos ribeirinhos a cursos d’água ocupados por núcleos habitacionais precários sujeitos ao impacto direto desses fenômenos são definidos como áreas de risco de inundação. A população que habita essas áreas está sujeita a danos à sua integridade física, a perdas materiais e patrimoniais, constituem os elementos com maior grau de vulnerabilidade (BRASIL, 2004).

Em vasto estudo e levantamento dos conceitos acerca dos desastres naturais e suas consequências às populações mais vulneráveis, o autor Alcântara-Ayala (2002) cita inúmeros pesquisadores, tais quais Westgate e O’Keefe (1976); Maskey (1993); Clarke e Munasinghe, (1995) entre outros. Estes já abordavam a temática da vulnerabilidade como o grau da qual uma comunidade corre perigo da ocorrência de fenômenos extremos, de ordem natural ou física, onde o risco refere-se à probabilidade de ocorrência (perigo) e ao grau em que fatores socioeconômicos e sócio-políticos afetam a capacidade da comunidade absorver e recuperar-se desses fenômenos. Para Varley (1991, apud Alcântara-Ayala, 2002), a vulnerabilidade é o grau de autoproteção social, estando claramente ligada a capacidade das famílias e comunidades para lidar e recuperar-se dos eventos. As definições desses autores indicam que a vulnerabilidade está diretamente associada aos sistemas socioeconômicos e políticos da entidade ameaçada.

Contudo, Cannon (1993, apud Alcântara-Ayala, 2002), observa que diferentes fatores afetam ou levam a vulnerabilidade de indivíduos ou grupos, assim o autor alega que a vulnerabilidade seria característica de grupos e indivíduos que habitam um determinado espaço, que variam em mais ou menos vulneráveis com a combinação de diferentes e complexos fatores, como etnia, raça e cor, conforme transcrito abaixo:

[...] a characteristic of individuals and groups of people who inhabit a given natural, social and economic space, within which they are differentiated according to their varying position in society into more or less vulnerable individuals and groups. It is a complex characteristics produced by a combination of factors derived especially (but not entirely) from class, gender, or ethnicity. (CANNON,1993 apud ALCÂNTARA-AYALA, 2002, p.118)

De acordo com a descrição mencionada, o autor destaca a relevância do estudo da vulnerabilidade por três aspectos: resiliência, saúde e organização. A resiliência está associada ao grau de recuperação dos meios de subsistência de um indivíduo ou grupo, e sua capacidade para resistir ao impacto. A saúde é pertinente ao vigor dos indivíduos quanto à saúde e à operação de medidas sociais. E por último, o grau de organização disponível de uma comunidade para um dado perigo, algo que depende dos fatores sociais das pessoas agindo em seu próprio benefício, (CANNON, 1993 *apud* ALCÂNTARA-AYALA, 2002, p. 119). Entretanto, de acordo com os autores, cada aspecto possui também diferentes componentes e as suas combinações podem ser tão numerosas que é necessário especificar os tipos particulares de vulnerabilidade de cada entidade ameaçada. Esses aspectos cobrem uma grande parte dos diferentes tipos de vulnerabilidades e uma forma adequada de compreender de maneira ampla a vulnerabilidade às catástrofes naturais e o modo na qual a prevenção pode ser efetivamente realizada.

Segundo Pelling (2003, *apud* Goerl *et al.*, 2011), a vulnerabilidade denota a exposição a um evento adverso e à incapacidade de evitar ou absorver danos em potencial, sendo dividida em três tipos: física (relacionada às construções), social (relacionada ao sistema social, econômico e político) e humana (união entre a física e a social). No Quadro 5, Goerl *et al.* (2012) demonstra a variedade de definições propostas para o termo vulnerabilidade citando os trabalhos de Weichselgartner (2001) e Musser (2002), onde nota-se que ainda não há consenso sobre o seu conceito.

Quadro 5: Definições de vulnerabilidade por diferentes autores.

Autor	Definição
Timmerman (1981)	Vulnerabilidade é o grau em que o sistema age adversamente em virtude da ocorrência de um evento perigoso.
Dow (1992)	São as diferentes capacidades de grupos e indivíduos para lidar com perigos naturais, com base em suas posições dentro da sociedade e no espaço.
Alexander (1993)	Vulnerabilidade humana são os custos e benefícios de habitar áreas de risco ao um desastre natural.
Warmington (1995)	Uma condição que, adversamente, afeta a habilidade das pessoas de se preparar para enfrentar ou responder a um perigo.
UNDP (2004)	Uma condição ou processo resultante de fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais, os quais determinam a probabilidade e escala dos danos causados pelo impacto de um determinado perigo.
NOAA (2009)	O nível de exposição da vida, propriedade, e recursos ao impacto de um perigo natural.

Fonte: Goerl *et al.* (2012, p. 87)

O conceito de vulnerabilidade proposto pelo CEPED/UFRGS (2016) relaciona o termo:

[...] à condição dos elementos sob ameaça ou em perigo (indivíduos, comunidades ou cenários expostos) e pode ser avaliado através do grau esperado de danos e prejuízos no caso do evento acontecer. Sendo assim, a vulnerabilidade indica como as condições preexistentes fazem com que os elementos expostos sejam mais ou menos propensos a ser afetados por um processo perigoso (CEPED/UFRGS, 2016, p. 33).

Salienta ainda o estudo que se o elemento exposto estiver localizado em uma área que não seja suscetível a nenhum tipo de fenômeno e ainda que apresente características frágeis, o mesmo não estará vulnerável a esses processos.

Por meio do desenvolvimento de reflexões sistemáticas e avaliação de impactos sociais, territoriais, políticos e econômicos, o Observatório das Metrôpoles desenvolve inúmeros estudos em metrôpoles brasileiras. O relatório intitulado “Análise da relação entre a estruturação socioespacial e as desigualdades urbanas e ambientais” de Deschamps *et al.* (2009) apresenta os procedimentos para a construção e aplicação de tipologias de áreas interurbanas nas regiões metropolitanas brasileiras, avançando na determinação de espaços marcados por abrigar grupos populacionais socialmente vulneráveis e expostos a situações de risco.

Os autores corroboram com a ideia de que os processos socioespaciais em curso nas metrôpoles têm grande importância a fim de compreendermos os meios de exclusão e integração social, através de seus efeitos sobre a estruturação, de seus mecanismos de produção e reprodução de desigualdades e das suas relações de interação entre os diversos grupos e classes sociais. Tais processos são considerados de diferenciação, segmentação e segregação. Nesse sentido, Deschamps salienta em seu relatório:

[...] o processo de concentração populacional em poucos espaços do território nacional, que hoje conformam as Regiões Metropolitanas, implicando na chegada de grandes fluxos de pessoas para esses espaços, e ainda a intensa mobilidade interurbana fazem com que esses deslocamentos atinjam, cada vez mais, áreas sujeitas a riscos ambientais. Salienta-se o fato de que a exposição aos riscos ambientais acomete desigualmente os diversos grupos sociais [...] (DESCHAMPS, 2009, p.7)

Estudos que se baseiam na abordagem socioambiental devido a sua complexidade tornam-se fundamentais, pois analisam processos ambientais

urbanos, de acordo com Mendonça (2002, *apud* Deschamps, 2009). O autor constata enorme dificuldade ao compreender o termo meio ambiente de forma ampla, já que o mesmo está intrinsecamente relacionado a princípios naturalistas. Por esse motivo, evidencia-se como desafio a inserção da perspectiva humana nessa abordagem. Ele atribui a dimensão social dos problemas ambientais através do termo socioambiental, enfatizando o envolvimento da sociedade como elemento processual (MENDONÇA, 2002 *apud* DESCHAMPS, 2009).

Três tipos de vulnerabilidade são considerados importantes para Hill e Cutter (2001), citados em Deschamps (2009), são eles: individual, biofísico e social. A vulnerabilidade individual diz respeito a uma estrutura ou um indivíduo em situação suscetível a sofrer um dano potencial. As características que determinam a vulnerabilidade individual estão relacionadas a questões estruturais, como: tipos de materiais da habitação, infraestrutura do bairro entre outros aspectos físicos. Quanto ao indivíduo relacionam-se a dados como idade, condição de saúde, estilo de vida, alimentação. A vulnerabilidade biofísica pode ser considerada como sinônimo de exposição física, ou seja, o quanto uma área é susceptível à ocorrência de um perigo natural. De forma mais ampla, tem-se a vulnerabilidade social que está baseada em características demográficas de grupos sociais, onde se utiliza de dados socioeconômicos da população, densidade demográfica, quantidade moradores por domicílio, idade, renda, gênero, educação, naturalidade (imigrantes). Essas características sociais tornam determinados indivíduos mais ou menos vulneráveis.

Pode-se observar uma gama de definições e de características relacionadas aos estudos de vulnerabilidade. No entanto, é possível chegar a um consenso que as características sociais, ambientais e econômicas interferem diretamente no grau de vulnerabilidade.

As vulnerabilidades são confirmadas pelas condições sociais marcadas pelas desigualdades, pelas diferentes capacidades de adaptação, pela resistência e pela resiliência. Avaliações apontadas indicam que grupos populacionais com piores condições de renda, educação e moradia sofreriam os maiores impactos das mudanças ambientais e climáticas. Fatores que aumentam a vulnerabilidade dos problemas ambientais e climáticos, por exemplo, são uma combinação de crescimento populacional, pobreza e degradação ambiental (IPCC, 2007).

Variáveis como idade, condições econômicas e sociais contribuem diretamente para as respostas humanas relacionadas às variáveis climáticas (Martins *et al.*, 2004). Os perigos, no caso das mudanças globais, são dados pelas condições ambientais e pela magnitude dos eventos.

No presente trabalho, assume-se que a vulnerabilidade resulta exclusivamente do acesso diferencial ao espaço e aos recursos naturais. Representando a vulnerabilidade da população frente à ocorrência de um evento natural, o que também geralmente se vincula à situação socioeconômica e aos níveis de ordenação do território exposto ao perigo, constituindo um indicador do grau de vulnerabilidade de um determinado grupo social. Assim, a vulnerabilidade é essencialmente uma condição humana, uma característica da estrutura social e um produto dos processos não apenas naturais, mas, sobretudo sociais e históricos (Lavell, 1994 *apud* Herrera *et al.*, 2000).

3.4.1 Gestão de Risco de Desastres

O conceito de risco de desastres está relacionado a exposição a determinadas ameaças e sobretudo as condições de vulnerabilidade da população afetada. Países pobres e população menos favorecidas tornam-se mais vulneráveis aos desastres, pois possuem menos condições para suportar eventos adversos quando eles ocorrem.

A relevância do tema, nos estudos e esforços, que a Organização das Nações Unidas (ONU) através do seu Departamento de Redução de Risco de Desastres, “*The United Nation Office for Disaster Risk Reduction*” (UNISDR), tem como objetivo principal, reduzir os danos causados pelos desastres naturais, com a possibilidade de minimizar vulnerabilidades e riscos de desastres. Evitar (prevenir) ou limitar (mitigar e preparar) os impactos adversos dos riscos, dentro do amplo contexto do desenvolvimento sustentável. Essas estratégias culminam atualmente com a campanha do desenvolvimento e planejamento de cidades resilientes da ONU. Onde inúmeras cidades no mundo e no Brasil estão começando a buscar resultados a fim de realizar as metas propostas.

Dessa maneira, indo de encontro com esses objetivos difundidos pela ONU, o “*Committee on Disaster Research in the Social Sciences: Future Challenges and*

Opportunities, Washington, D. C.: National Research Council” (2006) baseia-se em dois principais tipos de vulnerabilidade: física e social. A física representa as ameaças às estruturas físicas, infraestruturas e ao meio ambiente. A social representa as ameaças ao bem-estar da população, como mortes, feridos, necessidade de atendimento médico e os impactos no funcionamento e na normalidade do sistema social devido à ocorrência de um desastre.

Para sistematizar programas, planos e medidas com a intenção de prevenir e diminuir os riscos, a gestão dos riscos de desastres, em que determinadas comunidades e pessoas estão sujeitas, está relacionada à identificação, mapeamento e análise dos mesmos. Inúmeras feições, elementos e dimensões agem na formação do risco e do desastre necessitando ser administradas de forma integrada. (CEPED/UFSC, 2010)

De acordo com EIRD/ONU (2009) a gestão de risco de desastres caracteriza-se pelo conjunto de decisões administrativas de organização e de conhecimentos operacionais desenvolvidos a fim de implementar políticas e estimular as capacidades de enfrentamento, com o propósito de reduzir o impacto negativo dos desastres ou da possibilidade da ocorrência dos mesmos. A gestão de risco abrange a análise e avaliação do risco, bem como a implementação de estratégias e medidas específicas para controlar e reduzir risco.

Portanto, para um efetivo gerenciamento de risco, é fundamental identificar o perigo, ou seja, identificar os processos naturais e suas condições, qual sua evolução ou qual probabilidade de produzir um desastre. Isso requer conhecimento a respeito dos componentes que integram o espaço a ser analisado, para produzir indicadores e criação de cenários (MARANDOLA Jr., 2009). Lamond (2012) destaca que os mapas de perigo são importantes para planejar e desenvolver políticas de emergência. Assim as existências do risco pressupõem três aspectos: a ameaça ou o perigo, a vulnerabilidade e a exposição. Castro (2005) assinala:

A construção do risco, tomada como um somatório de processos em diferentes intervalos temporais está vinculado ao modo de vida moderna e à vida cotidiana nas cidades. Apesar do caráter cotidiano e cumulativo do risco, a percepção da existência do risco, a consciência da distribuição dos danos e a materialização das perdas ainda são tênues, inclusive no âmbito da administração pública, que arca com grande parte do ônus relacionado às tarefas de mitigação destas perdas/prejuízos, dado o tratamento de forma pontual e imediata, privando-se do uso de um raciocínio escalar. Assim, deve-se buscar a identificação da vulnerabilidade dos sistemas, a valoração de perdas para as classes sociais/ sociedade atingidas, assim

como o desenvolvimento das forças produtivas e o processo de urbanização.(CASTRO, 2005, p.28)

Os produtos espaciais que contribuem para a análise e para avaliação dos riscos são: os mapas de perigo ou de ameaça, onde se determina o nível de exposição a um dado processo, levando em conta, por exemplo, frequência e intensidade das chuvas; mapa e análise de vulnerabilidade, dados do nível de danos e da capacidade de absorção dos impactos que a população está sujeita. Com a análise dos dados tem-se como resultado a possível magnitude das perdas materiais e humanas; assim, de forma integrada, tem-se um mapa de risco (Brasil, 2004).

Gestão de riscos de desastre é um processo social complexo. A finalidade é a redução ou previsão e controle permanente de riscos na sociedade (CEPREDENAC - PNUD 2003). De acordo com o EIRD (2009) a redução de riscos entende-se como condutas que promovam à redução de riscos, por meio da minimização das ameaças e vulnerabilidades, da potencialização das capacidades e da garantia de proteção e segurança social. Uma parte do processo é a identificação e instrumentação de soluções concretas a cenários de riscos diversos. A análise dos cenários de risco de uma comunidade ou município podem ser representados por um mapa de risco, que é uma reprodução gráfica e escrita das condições de risco determinadas pelas ameaças e vulnerabilidades existentes no lugar. (EIRD, 2009)

A publicação referente à gestão de risco de desastres, do Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPED/UFRGS, 2016), com o apoio do Ministério da Integração Nacional, segue na mesma linha, recomenda que a análise de riscos deva identificar a extensão, intensidade e magnitude da ameaça; definir a existência e o grau de vulnerabilidade; identificar as medidas e soluções disponíveis; estabelecer cenários de riscos possíveis; definir graus aceitáveis de riscos, bem como considerações custo-benefício.

Identificar os diferentes cenários de risco (ameaças e vulnerabilidades) e caracterizar o território socioespacial em que se apresentam; identificar e mobilizar os atores sociais no processo de gestão local de riscos; caracterizar as populações que habitam áreas em risco (identificando grupos vulneráveis e produzindo informações setorizadas); compreender quais os processos estão relacionados com a produção dos riscos; identificar quais as medidas de enfrentamento ao risco já estão sendo utilizadas pelas comunidades; são algumas das estratégias e etapas

indicadas a análise local de riscos (CEPED/UFSC, 2007; EIRD, 2009; CEPED/UFRGS, 2016).

As ameaças e perigos são estimados por meio do levantamento da suscetibilidade natural e a probabilidade de ocorrência de ventos adversos para uma determinada área local. Avaliar a vulnerabilidade demanda o reconhecimento das características físicas, funcionais e socioambientais dos indivíduos, comunidade ou sistema expostos a um evento perigoso. Esse reconhecimento dos elementos expostos, a fim de apurar quem são, onde se localizam, o que fazem e quantos são, auxilia no planejamento e melhor preparação frente as ameaças (EIRD, 2009; CEPED/UFRGS, 2016).

A metodologia adotada pelo CEPED/UFRGS (2016) para a espacialização dos elementos vulneráveis sugere o levantamento das vulnerabilidades de função, física e social. A vulnerabilidade de função trata dos elementos funcionais que podem sofrer algum dano ou colapso em função dos processos perigosos, tais como redes de esgotamento, de distribuição de água, estabelecimentos de saúde, segurança e de educação, como também os sistemas de mobilidade entre outras instalações de uso público e comum. A vulnerabilidade física está associada ao padrão construtivo das estruturas que devem ser avaliados. Já a vulnerabilidade social trata da identificação de características que interferem no grau de resiliência da população afetada.

Segundo o CEPED/UFRGS espacializar as áreas socialmente vulneráveis possibilita um melhor planejamento de ações voltadas para a população, sobretudo de prevenção, preparação, resposta e recuperação frente aos desastres. Indicadores como escolaridade, renda, idade, etnia entre outros dados demográficos são informações usualmente analisados que permitem conhecer melhor a realidade da população bem como suas limitações e necessidades. Trabalho em campo, entrevistas a população e aquisição de dados confiáveis já existentes, como indicadores já levantados pelo IBGE, são alguns exemplos de como obter essas informações.

Realizar um diagnóstico qualitativo e, se possível, quantitativo das ameaças e do risco efetivo, permitirá hierarquizar as áreas de risco e planejar as ações e disponibilizar os recursos para a realização das medidas estruturais e/ou não estruturais possíveis de serem adotadas. A pesquisa ampla fornece dados dos

fenômenos, suas causas, localização espacial, análise de ocorrências do passado, e possíveis consequências. (Brasil, 2004)

Uma próxima etapa, a fim de obter ações articuladas e com possibilidade de continuidade, abrange a necessidade de seguir um caráter descentralizado de poder e de decisão na criação e na implementação de políticas públicas, planos ou ações para reduzir os riscos, utilizando dessa forma, organizações e estruturas já existentes. Por fim, promover condições de monitoramento e formas de permanência do processo de gestão local de riscos (CEPED/UFSC, 2007; EIRD, 2009; CEPED/UFRGS, 2016).

Marcelino *et al.* (2006) consideram que um dos meios de análise de risco mais eficaz está no mapeamento dessas áreas, pois a partir do produto é possível elaborar medidas preventivas, planejar acontecimentos emergenciais e estabelecer ações conjuntas entre poder público e sociedade. Para Kobiyama *et al.* (2006) esses mapeamentos destinam-se a suprir umas das maiores lacunas brasileiras em relação a prevenção dos desastres, que é a ausência de sistemas de alerta. Com uma visão mais local Shidawara (1999 apud Goerl, 2012) salienta que a implementação de sistemas de alerta, monitoramento mais sofisticado, em municípios pequenos e com recursos escassos, torna-se, de certa forma, improvável, destacando os mapas de risco como importante ferramenta de prevenção.

A gestão de risco de desastres é um processo sistemático de tomadas de decisões, ancorado em diretrizes administrativas para a execução de políticas públicas e estratégias adequadas, a fim de evitar ou diminuir os efeitos das ameaças enfatiza Filho *et al.* (2016) citando Marcelino (2008), UNISDR (2009) e CEPED/UFRGS (2013).

Dessa forma, conforme Marcelino (2008, *apud* FILHO *et al.* 2016) a gestão de risco de desastres é marcada pelas medidas de prevenção, mitigação - por meio de medidas estruturais e não estruturais - e preparação. O autor salienta a importância do reconhecimento dos fenômenos causadores e a análise de risco como fatores imprescindíveis para a elaboração de políticas públicas, redução da vulnerabilidade, planejamento e execução de projetos de engenharia. Destaca ainda a difusão da consciência do risco através da educação tanto da comunidade envolvida quanto do setor político, entre outras ações.

Uma comunidade não é um espaço homogêneo, equilibrado e sem conflitos, ela enfrenta simultaneamente a existência de distintos tipos de ameaças. Com isso, de acordo com o CEPED/UFSC (2007) “as práticas de gestão de risco devem considerar estes aspectos para promover um processo integral, participativo e eficaz, junto às comunidades e os demais atores sociais necessários”. Logo, um processo de gestão de riscos, praticado de forma ativa e orgânica, com a participação das comunidades envolvidas, garantirá a redução dos riscos. (CEPED/UFSC, 2007)

CAPÍTULO IV

4. PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS E PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS

No presente estudo, os procedimentos metodológicos foram realizados em três etapas. A primeira etapa consistiu no levantamento e organização dos dados referentes à bacia hidrográfica do arroio Feijó e aos municípios compreendidos na mesma, na etapa a seguir os mesmos foram processados e correlacionados. Por fim, na terceira etapa, realizou-se a síntese, interpretação e análise das informações.

Para a realização da primeira etapa fez-se o levantamento dos dados bibliográficos da área de estudo. As informações serviram de embasamento para a caracterização física e socioeconômica e bases teóricas referentes aos temas analisados. Em um segundo momento de levantamento de informações buscou-se os dados para a construção da base cartográfica e o histórico de ocorrência de inundações na bacia do arroio Feijó.

As informações referentes às descrições físico-ambientais, tais como: características geomorfológicas, litológicas, pedológicas e da vegetação foram obtidas de inúmeras pesquisas já realizadas em âmbitos regional e local. Destaque para a Tese de doutorado realizada por Rehbein (2011), *“Mapeamento Geomorfológico Aplicado a Análise de Impactos Ambientais Urbanos: contribuições ao (re)conhecimento de morfologias, morfoesculturas e morfodinâmicas do relevo da bacia hidrográfica do arroio Feijó - RS”*, e demais mapeamentos geomorfológicos realizados para a região que abrangem os municípios de Porto Alegre, Alvorada e Viamão.

Os dados de caracterização do clima, bem como normais climatológicas, dados dos eventos adversos que influenciam o tempo meteorológico, regime das precipitações e clima, tanto no estado como na região metropolitana de Porto Alegre, foram levantados em estudos específicos ao tema e na rede mundial de computadores, através de pesquisas em sites especializados como do *Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE)*, *Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)* e no site do *National Weather Service do National Oceanic and Atmospheric Administration (NWS/NOAA)*.

As informações bibliográficas também contribuíram para estabelecer o referencial teórico da pesquisa, baseando-se em ampla revisão bibliográfica a respeito dos principais temas abordados. A fim de aprofundar o desenvolvimento teórico e metodológico do trabalho a despeito dos conceitos de desastres naturais, inundações, perigo, vulnerabilidade, risco e gestão de desastres.

Também se fez o levantamento dos eventos de inundações ocorridas nas últimas décadas, período de 1980 a 2015, no município de Alvorada. Para tanto, buscou-se informações em registros documentais e em estudos referentes ao tema, tanto em âmbito regional como em âmbito nacional. Esse período foi escolhido pois representa um intervalo com um bom número de dados referentes às ocorrências de inundações, podendo-se também verificar alguma tendência, compreendendo os últimos acontecimentos considerados de alta abrangência, com inúmeros danos e prejuízos à população local.

Para os eventos de inundações ocorridos no período de 1980 a 2005 em Alvorada verificaram-se os dados na dissertação de mestrado de Bernadete Reckziegel (2007), pela Universidade Federal de Santa Maria, que fez ampla análise dos eventos desencadeadores de desastres no estado do Rio Grande do Sul. As complementações do período escolhido ocorreram através de análise do “*Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, volume Rio Grande do Sul*”, com dados do período de 1991 e 2012, realizado pelo *Centro Universitário de Estudos e Pesquisas Sobre Desastres, Universidade Federal de Santa Catarina (CEPED/UFSC)*.

O levantamento das informações a respeito das inundações também foi realizado através de pesquisa documental, por meio de notícias publicadas pela imprensa. Os veículos de imprensa pesquisados foram os jornais Zero Hora e O Alvoradense, onde foram levantadas as reportagens que continham notícias a respeito da ocorrência das inundações nos municípios de Alvorada e Porto Alegre.

Os dados levantados junto ao banco de dados da Defesa Civil, realizados em parceria com o governo estadual e com os municipais, serviram de base para as informações da área de estudo e das possíveis áreas suscetíveis a inundações, como também os dados dos períodos de inundações.

O levantamento das informações da área de interesse no município de Porto Alegre contemplou os seguintes estudos: *Plano Diretor de Esgotos, Plano Municipal de Saneamento Básico Modalidade (PMSB) – Abastecimento de Água e*

Esgotamento Sanitário (PDDrU). Abaixo (Figura 22) estão descritas as etapas seguidas para a formulação dessa pesquisa:

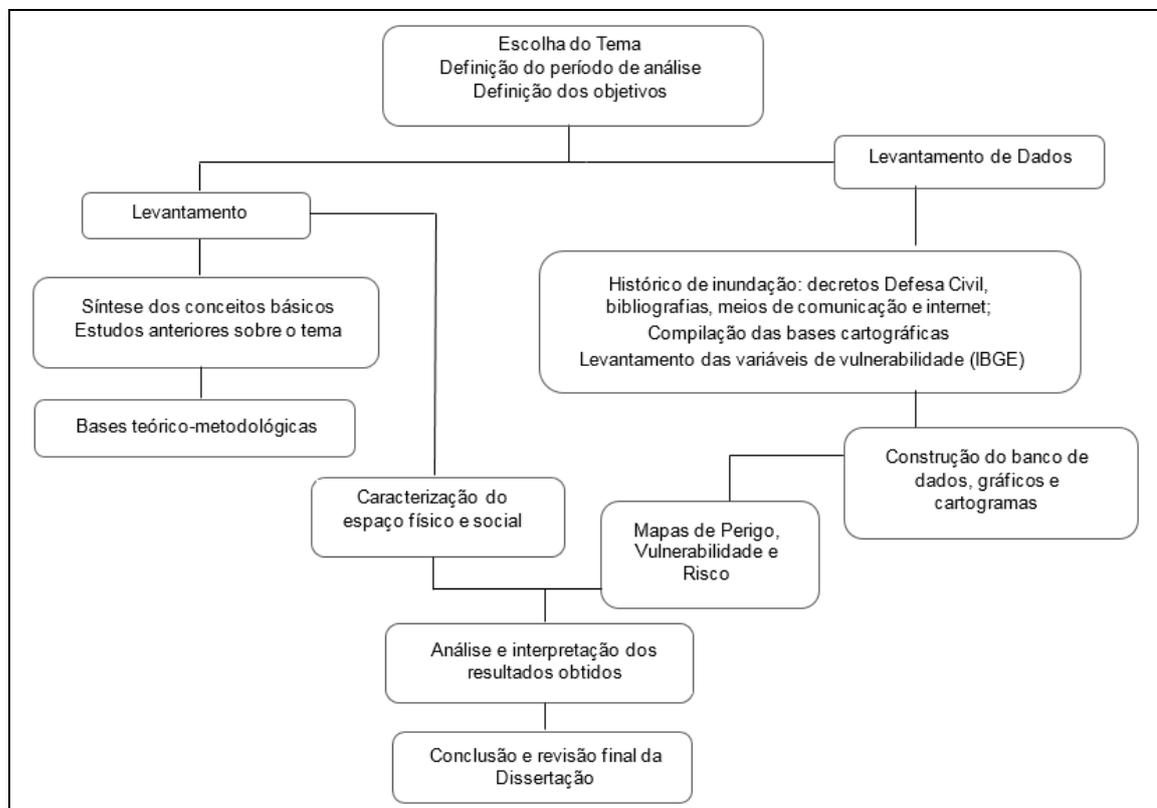


Figura 22. Diagrama com as etapas seguidas no desenvolvimento desta dissertação.

Os principais materiais utilizados baseiam-se nas bases cartográficas e nos programas para a compilação dos dados e resultados. A base cartográfica é proveniente das fontes descritas no Quadro 6. As bases de manchas de inundações, sub-bacias hidrográficas, uso do solo, levantamento altimétricos e de curvas de nível foram utilizados dos produtos já formatados pela Metroplan, através dos estudos de concepções das inundações na área de estudo.

As bases do *Laboratório de Geoprocessamento do Centro de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul* também serviram de apoio, fornecendo os dados geomorfológicos e pedológicos em âmbito regional e da rede viária. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatístico (IBGE), tanto em sua biblioteca localizada no município de Porto Alegre, como em seu site, possibilitou o levantamento dos dados e das bases cartográficas dos setores censitários, bem como dos dados dos últimos Censos, sobretudo de 2000 e 2010, para os dados

demográficos e para as características sociais utilizadas como base para o cálculo do Índice de Vulnerabilidade Social na Bacia hidrográfica do arroio Feijó, RS.

Quadro 6. Bases cartográficas e demais materiais utilizados nesta dissertação.

Base	Dados	Fonte	Observações
Vetorial Contínua do RS	Dados Vetoriais Municípios de Porto Alegre, Viamão e Alvorada	CENECO UFRGS	Dados espaciais digitais no formato <i>shapefile</i> (Escala 1:50.000)
Mapa Geomorfológico dos municípios de Porto Alegre, Viamão e Alvorada – RS	Mapa Geomorfológico dos municípios de Porto Alegre, Viamão e Alvorada	IGEO e CENECO UFRGS	Dados espaciais digitais no formato <i>shapefile</i> (Escala 1:50.000)
Estruturação de dados digitais geoambientais da bacia do rio Gravataí.	Dados geoambientais da Bacia Hidrográfica do Gravataí	CENECO UFRGS	Dados espaciais digitais no formato <i>shapefile</i> (Escala 1:50.000)
Malha estadual, municipal e dos setores censitários	Limites vetoriais estaduais, municipais e de setores censitário da BHAF em formato <i>shape</i>	IBGE Censo (2010)	Dados socioeconômicos provenientes dos setores censitário da BHAF
Programa Integrado de Áreas Degradadas: Sub-bacia Hidrográfica do arroio Feijó.	Limite Bacia Hidrográfica do arroio Feijó	METROPLAN (2001)	
Programa Integrado de proteção contra cheias do rio Gravataí e afluentes em Alvorada e Porto Alegre-RS	Manchas de inundação, uso do solo, mosaico de imagem de satélite	METROPLAN e STE Engenharia (2015, 2016)	Dados do “ <i>Estudos de concepção e anteprojetos de engenharia para proteção contra cheias do rio Gravataí e afluentes em Alvorada e Porto Alegre-RS</i> ”
Demais materiais		Observações	
Pesquisa Documental		Estudos geomorfológicos, geológicos, pedológicos, de uso e ocupação do solo e dados socioeconômicos; reportagens e dados defesa civil.	
SIG ArcGis 10.3		Sobreposição dos planos de informação, análises espaciais, confecção e edição de mapas.	
Programa Office (Excel 2003)		Compilação dos dados estatísticos e construção dos gráficos.	

Com os dados levantados e informações coletadas, o presente trabalho tem como objetivo analisar conceitos ligados à análise da suscetibilidade, perigo vulnerabilidade e risco, principalmente, em eventos de inundações no arroio Feijó. Além disso, o trabalho também visa o mapeamento dos setores censitários avaliando o grau de risco a inundações por meio da espacialização do perigo e da vulnerabilidade da população a esses eventos.

Para tanto, aplicou-se a metodologia proposta por Goerl, Kobiyama e Pellerin (2012), na qual avalia-se o índice de vulnerabilidade no perímetro urbano do município de Rio Negrinho – SC. Tal município apresenta problemática semelhante à área de estudo em que ocorrem frequentes desastres de origem natural, especialmente inundações.

Os métodos empregados na concepção do mapeamento das possibilidades de inundação da bacia hidrográfica do arroio Feijó, através da análise do perigo de inundação e cálculo do índice de vulnerabilidade (IV) dos setores censitários utilizada no presente estudo encontram-se descritos a seguir.

4.1 Análise do Perigo à Inundação

Para o CEPED/UFRGS (2016) é importante uma avaliação correta do perigo de uma área com ameaça de inundação. Realizando um estudo detalhado dos locais e das probabilidades de ocorrência dentro de um dado período de tempo das chuvas que originam esses processos. Com isso, o perigo será indicado pela alta probabilidade de ocorrência desses processos e pelos danos causados aos indivíduos expostos. Ele pode ser apresentado, também, por meio da probabilidade numérica de ocorrência das chuvas desencadeadoras das inundações em um dado local, indicado através do tempo de recorrência ou tempo de retorno de determinado evento.

Os mapas de perigo são gerados através da combinação de fatores da suscetibilidade natural conjugada com os processos desencadeantes estimados, por exemplo, o tempo de retorno de chuvas intensas. Esses fatores permitem reconhecer uma determinada recorrência para esses eventos. No mapeamento do perigo, a frequência de ocorrência deve ser quantificada, ou ao menos uma

expectativa subjetiva do seu valor deve ser indicada, conforme destaca o CEPED/UFRGS (2016).

A probabilidade de ocorrência de inundações utilizada nesse estudo baseia-se na estimativa do limite máximo de recorrência levantado na região - tempo de retorno de 100 anos, por meio do levantamento realizado pelo DEP (2012 *apud* Metroplan, 2015) e STE (2016), conforme informações a seguir. O Plano Diretor de Drenagem Urbana de (PDDrU) de Porto Alegre (DEP, 2011), com objetivo de produzir meios de gestão de infraestrutura urbana, relacionados com o escoamento das águas pluviais, dos rios e arroios em áreas urbanas, realizou análises individuais das bacias hidrográficas do município, incluindo-se a do arroio Feijó.

Assim, ao sobrepor a mancha de inundação de TR100 (Figura 23), obteve-se, de acordo com as áreas inundáveis de cada setor censitário (AI), o perigo de inundação estimado (PE) para a área total do setor censitário (AT):

$$PE = AI / AT$$

As inundações são fenômenos naturais imprevisíveis quanto à sua ocorrência e, como aponta Eckardt (2008), os valores de TR calculados auxiliam na determinação da ocorrência ou não de determinada inundação. Pode-se através desses cenários estimar a magnitude e o alcance da lâmina d'água sobre as áreas inundadas permitindo maior segurança à população. Assim recomenda-se estimar os níveis de inundação de forma igual ou superior ao tempo de retorno dos 100 anos.

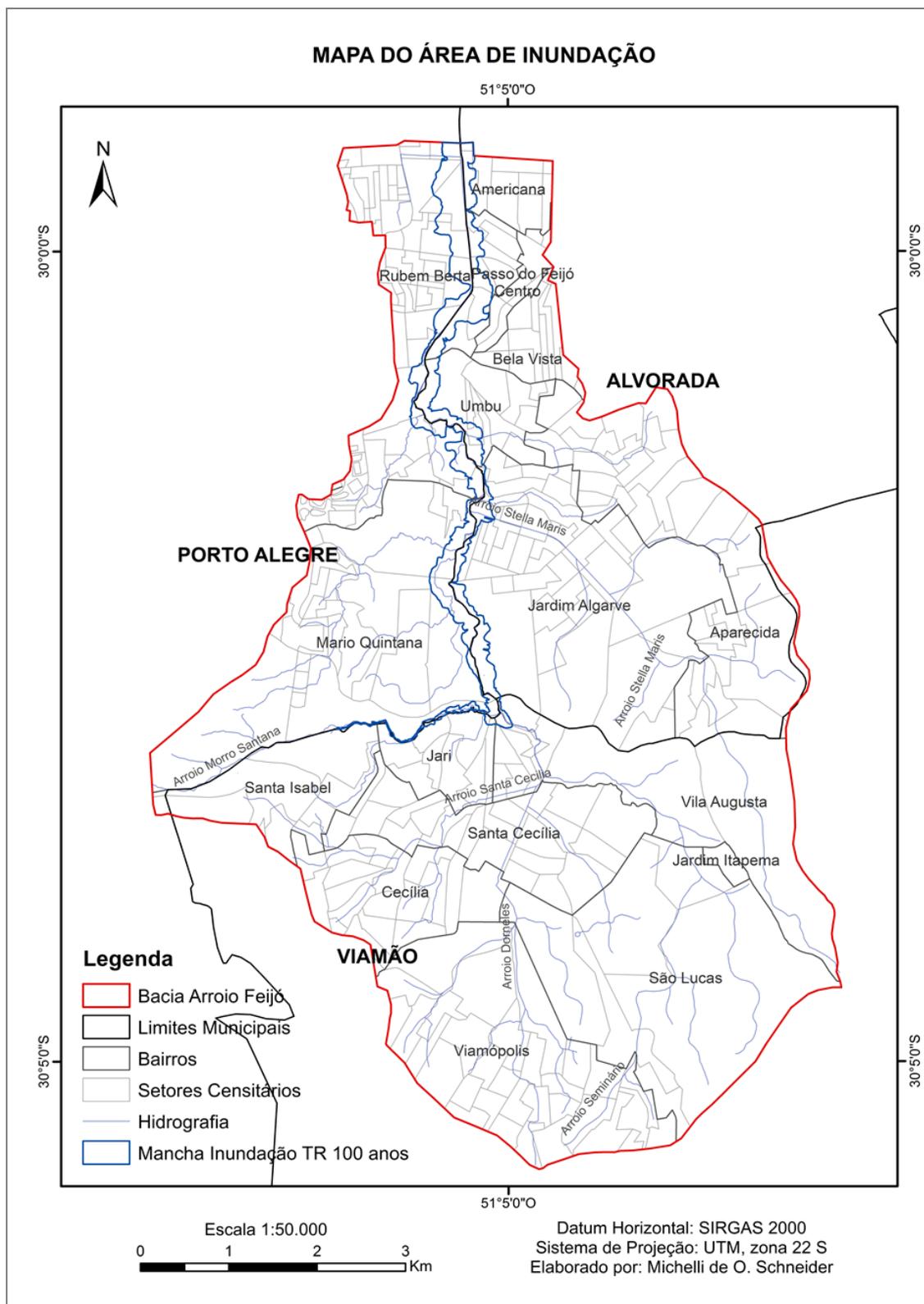


Figura 23. Mapa da área de inundação, mancha da área inundada do tempo de retorno de 100 anos.

Fonte: METROPLAN (2016)

4.2 Índice de Vulnerabilidade

Com base na definição utilizada por UNDP (2004) e por meio do índice de vulnerabilidade proposto por Groel *et al.* (2012), foram selecionados indicadores sociais do Censo de 2010 para estimar e mapear os locais mais vulneráveis dos municípios compreendidos na BHAF e, posteriormente, localizar as áreas atingidas pela inundação e gerar o mapa que indica menor ou maior vulnerabilidade a inundação.

Salienta o CEPED/UFRGS (2016) que, embora o levantamento aponte elementos com características vulneráveis em geral, caso eles não estejam localizados em uma área que não possui suscetibilidade a nenhum tipo de fenômeno, os mesmos não estão vulneráveis a esses processos.

O IBGE utiliza como unidade de análise o setor censitário, que é a menor unidade territorial, com limites físicos identificáveis em campo e com dimensão adequada à operação de pesquisas (IBGE, 2010).

Assim sendo, a área de estudo encontra-se subdividida em 314 setores censitários, dentre esses Porto Alegre engloba 94, Viamão 105 e o município de Alvorada 115 setores censitários distribuídos em 17 bairros. Porto Alegre abrange os bairros Rubem Berta, com 72 setores e Mário Quintana com 22 setores. A Figura 24 representa de forma espacial a distribuição dos setores censitários nos municípios e os respectivos bairros compreendidos no estudo.

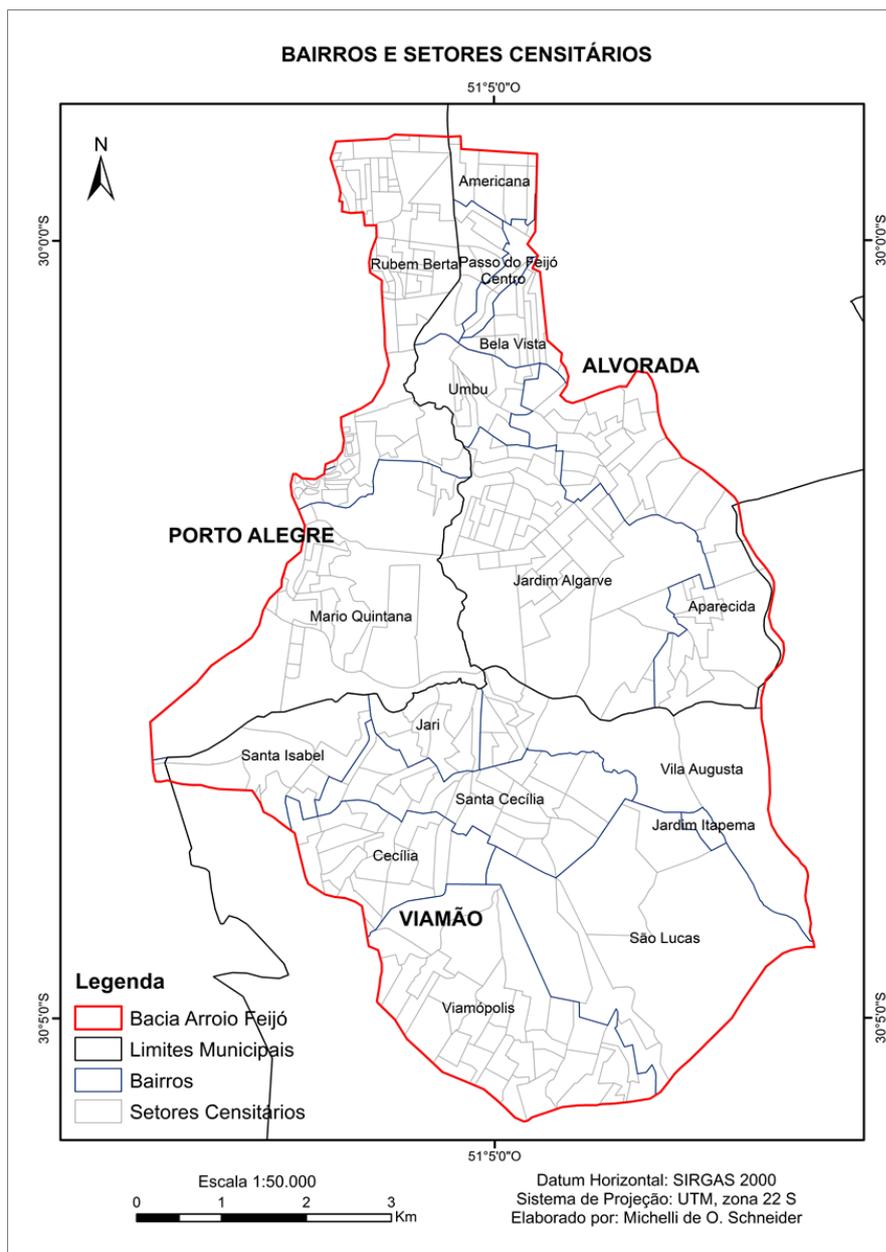


Figura 24. Bairros e Setores censitários inseridos na Bacia hidrográfica do arroio Feijó.

Fonte: IBGE (2010) e Metroplan (2007). Elaborado por Michelli de O. Schneider

Foram oito as variáveis selecionadas para construir o índice de vulnerabilidade, de acordo com o Quadro 7, as quais foram agrupadas em seis variáveis, sendo três relacionadas às características demográficas (D), uma às características de dependência, pertinente a idade (I), uma associada à educação (E) e por último uma relacionada à renda (R). O IBGE utilizou-se de uma data de referência como base dos dados, que foi dia 1º de agosto de 2010.

Quadro 7. Variáveis censitárias e variáveis utilizadas para mensurar a vulnerabilidade, adaptado de Groel *et al.* (2012, p, 91).

Variáveis Censitárias	Variáveis de Vulnerabilidade
Número de moradores no setor	Número de moradores no setor (D)
Média de moradores por domicílio	Média de moradores por domicílio (D)
Densidade Demográfica	Densidade Demográfica (D)
Total da população acima de 65 anos	Soma do total da população acima de 65 e abaixo de 12 anos (I)
Total da população abaixo de 12 anos	
Total de pessoas analfabetas acima de 12 anos	Total de pessoas analfabetas acima de 12 anos (E)
Total de Responsáveis sem rendimento	Soma do total dos responsáveis sem rendimento e com rendimento de até 1 Salário Mínimo (R)
Total de responsável com rendimento até 1 Salário Mínimo	

Além disso, é importante destacar que os termos referentes aos critérios da coleta de dados sobre pessoa alfabetizada, pessoa responsável e rendimento, são conforme IBGE (2010). Referente à variável dependência, adotou-se a metodologia de Groel *et al.* (2012).

Assim sendo baseado nas seis variáveis compiladas, tem-se o Índice de Vulnerabilidade (IV):

$$IV = Dd + Nm + Mm + TD + E + R$$

IDHM

Onde: *Dd* é a densidade demográfica; *Nm* é o número de moradores no setor; *Mm* é média de moradores por residência; *TD* é a taxa de dependência (idosos e jovens); *E* é a educação (analfabetos acima de 12 anos); *R* é a renda (responsável sem rendimento ou com até 1 salário mínimo); e *IDHM* é o Índice de Desenvolvimento Humano do Município), estimado pela ONU através do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD, (PNUD, 2013).

Assumindo que a vulnerabilidade é inversamente proporcional à capacidade de suporte e resposta ou de preparo de uma área, seja ela um município, região ou bairro com base nos conceitos de vulnerabilidade levantados. A capacidade do

município obter uma resposta ao desastre baseia-se, segundo a ideia apresentada por Groel *et al.* (2012), na estimativa do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal assumido nesse trabalho.

Para uniformizar as unidades, conforme Groel *et al.* (2012), as variáveis foram escalonadas de 0 a 1, sendo 0 (zero) o valor mínimo de cada variável e 1 o valor máximo, com a seguinte equação:

$$V_{\text{escalonado}} = (V_{\text{observado}} - V_{\text{mínimo}}) / (V_{\text{máximo}} - V_{\text{mínimo}})$$

Após escalonado, o Índice de Vulnerabilidade foi agrupado em quatro classes; baixa, média e alta e muito alta, definidas pelo desvio quartílico que, de acordo com Ramos e Sanchez (2000, apud Goerl *et al.*, 2012), a série é dividida em quatro grupos com igual número de ocorrências, cada uma compreendendo 25% do total de valores. Conforme cita Goerl *et al.*, (2012), esta etapa de escalonamento e classificação pelo desvio quartílico foi baseada em Marcelino *et al.* (2006). Desta forma, eles propõem que o arranjo seja definido quantitativamente, excluindo a subjetividade no processo de definição dos limites entre os valores encontradas.

4.3 Áreas de Risco à Inundação

Adotando-se a metodologia de Goerl *et al.* (2012), de forma qualitativa, para o presente trabalho será estimado o risco de inundação no arroio Feijó, empregando, sobretudo, os setores censitários como unidade mínima de estudo e a mancha de inundação do tempo de retorno de 100 anos (TR 100) (DEP, 2012, apud METROPLAN, 2015; STE, 2016).

Para tanto, baseando-se em Chen *et al.* (2004) e Stephenson (2002) citado em Goerl *et al.* (2012), os autores reconhecem o risco como uma função do perigo e vulnerabilidade, indicando a seguinte função:

$$R = f(H, V)$$

Onde: R é risco; H é o perigo (ou *hazard*); e V a vulnerabilidade.

O perigo foi definido a partir da mancha de inundação de TR 100 e obteve-se o perigo estimado (*PE*). A vulnerabilidade foi definida para cada setor censitário através do Índice de Vulnerabilidade calculado. Assim, com a fórmula adaptada de Goerl *et al.* (2012) aos dados da área de estudo, estima-se o risco a partir da relação desses parâmetros, estipulando para a bacia hidrográfica do arroio Feijó o risco de inundação dos setores analisados.

CAPÍTULO V

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados os resultados da análise dos riscos de inundação, utilizando os setores censitários da bacia hidrográfica do arroio Feijó como unidade de análise. Para tanto, foram realizados o inventário de inundações na área, o mapeamento dos setores censitários com perigo de inundação e estimado o índice de vulnerabilidade dos mesmos.

5.1 Inventário das inundações na bacia hidrográfica do arroio Feijó

No Rio Grande do Sul, os desastres associados aos processos de dinâmica atmosférica atingem o estado frequentemente. Além das estiagens, também se sobressaem as inundações, enxurradas e os alagamentos, apresentando juntos 24% de ocorrências para o período de 1991 – 2012 (CEPED/UFSC, 2013).

No período de 1980 a 2015, foram registradas 36 inundações na área de estudo, sobretudo no município de Alvorada, município mais atingido. A distribuição das inundações ao longo do período de 36 anos aponta uma média de uma inundação por ano, embora apresente variação na frequência anual de ocorrências, como mostra Figura 25. Para tanto, nos 36 anos mensurados, 19 anos apresentaram inundações, com isso verifica-se que a probabilidade que um novo evento pluviométrico causador desse processo ocorra, a cada ano, é de 53%.

Nesse período ocorreram inundações de forma heterogênea, entretanto é possível verificar uma concentração nos anos de 1980 a 1985; 1994 a 1995; 2000 a 2005 e, a partir de 2012, as inundações ocorreram anualmente. Os anos em que apontaram mais eventos foram 1982, 2002, 2005 e 2015.

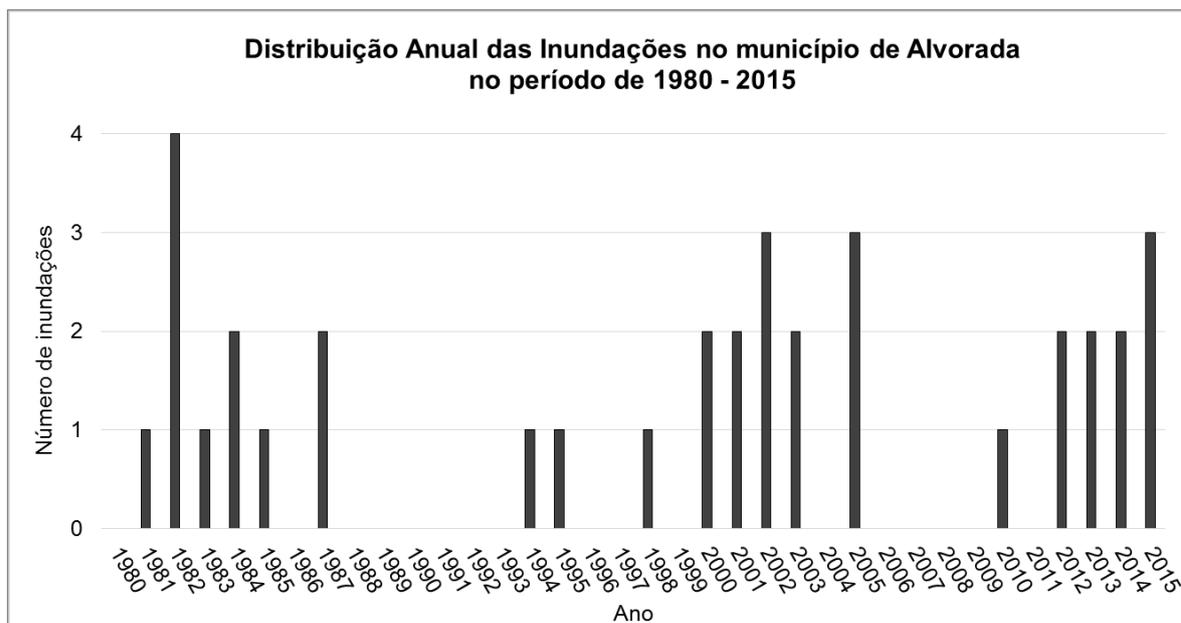


Figura 25: Gráfico de distribuição anual das inundações no período entre 1980 e 2015, BHAF, RS.
Fonte: Reckziegel (2007); Defesa Civil; CEPED/UFSC (2013); Jornal ZH; O Alvoradense.

No decorrer do período analisado as inundações aconteceram praticamente em todos os meses, apenas o mês de março não apontou nenhum episódio de inundação no arroio Feijó. A Figura 26 mostra a distribuição mensal dos eventos. Embora, se verifique também um acúmulo de ocorrências entre os meses de junho, julho e agosto, os meses que concentraram maior número de eventos foram: fevereiro, setembro e outubro, apontando 5 e 6 eventos respectivamente.

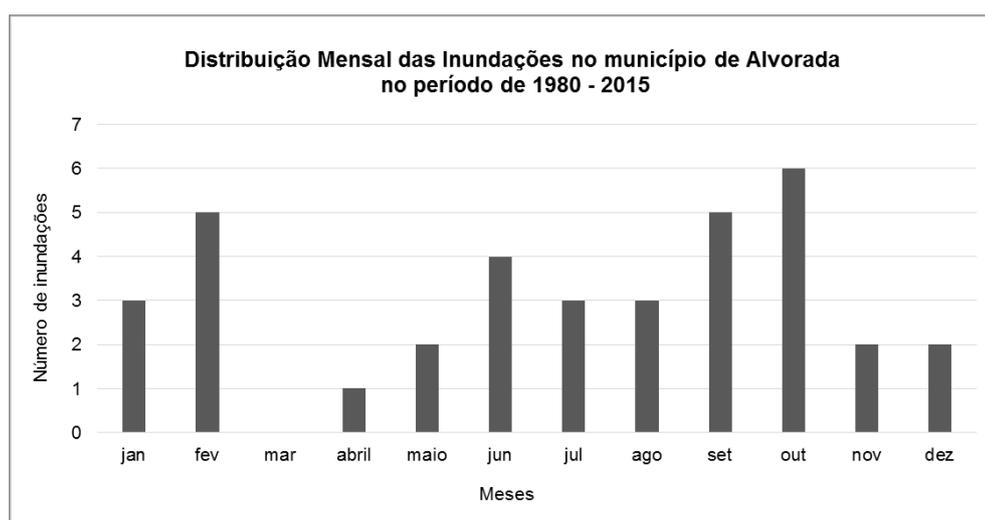


Figura 26: Gráfico da distribuição mensal das inundações no período entre 1980 e 2015, BHAF, RS.
Fonte: Reckziegel (2007); Defesa Civil; UFSC/CEPD (2013); Jornal ZH; O Alvoradense.

Normalmente, as inundações são cíclicas e sazonais e intensificadas por variáveis climatológicas de médio e longo prazo e pouco influenciáveis por variações diárias do tempo. Além disso, elas se relacionam muito mais com períodos demorados de chuvas contínuas do que com chuvas intensas e concentradas, sendo caracterizadas por sua abrangência e grande extensão, ocorrendo principalmente em grandes bacias hidrográficas e em rios de planície (CASTRO, 2003).

Dessa forma, comparando a distribuição anual das inundações aos dados de precipitação anual do Instituto de Meteorologia da estação meteorológica de Porto Alegre, (Quadro 8) para o período entre 1980 e 2015, verifica-se ligação dos anos que apontaram número elevado de inundações entre os anos com pluviosidades acima de 1500 mm em média.

Considerando a distribuição mensal das inundações, se constata, da mesma forma, correlação entre as médias mensais de precipitação, do INMET, referente ao mesmo período analisado e a série histórica entre 1961 e 1990, onde os meses de inverno e primavera, entre junho e outubro, apresentam tanto índices pluviométricos como ocorrência de inundações elevadas.

Os dados da frequência de inundações anuais e mensais e os índices das variações interanuais de precipitação pluviométrica para a região de Alvorada, no período estudado, apresentam relação com ocorrência dos ENOS. Essas características coincidem com a alternância dos períodos de El Niño-Oscilação Sul, na qual ocorre um incremento de pluviosidade, conforme já apontando em Britto *et al.* (2008) em que os mesmos possuem períodos de recorrência numa média de 2 a 7 anos. Assim, verifica-se associação dos anos que apresentaram índices pluviométricos altos e baixos no período de 1980 a 2015 aos fenômenos El Niño e La Niña, respectivamente (Quadro 8).

Os anos caracterizados pelo El Niño, os totais anuais médios do Rio Grande do Sul estiveram em torno ou acima de 1500 mm anuais. Os maiores totais foram registrados em anos de El Niño considerado de forte intensidade, em 1982/1983 e 1997/1998. Foram considerados anos normais ou de influência da La Niña e apresentaram totais pluviométricos inferiores ou pouco superiores a 1500 mm. Dessa forma, mesmo ocorrendo distante do Rio Grande do Sul, o fenômeno El Niño Oscilação Sul ENOS exerce influência importante sobre as precipitações pluviométricas em excesso no estado (BRITTO *et al.*, 2008).

Quadro 8: Relação da média anual das precipitações (mm), episódios ENOS e série histórica das ocorrências de inundações em Alvorada, RS, no período entre 1980 e 2015.

Anos	Média Anual (mm)	Normal	El Niño	La Niña	Nº de Inundações
1980	1301	X			0
1981	1235	X			1
1982	1306		X		4
1983	1616		X		1
1984	1671			X	2
1985	1505			X	1
1986	1638		X		0
1987	1699		X		2
1988	1065			X	0
1989	1256			X	0
1990	1607	X			0
1991	1181		X		0
1992	1524		X		0
1993	1495	X			0
1994	1671		X		1
1995	1432			X	1
1996	1325			X	0
1997	1502		X		0
1998	1461		X		1
1999	1297			X	0
2000	1572			X	2
2001	1067			X	2
2002	1707		X		3
2003	1526		X		2
2004	1039		X		0
2005	1330		X		3
2006	1145		X		0
2007	1569			X	0
2008	1502			X	0
2009	2035		X		0
2010	1453		X		1
2011	1321			X	0
2012	1428			X	2
2013	1463	X			2
2014	1730		X		2
2015	1820		X		3

Fonte: INMET (2015); NOAA (2016); Reckziegel (2007); Defesa Civil; UFSC/CEPD (2013);
Jornal ZH; O Alvoradense.

5.1.1 Inundações ocorridas entre 1980 e 1989

As inundações ocorridas entre 1980 e 1989 apresentaram padrão de recorrência anual entre os anos de 1981 a 1985, conforme Figura 27. Foram registradas 11 inundações na BHAF para o período analisado, ou seja 31% do total das ocorrências em relação a série histórica. Esse período é caracterizado pela alta frequência de ocorrência de inundações. O ano de 1982 se destaca pelo elevado número de ocorrências, com quatro inundações no total. Os anos que não apresentaram ocorrências foram os de 1980, 1986, 1988 e 1989, estes últimos, coincidem com anos de ocorrência do fenômeno La Niña. Aqueles que apresentaram apenas um registro de inundação foram os anos de 1981, 1983 e 1985. Os anos de 1984 e 1987 apresentaram dois registros de inundações anuais.

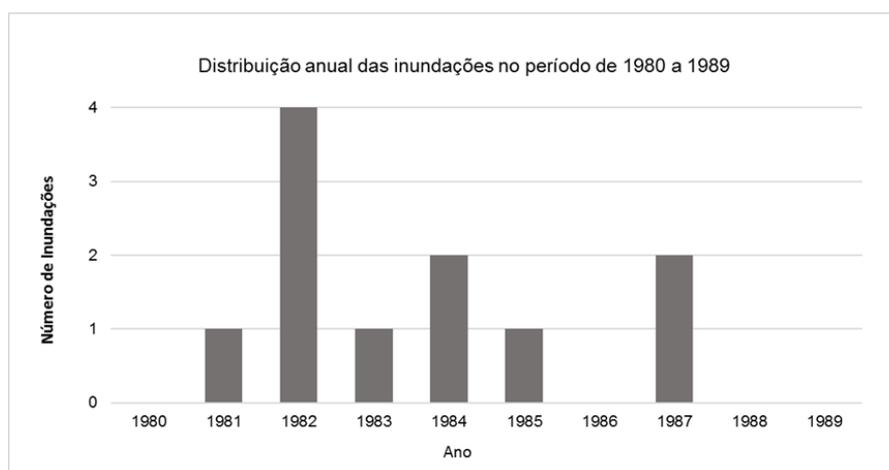


Figura 27. Gráfico da distribuição anual das inundações registradas para a região da BHAF, período entre 1980 e 1989. Fonte: Reckziegel (2007); Defesa Civil; UFSC/CEPD (2013); Jornal ZH; O Alvoradense.

De acordo com os dados de registros históricos mensais do período entre 1980 e 1989, os meses de março, abril, novembro e dezembro não apresentaram ocorrências de inundações. Dessa forma, os demais meses obtiveram pelo menos um registro, com destaque para os meses de junho e agosto que apontaram três e duas ocorrências respectivamente. Os anos de 1982, 1984 e 1985 registraram situação de emergência em decorrência dos episódios de inundação.

Nos anos de 1982 e 1983 foram registrados anos de El Niño de forte intensidade apresentando pluviosidades elevadas. No ano de 1983 foram

registradas enchentes em diversas cidades da região sul do Brasil. Cidades com históricos de inundações como Itajaí e Blumenau, em Santa Catarina e Porto Alegre, no Rio Grande do Sul apontaram registros. Em Porto Alegre, o Guaíba ficou 2,32 metros acima da cota após intensas chuvas, atingindo mais de 1,1 mil pessoas em 1983 (ZH/DG, 2013).

5.1.2 Inundações ocorridas entre 1990 e 1999

O período de 1990 a 1999 se destaca por não apresentar muitos registros de ocorrências de inundações, apenas os anos de 1994, 1995 e 1998 apresentaram um registro em cada ano, totalizando três registros, ou seja 8% do total das ocorrências em relação a série histórica, conforme Figura 28.

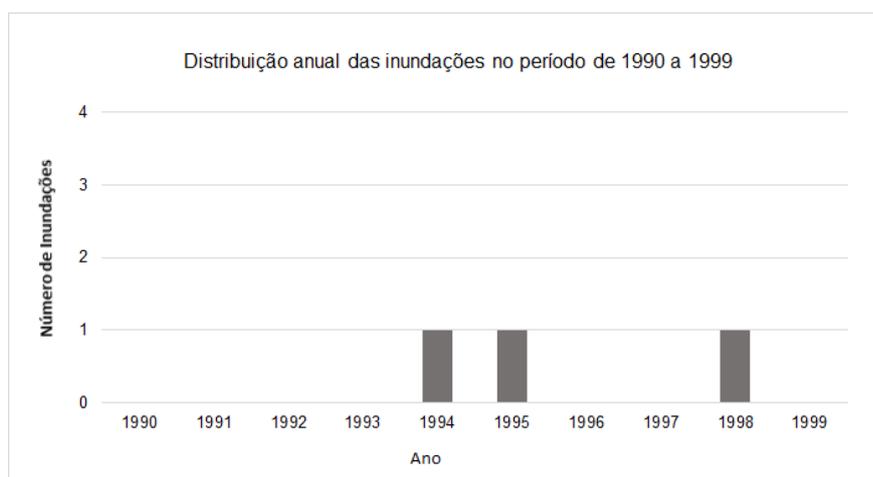


Figura 28. Gráfico da distribuição anual das inundações registradas na BHAF, período entre 1990 e 1999. Fonte: Reckziegel (2007); Defesa Civil; UFSC/CEPD (2013); Jornal ZH; O Alvoradense.

Essa década também não apresentou uma homogeneidade em relação aos meses nos registros de ocorrências, apontando inundações para os meses de janeiro (1998), fevereiro (1994) e julho (1995). Não se pode sugerir alguma relação com os eventos ENOS, pois nesse período houve variação entre eles, de intensidades fraca a forte, onde o ano de 1997 e 1998 foi registrado um dos eventos de El Niño mais intenso das últimas décadas, conforme os dados anteriores (NOOA/CPC, 2016).

Nesses anos as precipitações também apresentaram pluviosidade acima de 1500 mm na maioria dos anos. Em relação ao período anterior de 1980 a 1989, entretanto o período demonstra significativa redução da frequência das inundações.

5.1.3 Inundações ocorridas entre 2000 e 2009

Os registros de inundações no período de 2000 a 2009 maior intensidade e frequência comparadas às décadas anteriores analisadas. Apresenta um total de 12 registros, cerca de 33% em relação ao total verificado (Figura 29). As inundações ocorreram entre os meses de fevereiro a maio e de setembro a dezembro. Estes últimos apontaram a maior frequência entre os anos de 2000 a 2005 registrando oito ocorrências, destaque para os anos de 2002 e 2005, que apresentaram três registros cada e o mês de outubro que apontou quatro inundações, três delas no ano de 2005. Já os anos de 2000, 2001 e 2003 registraram dois episódios em cada ano, os demais anos não registraram inundações.

Há registros que no ano de 2005 as inundações chegaram a deixar cerca de 400 famílias desabrigadas no bairro Americana, em Alvorada, bairro inserido na área de estudo.

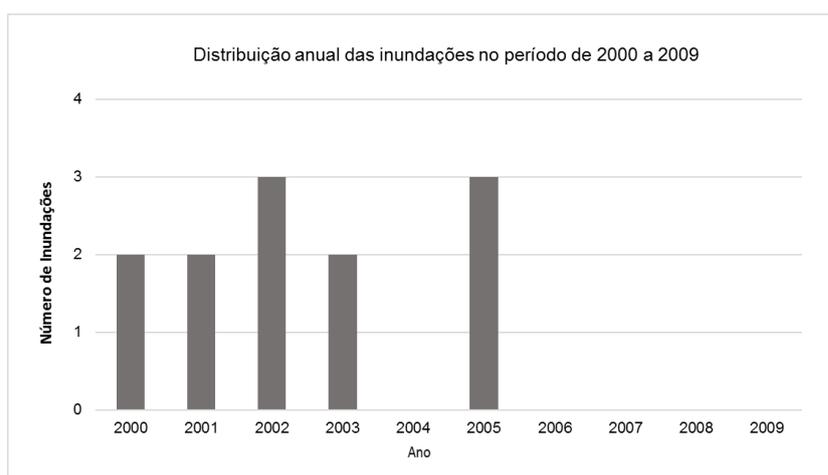


Figura 29. Gráfico da distribuição anual das inundações registradas em Alvorada no período entre 2000 e 2009. Fonte: Reckziegel (2007); Defesa Civil; UFSC/CEPD (2013); Jornal ZH; O Alvoradense

5.1.4 Inundações ocorridas entre 2010 e 2015

O período compreendido entre os anos de 2010 e 2015 apontou dez registros nos cinco anos, aproximadamente 28% do total das ocorrências indicadas, conforme Figura 30. Desses registros apenas o ano de 2011 não apresentou ocorrência de inundação no município de Alvorada. O ano de 2010 indicou um registro no mês de janeiro, porém, segundo a Metroplan (2016), foi caracterizado como um evento intenso.

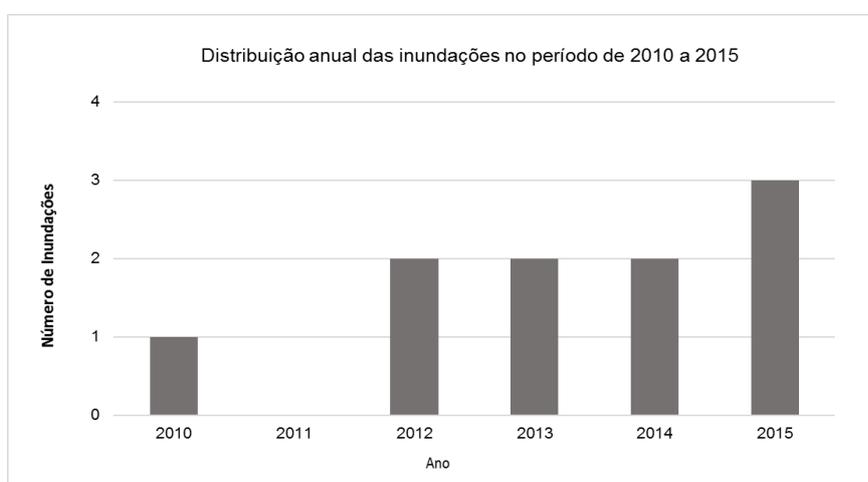


Figura 30. Gráfico da distribuição anual das inundações registradas em Alvorada no período entre 2010 e 2015. Fonte: Reckziegel (2007); Defesa Civil; UFSC/CEPD (2013); Jornal ZH; O Alvoradense.

Os anos de 2012 a 2014 indicaram duas ocorrências em cada ano apontando um registro de inundação em cada um dos meses de agosto (2013), setembro (2012), novembro (2013) e dezembro (2014) e dois registros no mês de fevereiro, nos anos de 2012 e 2014. Nos anos de 2012 e 2013 foram decretadas situação de emergência pelo município. Conforme dados da Metroplan (2016) indicados pelo formulário de informações do Desastre (FIDE), em eventos críticos ocorridos nos anos de 2012 a 2014, o município de Alvorada apresentou elevados danos materiais e prejuízos econômicos em consequência das inundações.

Conforme essas informações, foram afetadas, em Alvorada, cerca de mil pessoas em setembro de 2012, em agosto de 2013 foram registradas aproximadamente 12 mil pessoas, e, em fevereiro de 2014, as informações apontam para cerca de 1500 pessoas prejudicadas. O ano de 2015 foi considerado um dos anos com maior frequência e ocorrência de inundações no município de Alvorada

mais intenso desde 2013 e inundações ocorridas no ano de 1982. O ano registrou três inundações seguidas nos meses de julho, setembro e outubro.

Conforme noticiado no jornal Zero Hora em 22/09/2015 o nível do arroio Feijó havia subido aproximadamente 20 centímetros conforme o coordenador da Defesa Civil, Márcio Motta, relatou que: “Quando o nível do arroio Feijó passa de um metro é motivo de alerta” e conforme ele, até a manhã do dia da entrevista o arroio apresentava 1 metro e 40 centímetros. Nesse mês, a Prefeitura de Alvorada publicou o decreto municipal declarando situação de emergência nas áreas do município atingidas pelas inundações.

Em outubro, o Jornal ZH noticiou em 13/10/2015 que o nível do Guaíba, no município de Porto Alegre, atingiu 2,89 metros (região central da Capital), o ponto mais alto em 74 anos, desde a inundação histórica de 1941, deixando o município de Alvorada em alerta, pois o arroio Feijó como afluente do rio Gravataí, ficou represado por conta da cheia no lago Guaíba.

O total de pessoas atingidas no ano de 2015 (Quadro 9) somando as três inundações registradas, foi de cerca de 23 mil pessoas. Os desabrigados somaram 360 pessoas, já o total de desalojadas foi de cerca de 5.800 habitantes, de acordo com os registros da Defesa Civil de Alvorada. Moradores do município atingidos foram removidos para um abrigo improvisado pela Prefeitura no ginásio Municipal, centro da cidade. Permaneceram lá mais de 20 dias, quando no início de novembro do mesmo ano começaram a retornar para as suas residências.

Quadro 9. Total de pessoas atingidas, desabrigadas e desalojadas nas inundações do ano de 2015, município de Alvorada, RS

Ano 2015 (meses)	Pessoas atingidas	Desabrigados	Desalojados
Julho	11.700	204	2.500
Setembro	1.000	--	260
Outubro	10.680	156	3.040

Fonte: Defesa Civil de Alvorada; Jornal Zero Hora; O Alvoradense.

Os dados dos últimos anos, não apontam apenas aumento na frequência de ocorrências, mas principalmente aumento na intensidade, já que desde o ano de 2012 até o ano 2015, há registros anuais de inundações com danos e prejuízos elevados. Confirmando os dados do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PMBC, 2014) em que destaca a região sul como “a única região do Brasil que

apontou tendências positivas em sua pluviometria até agora” indicando a expectativa de maior frequência de eventos extremos e espera do aumento de pluviosidade até o fim do século. Dentre os principais riscos de eventos extremos destacados, estão as inundações, com grandes volumes de precipitação pluviométrica em curto espaço de tempo. (PMBC, 2014)

As ocorrências indicam, principalmente, áreas próximas ao arroio Feijó e várzea do rio Gravataí, incluindo os bairros Americana, Passo do Feijó e Umbu. A seguir, alguns registros fotográficos realizados no mês de setembro de 2015 nas áreas atingidas, Avenida Beira Rio inundada (Figuras 31a e 31b) e prejuízo dos moradores com os móveis e eletrodomésticos destruídos após inundações (Figuras 31c e 31d)



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 31. Inundações no bairro Americana e Passo do Feijó, em Alvorada, RS, ano de 2015. (a,b) Avenida Beira Rio alagada; (c,d) Prejuízos dos moradores, móveis destruídos após inundações.

Fotos: Michelli de O. Schneider, Tadeu Vilane (ZH), setembro/2015

5.2 Perigo de Inundação

A análise das áreas com perigo de inundação deu-se através da sobreposição da mancha de inundação com TR de 100 anos (DEP, 2012 e METROPLAN, 2016), que possui área total de 2,12 km², sobre os setores censitários.

Delimitou-se, dessa forma, a área inundada de cada setor, sua dimensão em relação à área total e, por fim, a estimativa do perigo. A mancha de inundação de tempo de retorno de 100 anos (TR100), utilizada como referência, indica o tempo médio que determinado evento hidrológico possa ocorrer com a probabilidade de 1%. Dessa forma, após estimado o perigo de inundação nos setores, gerou-se o Mapa de Perigo (Figura 32), que assinala os setores, concentrados às margens do arroio, e mais à jusante da bacia, como as áreas com perigo de serem inundadas.

O mapa apontou 39 setores com perigo de inundação, distribuídos próximo ao arroio Feijó. Desses setores, 17 deles, (43%), apresentam de 40% a 80% das suas áreas atingidas pela mancha de inundação. Os demais, cerca de 15 setores (38%), têm suas áreas atingidas de 10% a 25%; e o restante, 7 deles (14%), possuem suas áreas atingidas abaixo de 5%, como indica o Quadro 10.

Dentre os setores censitários apontados com perigo Muito Alto, os quais possuem de 60% a 80% das áreas com probabilidade de serem inundadas, localizam-se no bairro Rubem Berta, em Porto Alegre, e Passo do Feijó, em Alvorada. Com alto perigo de inundação, de 40% a 60% da área inundada, aparecem 11 setores, localizados no bairro Rubem Berta, em Porto Alegre, e no município de Alvorada, nos bairros Americana, Passo do Feijó, Umbu e Jardim Algarve. Com perigo Médio de inundação, seis setores, localizados nos bairros: Rubem Berta e Mario Quintana, em Porto Alegre; Passo do Feijó, em Alvorada; e o mais a montante, localizado no curso médio do arroio, na Vila Augusta, município de Viamão.

Quadro 10. Setores censitários, municípios e bairros e respectivas áreas de Perigo de inundação.

Código do Setor	Município	Bairro	Perigo
432300235000112	Viamão	Santa Isabel	1%
432300235000114	Viamão	Vila Augusta	1%
432300235000033	Viamão	Jari	2%
430060405050012	Alvorada	Jardim Algarve	3%
430060405020023	Alvorada	Americana	4%
432300235000037	Viamão	Jari	4%
430060405050004	Alvorada	Jardim Algarve	5%
430060405020024	Alvorada	Americana	10%
430060405040002	Alvorada	Umbu	10%
430060405050013	Alvorada	Jardim Algarve	10%
431490205000378	Porto Alegre	Mário Quintana	10%
432300235000034	Viamão	Jari	10%
432300235000039	Viamão	Jari	10%
432300235000043	Viamão	Vila Augusta	10%
431490205002045	Porto Alegre	Rubem Berta	18%
431490205002052	Porto Alegre	Mário Quintana	18%
430060405020016	Alvorada	Passo do Feijó	20%
431490205002018	Porto Alegre	Rubem Berta	20%
431490205002019	Porto Alegre	Rubem Berta	20%
430060405050037	Alvorada	Jardim Algarve	25%
431490205001964	Porto Alegre	Rubem Berta	25%
431490205002072	Porto Alegre	Mário Quintana	25%
430060405020014	Alvorada	Passo do Feijó	40%
431490205002017	Porto Alegre	Rubem Berta	40%
432300235000042	Viamão	Vila Augusta	40%
430060405040003	Alvorada	Umbu	50%
430060405050003	Alvorada	Jardim Algarve	50%
431490205002338	Porto Alegre	Rubem Berta	50%
431490205002339	Porto Alegre	Rubem Berta	50%
431490205001967	Porto Alegre	Rubem Berta	50%
431490205001984	Porto Alegre	Rubem Berta	50%
430060405020009	Alvorada	Passo do Feijó	60%
430060405020022	Alvorada	Americana	60%
430060405040001	Alvorada	Umbu	60%
431490205001966	Porto Alegre	Rubem Berta	60%
431490205002433	Porto Alegre	Rubem Berta	60%
430060405020010	Alvorada	Passo do Feijó	70%
430060405020011	Alvorada	Passo do Feijó	70%
431490205001965	Porto Alegre	Rubem Berta	80%

Fonte: IBGE (2010)

Elaborado por Michelli de O. Schneider

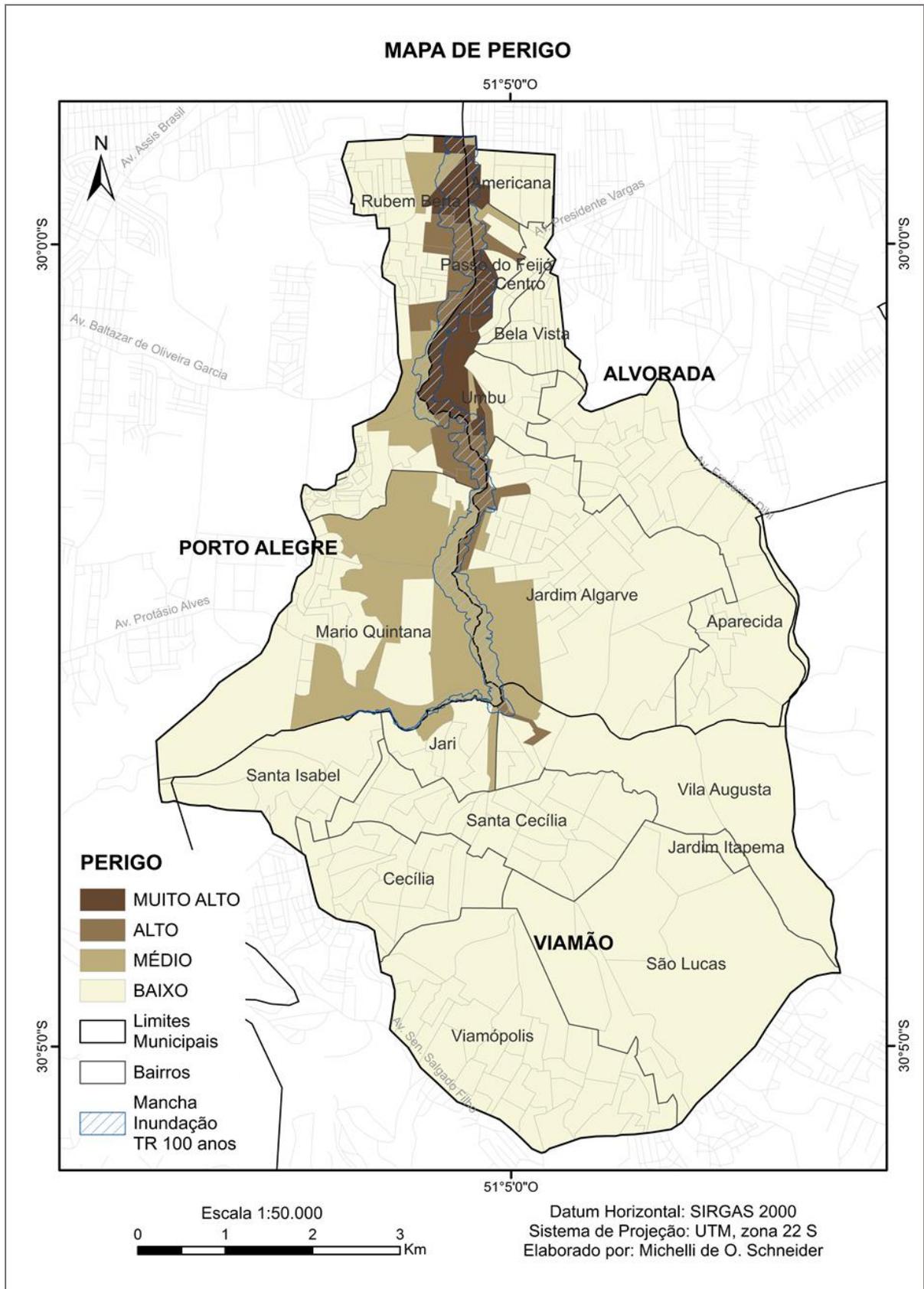


Figura 32. Mapa de Perigo de Inundação estimado para os setores censitários IBGE (2010) na BHAFA.

Verifica-se que a ameaça de ocorrência de inundação resultando em áreas de perigo alto a muito alto, encontram-se em bairros com setores localizados muito próximos ao leito principal do arroio, bem como a sua foz e rio Gravataí. São áreas com suscetibilidade maior ao acúmulo de água em função das baixas altitudes, declividade quase plana e com solos mal drenados, onde a água tem dificuldade de escoar e tendem a represar mais.

Os conceitos de ameaça e perigo apresentam-se de forma análoga, muitas vezes, levando a uma avaliação incorreta do perigo. Sendo assim, a maioria dos mapeamentos apontam áreas suscetíveis e ameaçadas, devido à dificuldade de se quantificar corretamente a probabilidade da ocorrência dos eventos adversos.

Outra dificuldade enfrentada deve-se a questões técnicas e aos altos custos expendidos. Para avaliar as suscetibilidades é necessário realizar o levantamento detalhado da área atingida, por meio de dados hidrológicos, morfométricos, climáticos, entre outros, além de um inventário dos eventos com o objetivo de se estimar um padrão de recorrência e a abrangência dos mesmos. Esses processos dependem de equipes qualificadas e interdisciplinares para a melhor caracterização dos eventos.

O mapeamento das áreas inundáveis, a partir das simulações para os cenários e tempos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos no arroio Feijó, realizados pelo DEP em 2011, apresentaram mancha de inundação para os cenários citados. Dessa maneira, para se gerar o mapa de perigo, foi utilizada a mancha de inundação do arroio Feijó, levantada para o Plano Diretor de Drenagem Urbana de (PDDrU) de Porto Alegre e elaborada pelo Departamento de Águas Pluviais do município (DEP, 2012 *apud* Metroplan 2016 e STE, 2016), importante estudo realizado para o planejamento da drenagem urbana no município de Porto Alegre.

A dificuldade encontrada pelos municípios, muitas vezes, é a falta de recursos e de pessoal especializado para a realização desses estudos, necessitando terceirizar os levantamentos e dependendo de investimentos públicos elevados.

Tem-se como exemplo o município de Alvorada, pelo qual o amplo diagnóstico realizado por meio do projeto de contenção de cheias na região, intitulado “Estudos de Proteção contra as cheias do rio Gravataí e afluentes em Alvorada e Porto Alegre”, só foi possível de ser efetuado, mediante o financiamento do Governo Federal, com investimento de 228 milhões de reais. Esse investimento se deu a partir do Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres,

criado em 2012, de acordo com as diretrizes da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, que contemplou alguns municípios que apresentam histórico de ocorrência de desastres, a fim de minimizar os efeitos dos mesmos.

A prefeitura de Alvorada tem realizado audiências públicas para a divulgação parcial e acompanhamento público das fases e de dados do projeto elaborado pela Metroplan (2016) e STE (2016). Em um desses encontros, foram apresentadas informações a respeito da amplitude das cheias. O mesmo aponta atualmente mancha de inundação com área de abrangência regional, contemplando os arroios Feijó, Águas Belas e São João, em Alvorada e Santo Agostinho em Porto Alegre, bem como o rio Gravataí.

Conforme divulgado, foram realizados levantamentos para os tempos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos da área. Um dado importante levantado é que a última grande inundação, ocorrida no ano de 2015, atingiu a marca de recorrência analisada para o tempo de retorno de 100 anos, limite máximo projetado pela Metroplan, STE (2016), assim como a utilizada nessa pesquisa. Essas informações técnicas mais precisas, ainda não estão disponíveis para o público, pois o projeto encontra-se em fase de finalização.

Mesmo que as inundações de outras magnitudes e períodos de retorno sejam utilizadas, a probabilidade de 1% (TR 100 anos) representa um equilíbrio razoável entre inundação excessiva e conservação para todos os usos (Tomaz, 2010; US-WRC, 1971).

Para o município de Alvorada, o Plano Diretor Urbano Ambiental (PDDUA) prevê que as áreas suscetíveis de inundação não sejam ocupadas, loteadas ou contenham ruas delimitadas em terrenos alagadiços ou sujeitos à inundação, sem que sejam drenados ou aterrados até a cota livre de inundações, cota mínima de 20 metros (Alvorada, 2011).

Apesar das limitações de se quantificar de forma exata o perigo, o CEPED/UFRGS (2016) destaca que estudos de caráter qualitativo são de grande relevância para o município e para a comunidade envolvida. Para os gestores e planejadores municipais, auxilia na formulação de políticas públicas voltadas ao planejamento do território, no sentido de limitar a ocupação das áreas apontadas como mais problemáticas.

5.3 Índice de Vulnerabilidade

Dentre os municípios inseridos na área de estudo, Porto Alegre, em âmbito nacional, encontra-se na posição 23, com IDHM de 0,805, considerado de alto desenvolvimento. Todavia, em âmbito estadual, encontra-se em primeira posição no ranking. Os municípios de Viamão e Alvorada encontram-se respectivamente na posição 1398 e 1934, em âmbito nacional, e nas posições 247 e 314, em âmbito estadual. Com IDHM, no valor de 0,717, Viamão é considerado com alto desenvolvimento e Alvorada com IDHM igual a 0,699 é considerado como município com médio desenvolvimento.

Para o cálculo do Índice de Vulnerabilidade, foram definidas seis variáveis baseadas no Censo de 2010. Essas variáveis foram escolhidas por representarem três esferas principais, que compõe a vulnerabilidade social: demografia, educação e economia. As Figuras 33 e 34 apresentam a distribuição espacial dos parâmetros analisados para cada setor: densidade demográfica, população total, média de morador por residência, população dependente, população de baixa renda (até um salário mínimo) e taxa de analfabetismo.

Na Figura 33a, referente ao parâmetro populacional, nota-se que não há uma tendência na distribuição da população nos setores, porém na figura 33b verifica-se a concentração dos setores com maior densidade demográfica em Porto Alegre, no bairro Rubem Berta, mesmo que no total da área da bacia a mesma seja, em sua maioria, baixa, com uma média de 1.114 hab/km².

O município de Viamão possui oito bairros inseridos na BHAF, os que apontam o maior número de setores censitários são: Cecília com 19, Santa Cecília com 23 e Viamópolis com 32 setores, bairros centrais e localizados ao longo de vias importantes. Já em Alvorada, que abrange sete bairros a área de estudo, dentre os que contêm o maior número de setores censitários estão os bairros Jardim Algarve com 37 e Aparecida com 33 setores. De forma geral, são os bairros que apresentam contingente populacional elevado.

Os setores mais populosos da bacia encontram-se nos bairros de Viamópolis, Rubem Berta e Mário Quintana, localizados nos municípios de Viamão e Porto Alegre respectivamente, com população que varia de cerca de 1500 a 2000 habitantes. Demais setores com elevado número populacionais, entre 1000 a 1500

habitantes, estão localizados nos bairros: Aparecida, Jardim Algarve e Passo do Feijó em Alvorada; Rubem Berta, na região conhecida como Jardim Leopoldina, e Mario Quintana, ambos em Porto Alegre; e em Viamão, os bairros Santa Cecília, Cecília, Jari, Vila Augusta, Viamópolis e São Lucas. Porém, o índice que se sobressai é o de população de 500 a 1000 habitantes por setor, em todos os municípios.

Esses setores com população mais elevada apresentam características predominantemente residencial e mista. Os setores que apontaram índices baixos geralmente estão localizados em regiões onde as construções já possuem alguns obstáculos, como em encostas elevadas e áreas de vegetação abundante. Considerando que áreas com serviços deficientes, elevada urbanização e com ocupação irregular em encostas ou áreas de várzea somadas a população numerosa, influenciam negativamente no grau de vulnerabilidade da população exposta.

Na Figura 33c, referente à Média de Moradores por residência, os setores que apontaram média alta a muito alta, de 3 a 4 moradores por residência, situam-se localizados em áreas residenciais dos municípios, agrupados nos bairros: Rubem Berta, Mario Quintana (Porto Alegre); Aparecida e Jardim Algarve (Alvorada); e nos bairros Santa Izabel e Santa Cecília (Viamão). No entanto, em geral os setores apresentaram distribuição mais ampla e homogênea de aproximadamente 2 a 3 habitantes por moradia.

Ao analisar a variável dependência (Figura 33d) da população abaixo de 12 e acima de 65 anos, verifica-se uma espacialização heterogênea coincidindo com o apresentado nos mapas de média de moradores por residência e de população baixa renda. Estão localizados principalmente a norte e leste da bacia, em Alvorada; em zonas centrais do município de Viamão e nos setores mais populosos de Porto Alegre, como na localidade Jardim Leopoldina e bairro Mario Quintana. O CEPED/UFRGS (2016) salienta que uma maior população de idosos e crianças exposta aos eventos adversos apresentam maior vulnerabilidade, pois possuem menor autonomia para se locomover e ficam um período maior na residência. Aponta ainda que o Brasil já possui diretrizes que protegem essas populações mais dependentes, o Protocolo Nacional Conjunto para Proteção Integral a Crianças e Adolescentes, Pessoas Idosas e Pessoas com Deficiência em Situação de Riscos e Desastres.

Conforme o parâmetro de porcentagem de população com baixa renda (Figura 34a) destacam-se poucos setores com índice entre 16,55% a 21,85%, considerado muito alto. Tais setores estão localizados nos bairros: Rubem Berta e Mario Quintana, em Porto Alegre; Vila Augusta, Jardim Itapema, Viamópolis, Santa Cecília e Jari na cidade de Viamão; e em Alvorada o bairro Umbu. De maneira geral, nos municípios de Porto Alegre e Alvorada, a maioria dos setores encontra-se na faixa considerada alta, com 11,24% a 16,54% de população considerada de baixa renda.

Em Viamão, a maioria dos setores encontra-se na faixa de 5,92% a 11,23% de habitantes, com renda abaixo de um salário mínimo. Por fim, identifica-se que os setores que abrangem o menor índice (isto é 6% a 5,91%), há uma predominância de condomínios fechados, conseqüentemente com uma população com melhor poder aquisitivo, por exemplo, o Condomínio Cantegril, em Viamão, e os Condomínios Terra Nova e Moradas Club, no limite dos três municípios. A discrepância poderia ser ainda maior, caso fosse analisada outras faixas de valores de renda acima de um salário mínimo.

A variável renda (Figura 34a) apresenta relevância no levantamento das vulnerabilidades sociais, pois, de acordo com esse dado, é possível verificar que a população de menor poder aquisitivo possui menores opções de escolha de locais mais adequados a moradias. A população mais abastada apresenta possibilidades de enfrentamento e proteção, como também uma maior capacidade de recuperação frente aos efeitos danosos. Já uma população com escolaridade maior reflete na capacidade de melhor entendimento relacionada aos processos ameaçadores e de formas de organização em situação de risco (CEPED/UFRGS, 2016).

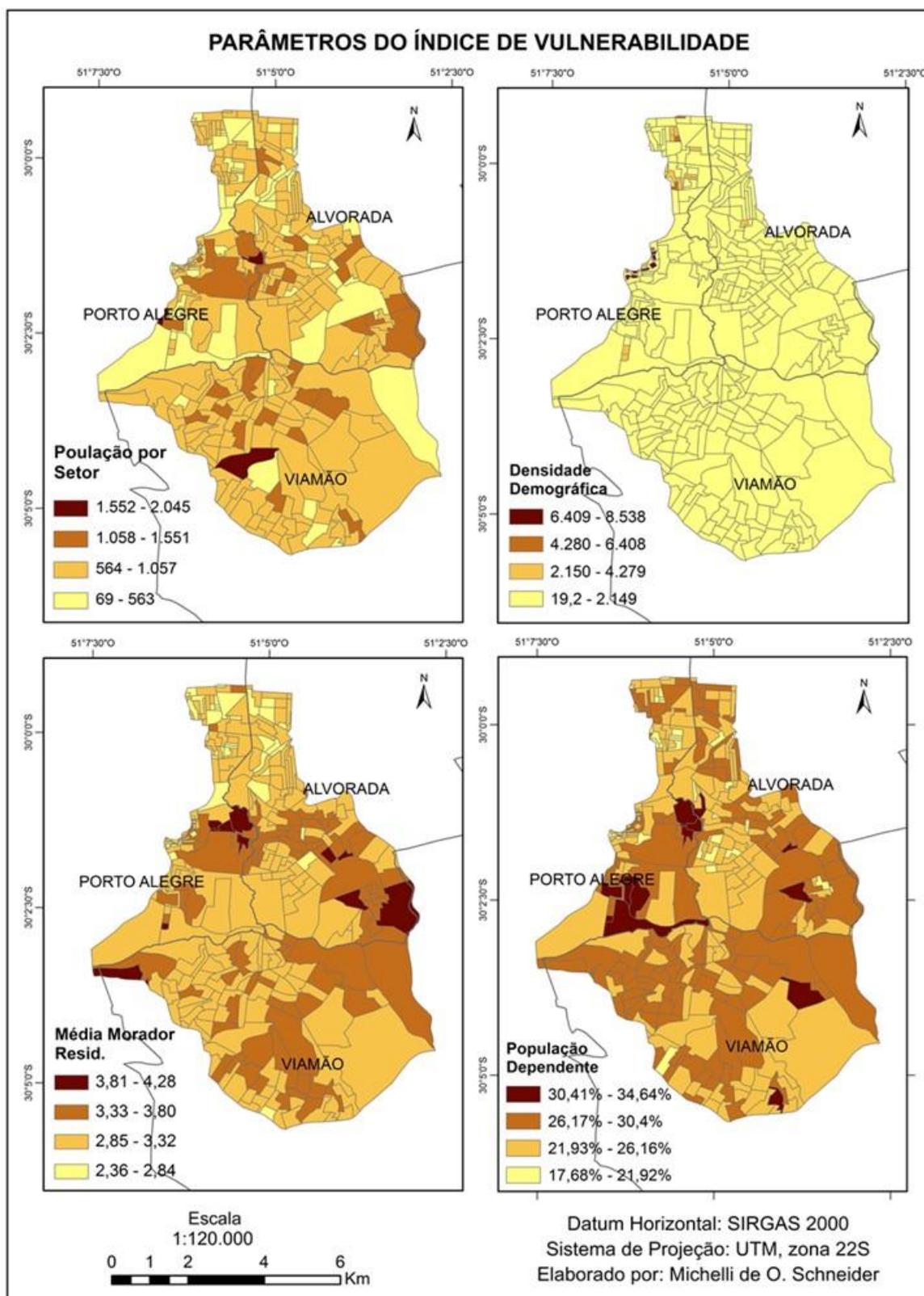


Figura 33. Mapa dos. Parâmetros do Índice de Vulnerabilidade: a) População total do setor; b) Densidade demográfica; c) Média de moradores por residência; d) População inativa (< 12 e > 65 anos), segundo dados do IBGE (2010).

Observando a espacialização da taxa de analfabetismo (Figura 34b), em geral grande parte dos setores censitários, encontra-se entre os índices 0% a 1,99% e 2% a 3,98% de população não alfabetizada, considerados de baixa a média taxa. Dentre os setores que apontam alta taxa de analfabetismo da população (índice de 3,99% a 5,97%), os mesmos encontram-se distribuídos em quantidades semelhantes nos três municípios. Os setores que indicam muito alta taxa de analfabetismo (índice de 5,98% a 7,96% da população) aparecem apenas no município de Porto Alegre, nos bairros Rubem Berta e Mario Quintana.

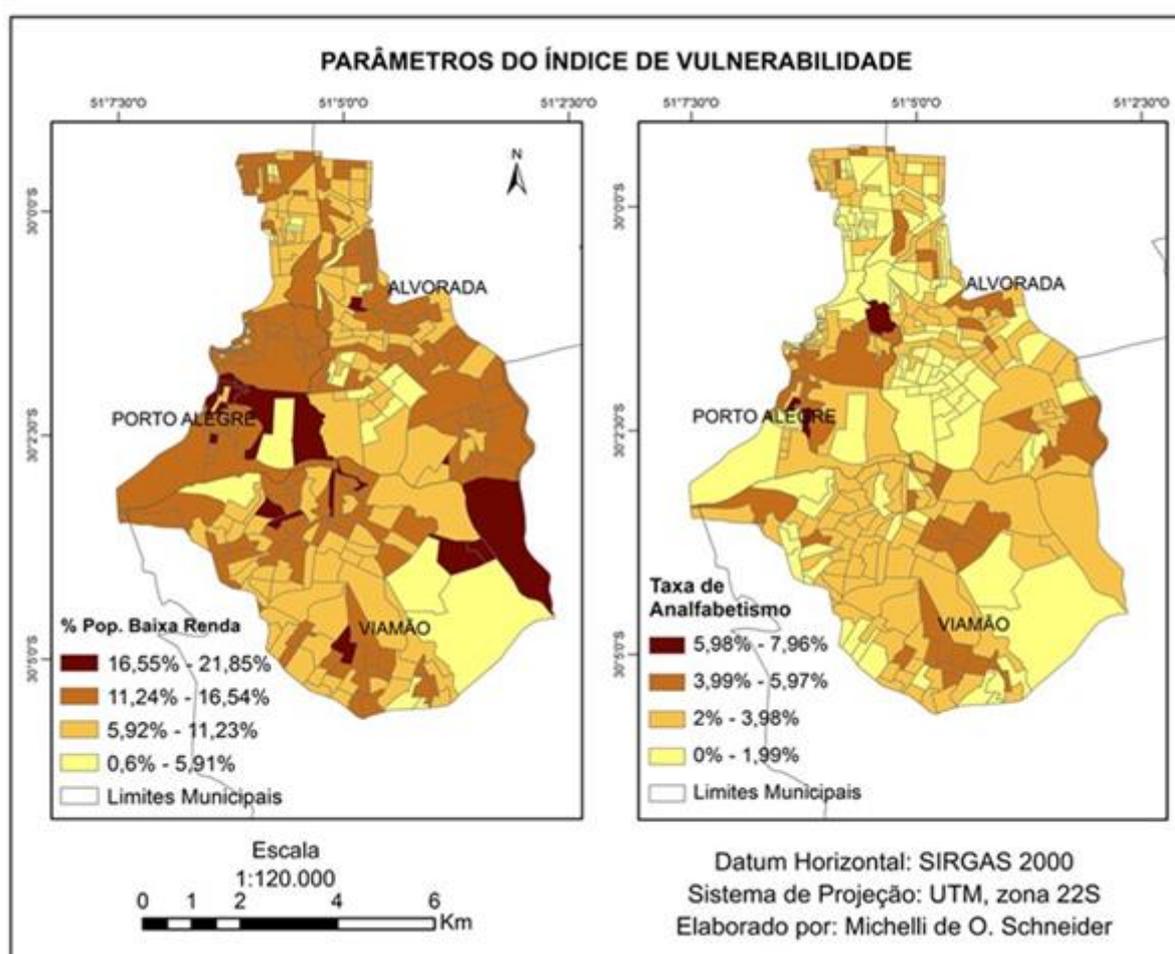


Figura 34. Parâmetros do Índice de Vulnerabilidade: a) % da população com baixa renda e b) Taxa de analfabetismo, segundo IBGE (2010).

Por fim, diante da espacialização das variáveis, notam-se algumas correlações entre setores e regiões que se repetem, apresentando taxas altas a muito altas em quase todos os parâmetros. Em Porto Alegre, no limite entre os bairros Mário Quintana e Rubem Berta, aparecem setores com alto a muito alto

índice de população por setor, moradores por residência, população dependente, população com baixa renda e analfabetos.

Em Alvorada, os setores com índices altos repetem-se, tanto na região mais a leste da bacia, bairro Aparecida; como em alguns setores mais ao norte, regiões do leito médio e inferior, nos bairros Americana, Passo do Feijó e Jardim Algarve. Já em Viamão, os setores que se destacam por apresentarem altas taxas nos parâmetros de média de moradores por moradia, população dependente, de baixa renda e com alta taxa de analfabetismo, localizam-se nos bairros Augusta (Vila Augusta), Viamópolis, Jari e Santa Cecília.

Com isso, baseado nos parâmetros apresentados acima, obteve-se o Índice de Vulnerabilidade (IV), a partir do qual foi elaborado o Mapa de Vulnerabilidade de todos os setores censitários da BHAF (Figura 36).

Os setores foram graduados de acordo com o IV, categorizados em Muito Alta (5,22 a 6,77), Alta (3,66 a 5,21), Média (2,10 a 3,65) e Baixa (0,53 a 2,09) vulnerabilidades. Os municípios apresentaram em geral Índice de Vulnerabilidade médio, na faixa de 2,10 a 3,66.

Contudo, analisados separadamente, Porto Alegre, Viamão e Alvorada indicaram algumas diferenças. O IV de Porto Alegre ficou na faixa de Baixa (44%) a Média (50%) vulnerabilidade. Alvorada apresentou distribuição heterogênea, porém predominaram os índices de vulnerabilidade Baixa (36%), Média (27%) e Alta (30%). O município de Viamão foi o município que apresentou taxas mais elevadas, onde cerca de 90% dos setores indicaram vulnerabilidade Média a Alta, predominando, no entanto, Média (61%) vulnerabilidade.

Os treze setores que apresentaram valores de alta a muito alta vulnerabilidade ficaram entre aqueles que indicam setores com características de baixo desenvolvimento social. Porto Alegre destaca-se por apresentar apenas um setor censitário com muito alta vulnerabilidade, localizado no bairro Rubem Berta, a margem do arroio Feijó.

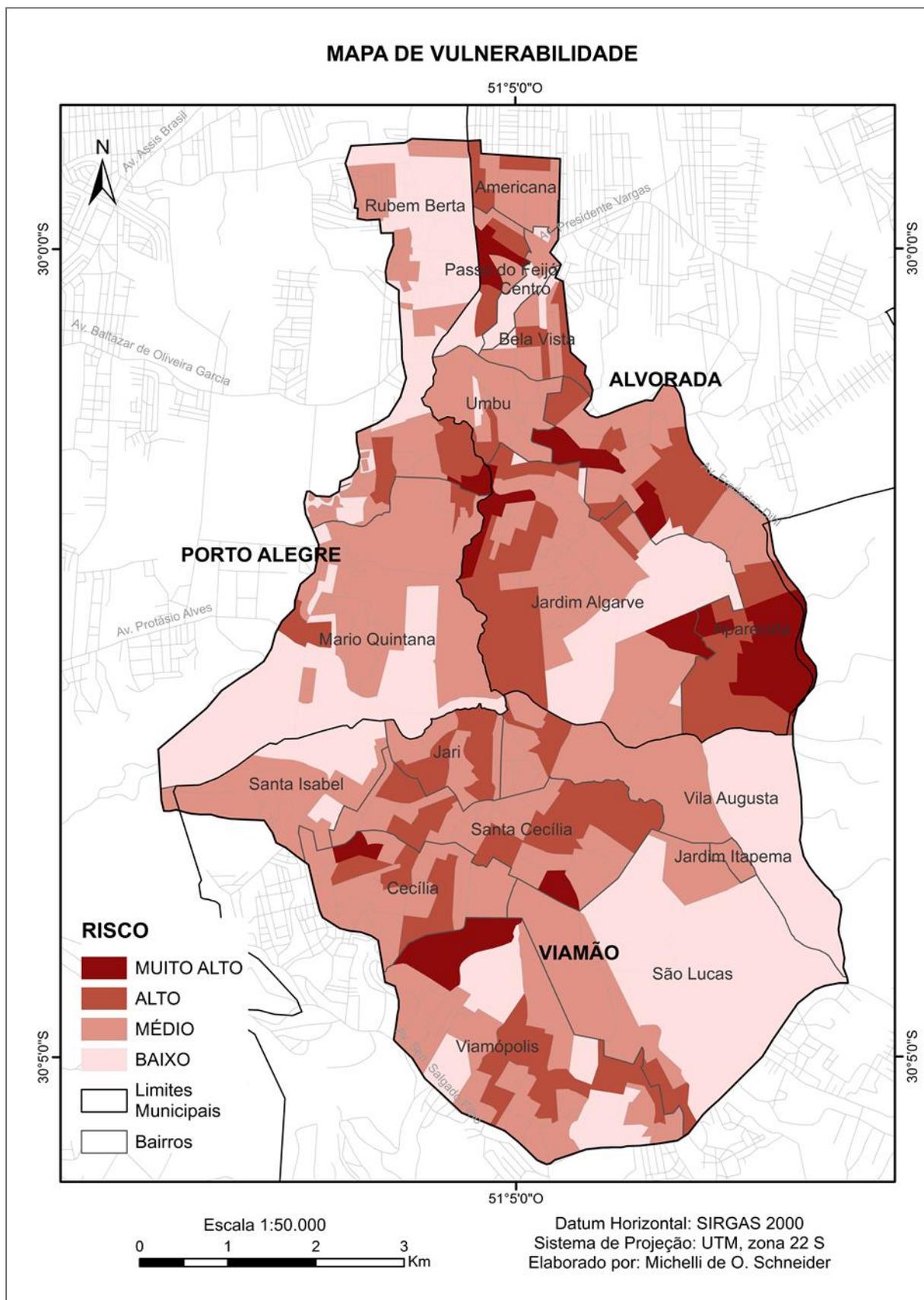


Figura 35. Mapa do Índice de Vulnerabilidade da BHAf

Fonte: IBGE (2010).

A cidade de Viamão, apesar de apresentar, em média, vulnerabilidade mais elevada, comparada aos demais municípios, não foi a que apontou mais setores nessa faixa, com apenas três setores com índices elevados, localizados nos bairros Cecília, Viamópolis e Santa Cecília. Esses setores encontram-se estabelecidos em áreas mais declivosas, apresentando locais com pouca infraestrutura urbana como calçamento e vias asfaltadas.

O maior número de setores censitários que apresentaram muito alta vulnerabilidade ocorreu em Alvorada, apontando nove setores. Os bairros que indicaram os parâmetros mais elevados foram Aparecida, Umbu, Jardim Algarve e Passo do Feijó, estes últimos podendo também apresentaram maior suscetibilidade à inundação por localizarem-se às margens do arroio.

Alguns desses locais visitados em campo confirmam os resultados apontados, apresentando uma população carente com deficiências no atendimento de infraestrutura urbana como ruas asfaltadas e saneamento básico apropriado. Muitas vezes são locais inadequados a moradia, de ocupação irregular e/ou afastados dos centros econômicos dos municípios e de melhores acessos aos serviços públicos.

Os municípios de Alvorada e Viamão foram os que apontaram mais setores com índice de vulnerabilidade alta a muito alta, comparados a Porto Alegre, que apontou quatro setores com alta vulnerabilidade e apenas um setor com muito alta vulnerabilidade. Entretanto em Viamão percebe-se o predomínio de setores com média a alta vulnerabilidade, e em Porto Alegre de baixa a média vulnerabilidade frente às questões socioeconômicas.

Os dados encontrados estão em conformidade com o indicado através do IDH de cada município. O município de Alvorada com índice de 0,699 é considerado município com médio desenvolvimento social, e Viamão com índice de 0,717, juntamente com a capital Porto Alegre (IDHM de 0,805), figuram entre os municípios brasileiros apontados com alto desenvolvimento social.

O Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) avalia o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) dos municípios com o intuito de mensurar o desenvolvimento social de uma população. Esse índice destaca o PNUD e não se resume em analisar apenas fatores econômicos, pois é uma medida que envolve três dimensões básicas do desenvolvimento humano: renda, educação e saúde.

Dessa mesma forma, o CEPED/UFRGS (2016) destaca que avaliar apenas dados econômicos de uma população não indicam baixa vulnerabilidade a inundação em si. Essas informações devem ser avaliadas em conjunto com dados sociais da população e características físicas das moradias, bem como verificar se essa população está localizada em áreas que apontam perigo a ocorrência de inundação. Desta forma, esses resultados passariam a ser classificados de acordo com a vulnerabilidade de inundação.

Logo, do mesmo modo, ao relacionar os dados de vulnerabilidade, avaliados conforme com a metodologia estudada, a mancha de perigo de inundação, com tempo de retorno de 100 anos, obteve-se um mapa com a classificação da vulnerabilidade à inundação da BHAF (Figura 36).

O mapa apresentou cinco setores com muito alta vulnerabilidade à inundação, localizados nos bairros Passo do Feijó, Jardim Algarve e Americana, em Alvorada; bairro Rubem Berta, em Porto Alegre; e um setor na Vila Augusta em Viamão. Esses setores apresentam índices altos para os parâmetros de baixa renda, número de moradores por residência, escolaridade e população abaixo de 12 anos e acima de 65 anos elevados, o que influenciou no índice de vulnerabilidade elevado. Outro fator importante com relação a vulnerabilidade a inundação está na proximidade ao curso d'água dessas áreas, pois tais setores estão as margens do arroio Feijó inseridos na área com possibilidade de ser inundada.

Como já levantado, a população que ocupa essas áreas está sujeita a danos a sua integridade física e a perdas materiais compondo os elementos com maior grau de vulnerabilidade (BRASIL, 2004). Em casos de inundação, de acordo com o que foi apontado pelo CEPED/UFRGS (2016), a posição geográfica é fundamental para determinar o nível de exposição a um evento adverso, pois terrenos ribeirinhos a cursos d'água, ocupados por moradias precárias sujeitas ao impacto direto desses processos e situados nesses locais são caracterizados como áreas com probabilidade de risco de inundação.

Indicando alta vulnerabilidade a inundação aparecem dez setores dos bairros Rubem Berta e Mario Quintana, de Porto Alegre; Umbu, Americana e Jardim Algarve, de Alvorada; e Jari no município de Viamão. Tais locais apresentaram, em geral, índices elevados para os dados demográficos (população total e média de moradores por residência), de renda e população considerada dependente (crianças

e idosos). Apenas as variáveis de densidade demográfica e taxa de analfabetismo predominaram os índices baixos a médios para os setores vulneráveis a inundação.

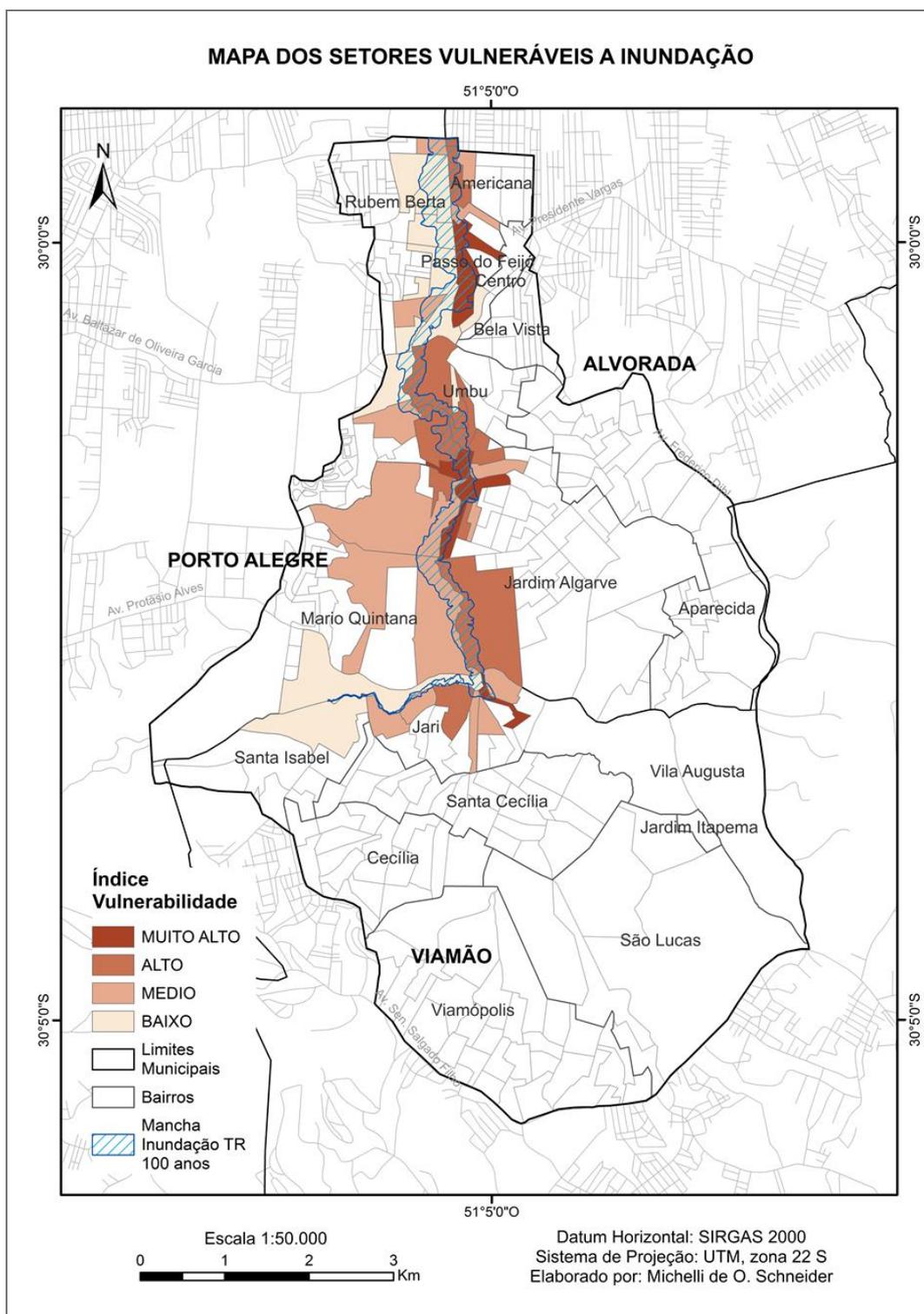


Figura 36: Mapa do índice de vulnerabilidade dos setores censitários atingidos pela mancha inundação de TR 100 anos na BIAF

Fonte: IBGE (2010); METROPLAN (2016)

Os setores com vulnerabilidade média (33%) estão localizados nos bairros Jari e Vila Augusta, em Viamão; Jardim Algarve, Americana e Passo do Feijó, em Alvorada e em alguns setores dos bairros localizados em Porto Alegre. Com Baixa Vulnerabilidade aparecem 30% dos setores, localizados nos bairros de Porto Alegre (Rubem Berta e Mario Quintana), de Alvorada (Passo do Feijó e Umbu) e de Viamão (Santa Isabel).

Em vista dos dados resultantes, 35% dos setores com possibilidade de inundação são considerados de alta a muito alta vulnerabilidade, correlacionados principalmente a fatores importantes como população numerosa, elevado número de famílias com baixa renda e de população com menor autonomia, apontando elevado número de crianças e idosos residentes nessas áreas.

Pode-se ressaltar também que embora a metodologia utilizada não relacione as variáveis físicas e as questões funcionais na avaliação do índice de vulnerabilidade, conforme indicam outras metodologias mais abrangentes (CASTRO, 2009; IPT, 2007; CEPED/UFSC, 2012; CEPED/UFRGS; 2016), a mesma pode ser considerada válida para estudos, em geral, de vulnerabilidade social e/ou análise qualitativa referente às vulnerabilidades associadas às inundações. Isso porque, a espacialização das áreas discriminadas de acordo com a metodologia do Índice de Vulnerabilidade, classificados de baixo a muito alto, através da relação de parâmetros demográficos, de educação, renda, e indicadores de desenvolvimento social, apontou não somente o grau de exposição e vulnerabilidade social da população da BHAF aos desastres, mas sobretudo, o nível de qualidade de vida da população inserida na mesma.

Conclui-se desse modo, que os 35% da população dos setores, localizados em áreas perigosas da BHAF, apresentam uma menor capacidade de resposta, preparação e recuperação diante de eventos adversos. Dessa maneira, por meio deste mapeamento, pode-se verificar setores prioritários que necessitam maior atenção do poder público nesses casos. Indica-se assim, a necessidade de implementação de políticas sociais, investimentos em tecnologia, em infraestrutura, ações de planejamento e educação ambiental a fim de prever, prevenir e mitigar os efeitos danosos a população vulnerável.

5.4 Análise do Risco

Ao confrontar os dados de risco, perigo e índice de vulnerabilidade obtidos para os setores censitários com ameaça de inundação, obteve-se a correlação entre eles.

Dessa maneira, o mais determinante para a composição do Risco se dá pelo limite da mancha do perigo às inundações. Isto indica que, em eventos de inundações, as características físicas da drenagem e da bacia hidrográfica possuem importância mais significativa na construção do risco do que a vulnerabilidade, ou seja, do que as condições socioeconômicas. Com isso, verifica-se que um setor censitário ou qualquer outra unidade de análise pode obter alto índice de vulnerabilidade, porém na hipótese de apresentar baixo grau de perigo, logo, o risco não será elevado, pois não está localizado na área suscetível a inundação.

Para os dados do perigo de inundação, é importante observar que se utilizou a mancha de inundação de recorrência de 100 anos, ou seja, de tempo de retorno com probabilidade de ocorrência de 1%, a fim de determinar os setores inundados, superestimando, dessa forma, o risco. Verificando por esse ponto, algumas áreas apontadas como de risco elevado poderiam ser de baixo a médio risco, porém, mediante isso, pode-se obter uma prevenção mais ampla e efetiva, pois incorpora mais setores em risco.

A partir da associação dos mapas dos setores censitários em perigo de inundação com o do índice de vulnerabilidade foram determinados e mapeados os setores em risco a ocorrência de desastres.

Com essas informações gerou-se o Quadro 11 e a Figura 37 que indicam a classificação e a espacialização das áreas de risco à inundação na bacia hidrográfica do arroio Feijó, utilizando como unidade de análise os setores censitários. Tais setores foram divididos em quatro classes: Baixo (0 a 1,08), Médio (1,09 a 2,17), Alto (2,18 a 3,26) e Muito Alto (3,27 a 4,35) risco.

Quadro 11. Setores censitários com risco à inundação de acordo com sua classificação, conforme metodologia aplicada nesta dissertação.

Código do setor	Município	Bairro	Risco
432300235000112	Viamão	Santa Isabel	0,01
432300235000114	Viamão	Vila Augusta	0,03
432300235000033	Viamão	Jari	0,06
430060405050012	Alvorada	Jardim Algarve	0,09
430060405020023	Alvorada	Americana	0,14
430060405050004	Alvorada	Jardim Algarve	0,14
431490205000378	Porto Alegre	Mario Quintana	0,15
432300235000037	Viamão	Jari	0,16
430060405040002	Alvorada	Umbu	0,18
431490205001964	Porto Alegre	Rubem Berta	0,20
431490205002018	Porto Alegre	Rubem Berta	0,22
431490205002019	Porto Alegre	Rubem Berta	0,29
432300235000039	Viamão	Jari	0,32
432300235000043	Viamão	Vila Augusta	0,33
432300235000034	Viamão	Jari	0,34
430060405050013	Alvorada	Jardim Algarve	0,37
431490205002045	Porto Alegre	Rubem Berta	0,48
430060405020024	Alvorada	Americana	0,48
431490205002052	Porto Alegre	Mario Quintana	0,63
430060405020016	Alvorada	Passo do Feijó	0,70
431490205001965	Porto Alegre	Rubem Berta	0,72
431490205002072	Porto Alegre	Mario Quintana	0,74
431490205001967	Porto Alegre	Rubem Berta	0,89
431490205001984	Porto Alegre	Rubem Berta	0,94
430060405050037	Alvorada	Jardim Algarve	0,94
430060405020009	Alvorada	Passo do Feijó	1,13
431490205001966	Porto Alegre	Rubem Berta	1,13
431490205002017	Porto Alegre	Rubem Berta	1,18
431490205002433	Porto Alegre	Rubem Berta	1,83
430060405040003	Alvorada	Umbu	2,06
432300235000042	Viamão	Vila Augusta	2,07
430060405040001	Alvorada	Umbu	2,16
431490205002339	Porto Alegre	Rubem Berta	2,17
430060405020022	Alvorada	Americana	2,20
430060405020014	Alvorada	Passo do Feijó	2,44
431490205002338	Porto Alegre	Rubem Berta	2,98
430060405050003	Alvorada	Jardim Algarve	3,10
430060405020010	Alvorada	Passo do Feijó	3,63
430060405020011	Alvorada	Passo do Feijó	4,35

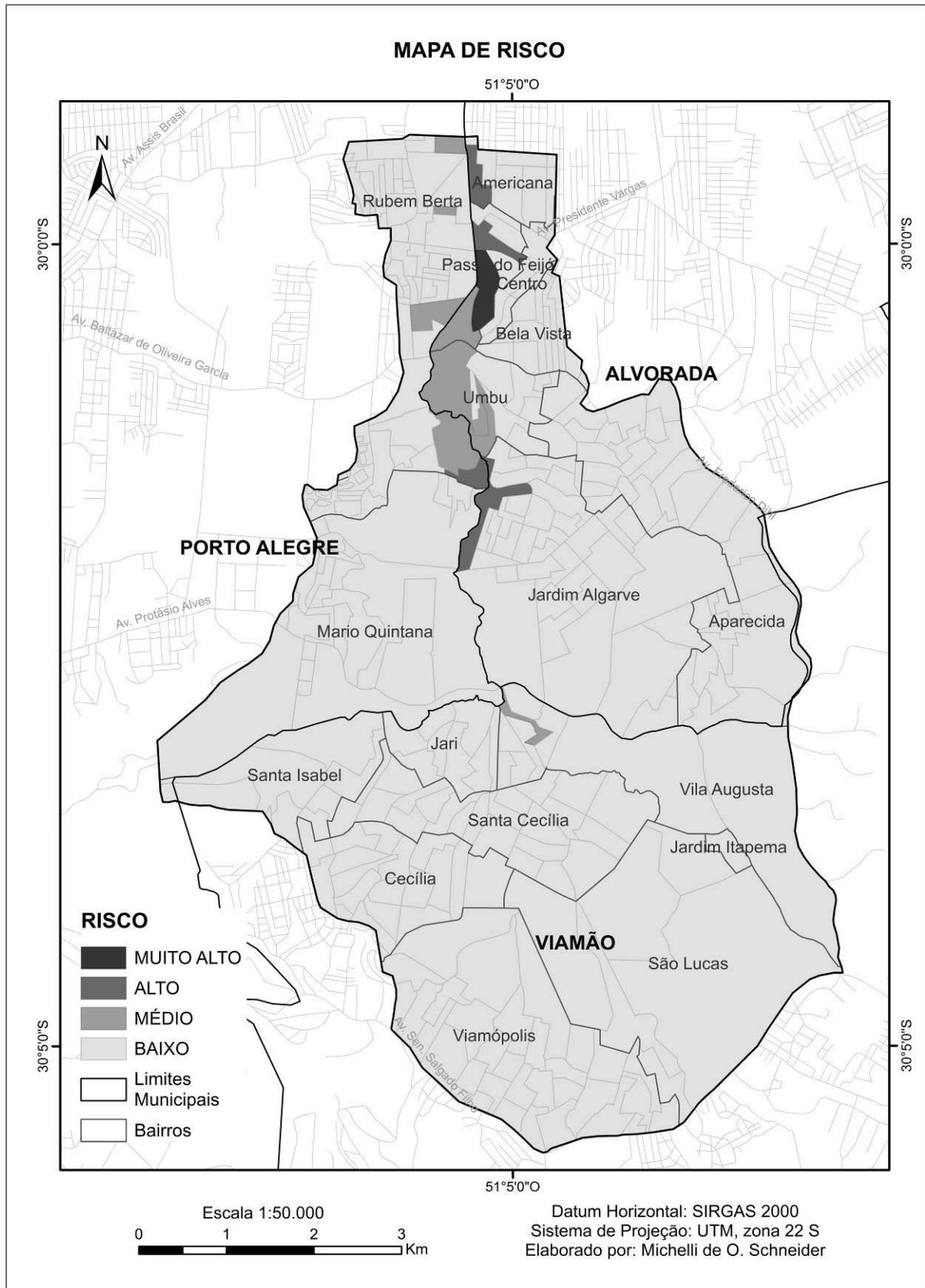


Figura 37. Mapa de Risco a inundação da bacia hidrográfica do arroio Feijó

As áreas com baixo risco de inundação ocorrem de forma expressiva em todos os bairros e municípios, indicando 96% do total dos setores. Esses locais não apresentaram eventos de inundação nos últimos 35 anos, correspondendo a áreas de cotas mais elevadas, acima de 20 metros de altitude, relevos planos, suavemente ondulados a relevos mais acidentados, com a presença de Planossolos e Gleissolos, nas áreas mais planas; Argissolos, nas regiões planas e de colinas; e Associação de Argissolos com Neossolos e Cambissolos, nas áreas mais elevadas. Apresentam usos do solo variados, industrial, comercial, institucional, residencial de alto, médio e baixo padrão urbano. Essas áreas ocorrem predominantemente na porção sul da bacia, no município de Viamão conforme ilustra a Figura 38.



Figura 38. Características do uso do solo e formas de relevo na porção sul da bacia, no município de Viamão. Foto: Michelli de O. Schneider, agosto/2016.

As áreas com médio risco de inundação encontram-se na porção norte da bacia, nos cursos médio a inferior do arroio. As mesmas ocorrem em oito setores censitários: quatro em Porto Alegre, três em Alvorada e um no município de Viamão, que apresenta apenas um setor com médio risco de inundação, na Vila Augusta.

A Vila Augusta apresenta histórico de inundações frequentes, embora esteja distante das áreas comumente afetadas, próximas à foz do arroio Feijó, e está inserida numa área de confluência da rede de drenagem de dois afluentes (arroio Santa Cecília e arroio Dorneles) do arroio Feijó. Situada em zona de ligação de dois padrões de relevo identificados na área da bacia, com cotas entre 20 a 40 metros de altitude, dentre os quais estão os padrões em forma de colinas associados às

declividades acima de 10% e padrões em forma de planícies fluviais que apresentam solos de baixa permeabilidade.

O mapeamento de risco a inundações realizado na Vila Augusta pela METROPLAN (2002), apresenta áreas sujeitas à ocorrência de inundações com períodos de retorno de 5, 20 e 100 anos. A área possui características essencialmente urbanas, de residências com padrões construtivos de baixo a médio, comércio local, algumas instituições de ensino e uma Unidade Básica de Saúde. Setor com médio índice de vulnerabilidade que aponta uma população elevada e de baixa renda, moradias que chegam até as margens do arroio, sem infraestrutura de esgotamento adequado. Esses dejetos são despejados diretamente ao curso d'água, sem nenhum tratamento prévio, afetando a qualidade das águas ao longo do arroio, sujeitando os moradores, em períodos de inundações, contato direto com as águas contaminadas, comprometendo a qualidade da saúde pública dos habitantes dessa região.

As seguintes Figuras. 39a, 39b e 39c, retratam as condições do local e da residência da moradora na Vila Augusta.



Figura 39. a) Ponte sobre o arroio Feijó na Vila Augusta; b e c) Situação e condições da residência da moradora M.A.S. do bairro. Fotos: Michelli de O. Schneider, agosto/2016

A moradora Sra. M.A.S., residente no bairro há cerca de 40 anos, relatou que as inundações são frequentes na Av. Osvaldo Godoi Gomes, setor onde reside. Segundo ela há cerca de 20 anos foi necessário realizar uma obra para “subir” sua casa em aproximadamente um metro e meio do chão. Posteriormente, seu filho construiu, ao lado, uma também já elevada, cerca de um metro e meio do chão.

Mesmo assim, a Sra. M.A.S. relatou que no último ano a água chegou próximo à sua escada da entrada.

Acrescentou ainda, a moradora, que a Prefeitura esteve na área recentemente e dragou o arroio para retirada de lixo e sedimentos. Também lhe informaram que irão melhorar a região construindo outra ponte de acesso à Av. Theodoro Luis de Castro, melhorando a infraestrutura de região. Porém a moradora demonstrou estar preocupada, pois teme ser removida do local para as obras. Acredita-se que o motivo, para essas obras, seja a contrapartida para melhorias de loteamentos na parte mais elevada do bairro que já conta com condomínios de prédios em fase de finalização do programa do Governo Federal Minha Casa Minha Vida (Figuras 40a e 40b).



Figura 40. Situação do arroio Feijó na Vila Augusta, em Viamão, RS. (a;b)

Fotos: Michelli de O. Schneider, agosto/2016.

Em Porto Alegre e Alvorada, os setores que apontam risco médio a inundações se localizam as margens do curso d'água, curso médio a inferior do arroio, limite entre os dois municípios. São áreas planas, na qual as altitudes ficam abaixo da cota de 20 metros, com declividades inferiores a 2% a declividades de 10%, ocorrência de padrões de relevo em forma de planície fluviais. Os solos nessas áreas são mal drenados a bem drenados, predominando os Planossolos e Gleissolos, que favorecem o acúmulo de sedimentos e água, e em menor parcela os Argissolos, que são solos bem drenados, possuindo moderada suscetibilidade à erosão laminar como também apresentam horizonte superficial arenoso, contribui para o assoreamento do corpo d'água. Essa região é de uso do solo essencialmente

urbano, de baixos a médios padrões construtivos e alguns remanescentes de vegetação arbórea e rasteira.

Na Rua Treze de Setembro, em Alvorada, próxima ao nº 662, local de ligação entre Porto Alegre e Alvorada através de uma passagem de pedestres, o morador Sr. W. comentou que naquele ponto, há cerca de 20 anos, o arroio transbordou apenas uma vez invadindo um pouco as casas vizinhas. Contudo, ele relata que todo ano, em épocas de chuvas mais frequentes, o arroio chega até o limite do seu leito. Nesse trecho, verifica-se que a população tem o costume de despejar seus resíduos e há ligação com a drenagem urbana, na qual os efluentes domésticos e de águas pluviais são despejados. O leito possui largura aproximada de sete metros, no entanto, apresenta profundidade de cerca de três metros em relação ao nível da rua. Acredita-se que esse aspecto contribui para as águas não extrapolarem a calha com tanta frequência (Figuras 41a e 41b).



(a) (b)
Figura 41. Situação do arroio Feijó e área na Rua Treze de Setembro, em Alvorada, RS (a; b)

Fotos: Michelli de O. Schneider, agosto/2016.

Por situarem-se próximos ao leito do arroio, esses setores apresentaram de médio a alto perigo de inundação, com índices de vulnerabilidade que variam de baixo a alto. O setor no bairro Rubem Berta que apresentou alta vulnerabilidade apontou índice alto para os parâmetros em relação à população total do setor e parte da população com baixa renda; e índice muito alto para as variáveis: média de morador por residência, população dependente e taxa de analfabetismo.

Os setores que obtiveram alto risco de inundação, totalizando quatro setores censitários, encontram-se nos municípios de Alvorada e Porto Alegre. Aqueles localizados em Alvorada apresentam espacialização em zonas diferenciadas, onde dois deles localizam-se no leito inferior, mais à jusante do curso d'água, nos bairros Americana e Passo do Feijó e o outro no curso médio do arroio, no bairro Jardim Algarve.

O uso do solo dessas áreas caracteriza-se por ser essencialmente urbano, de padrões construtivos de baixo a médio e com algum comércio local. As vias na sua maioria são asfaltadas, porém a Avenida Beira Rio, (Figura 42a), localizada às margens do arroio não possui asfaltamento, contribuindo para o assoreamento do mesmo, que ao transcorrer das inundações favorecem o transporte dos sedimentos. Conforme demonstra a Figura 42b, há um importante acesso a zona Norte de Porto Alegre, com uma ponte entre a Av. Beira Rio, em Alvorada e o Beco do Paulino, em Porto Alegre, no qual o movimento de automóveis, caminhões e ônibus é elevado.



(a) Avenida Beira Rio em Alvorada, RS e (b) Ligação entre as cidades de Alvorada e Porto Alegre pela ponte no Beco do Paulino. Fotos: Michelli de O. Schneider, agosto/2016.

Esses setores mais próximos à foz do arroio Feijó, distam aproximadamente em 2 km do Rio Gravataí, e possuem relevo plano de padrões de planícies fluviais, com baixas altitudes e declividades, solos impermeabilizados e mal drenados, pois são solos que ficam encharcados de água e dificultam o escoamento. Os bairros Americana e Passo do Feijó, por localizarem-se muito próximos ao arroio, sofrem constantemente com as inundações, conforme relatos dos moradores.

Nessa região a Sra. S., de 42 anos, residente do bairro Americana, desde que nasceu, informou que todo ano ocorrem inundações e o problema só tem piorado sem as soluções prometidas pela prefeitura, informação que confirma o resultado encontrado no inventário das inundações realizado no presente estudo. No ano de 2015, quando a região sofreu com três inundações seguidas, em julho, setembro e outubro, com eventos pluviométricos intensos.

Para os dados pluviométricos levantados, a chuva acumulada mensal dos meses de julho, setembro e outubro foram de 309 mm, 184 mm e 307 mm, respectivamente. Nesses três meses a chuva acumulada mensal foi maior que suas médias para o período de 1980 a 2015, que apontaram 156 mm (julho), 137 mm (setembro) e 144 mm (outubro). O ano de 2015 apontou chuva muito acima da média acumulada para o período analisado (1458 mm), indicando 1820 mm, medida que indicou ser inferior, apenas, à média do ano de 2009, onde assinalou chuva acumulada de 2035 mm. Os anos de 2009 e 2015 foram anos de fenômenos El Niño de intensidade moderada a forte, conforme os dados do NOAA observados.

No mesmo ano as águas do arroio Feijó subiram acima de um metro do limite do seu leito. Algumas residências da Av. Beira Rio ainda apresentam as marcas das últimas inundações descritas por ela, conforme indicado na (Figura 43a e 43b)

Os setores com alto risco estabelecidos no bairro Rubem Berta e Jardim Algarve, que, embora situados em cidades diferentes, são vizinhos, divididos apenas pelo arroio Feijó, ambos possuem características físicas semelhantes, apontando alto perigo de inundação e população com muito alta vulnerabilidade. A vulnerabilidade elevada se deve ao fato de que, de acordo com os dados censitários, esses setores apresentaram altas a muito altas taxas, principalmente nos parâmetros de população total, média de morador por residência, porcentagem de população dependente e com baixa renda. Prevaecem nesses setores, particularidades de uso do solo essencialmente urbano, residências com baixo padrão construtivo, ruas de chão batido sem calçamento, apresentando vegetação arbórea apenas próxima à drenagem.

Na região do curso médio do arroio, onde esses setores encontram-se, as altitudes são inferiores a 20 metros, próximo ao curso d'água, até altitudes de 40 metros. O relevo apresenta características de formas planas, planície fluvial, com solos profundos, imperfeitamente a mal drenados; suavemente ondulados, área de

transição da planície fluvial com as formas de colinas com solos rasos a profundos, bem drenados a imperfeitamente drenados.

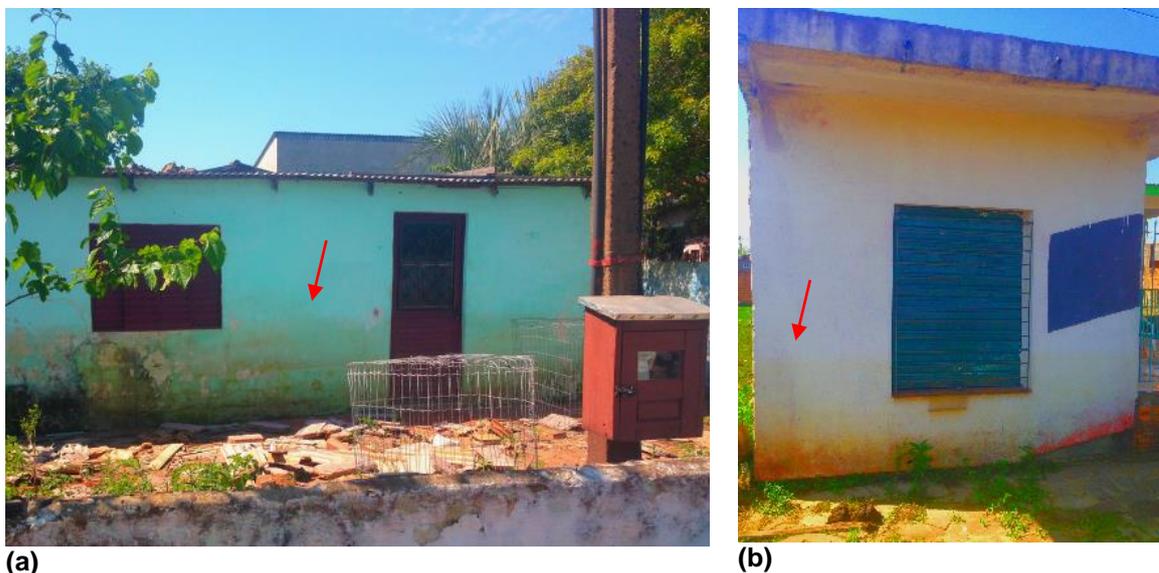


Figura 43. Marcas da inundação do ano de 2015, residências da Av. Beira Rio, Alvorada, RS (a;b).

Fotos: Michelli de O. Schneider, agosto/2016

Duas áreas foram visitadas nesses setores, uma em Porto Alegre, no Bairro Rubem Berta e a outra no bairro Jardim Algarve, em Alvorada. A área localizada em Porto Alegre está no único setor que indicou índice de vulnerabilidade muito alto da população nesse município, com índices de altos a muito altos em quase todos os parâmetros selecionados. A região apresenta alguma infraestrutura urbana no bairro Jardim Algarve, no entanto, mais próximo ao arroio, as localidades demonstram características de assentamento em situação irregular, com rede elétrica ligada de forma clandestina e redes de esgoto improvisadas, correndo a céu aberto, sendo atendida apenas pela rede geral de abastecimento de água, conforme demonstram as Figuras 44a e 44b.



(a)

(b)

Figura 44. Área com características de alta vulnerabilidade no Bairro Rubem Berta, Porto Alegre, RS.(a;b). Fotos: Michelli de O. Schneider, agosto/2016.

O Sr. L., morador do bairro, trabalha em conjunto com seus filhos, tendo como renda a coleta de material reciclável de resíduos domiciliares. Tais resíduos estão dispostos em local inadequado, às margens do arroio. Segundo o morador os resíduos são recolhidos pela prefeitura, porém, não de forma frequente. Esse também é o local em que a população costuma descartar seus resíduos domésticos. Verifica-se que inúmeros moradores possuem a mesma fonte de renda, pela quantidade de materiais recicláveis dispostos nas vias (Figura 45 a e b).



(a)

(b)

Figura 45. a) Local de descarte de resíduos às margens do arroio; b) Material reciclável disposto nas vias, Bairro Rubem Berta, Porto Alegre, RS.

Fotos: Michelli de O. Schneider, agosto/2016

Apesar de indicar alto perigo de inundação no período de retorno analisado, segundo informou o Sr. L., a água não chega a transbordar o canal do arroio,

chegando apenas “na cintura de uma pessoa quando atravessa”, isto é, para uma pessoa de estatura média, cerca de um metro. Essa área, no bairro de Rubem Berta possui uma elevação em relação ao canal fluvial, com cerca de três metros, apresentando depósito de resíduos e locais com erosão nas margens, no qual sedimentos transportados em dias de chuvas intensas se depositam no leito do curso d’água formando bancos de depósitos fluviais. Verificam-se ocupação urbana e acúmulo de resíduos nas margens do arroio, muitas das quais áreas de proteção permanente (APPs), conforme ilustram as Figuras 46a e 46b.

As áreas de transformações antrópicas nos usos do solo reduzem o processo de infiltração das águas pluviais, intensificando assim o escoamento superficial, que geralmente se une às redes de esgoto, escoando direto no canal, podendo contaminar as águas, causar processos erosivos em locais de solo exposto, transportar sedimentos que conseqüentemente se acumulam no leito e assoreiam o arroio.

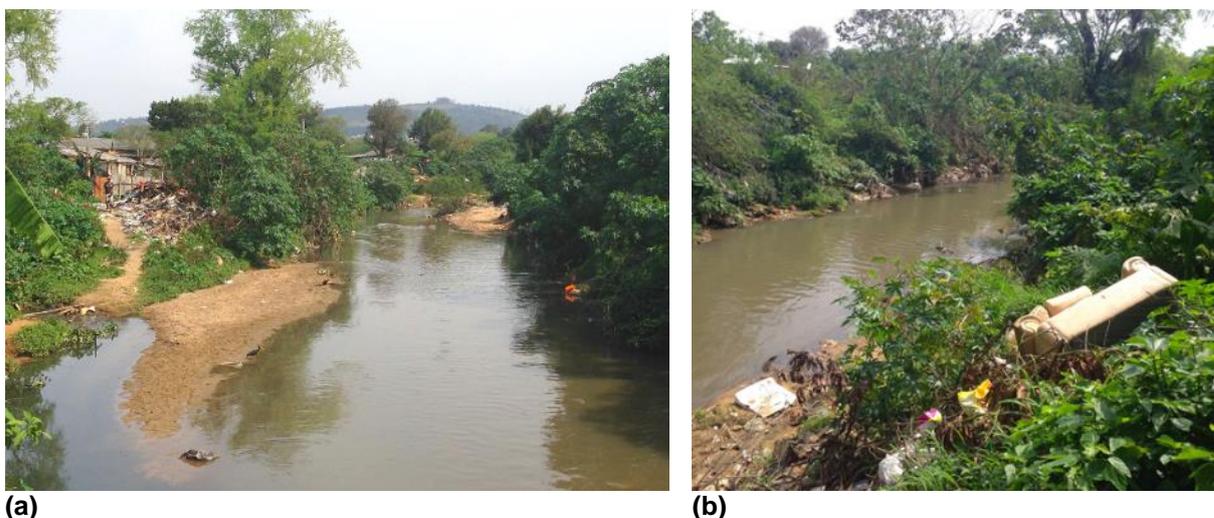


Figura 46. Bancos de depósitos fluviais, ocupação urbana e acúmulo de resíduos em áreas de vertentes e APP no arroio Feijó, bairro Jardim Algarve, em Alvorada, RS (a;b)

Fotos: Michelli de O. Schneider, agosto/2016

Por fim, aqueles setores que apontaram muito alto risco de inundação estão no trecho da bacia, curso inferior do arroio, onde o canal principal foi retificado. Os dois setores fazem parte do bairro Passo do Feijó, localizados à beira do arroio. Nessa região o relevo é plano em forma de planície fluvial e transição para formas suavemente onduladas de colinas, possui altitudes inferiores a 20 metros e declividades menores que 2%. Os solos aparecem em associação dos Planossolos

e dos Gleissolos com Argissolos, os quais são solos profundos imperfeitamente drenados a mal drenados. Estas são características físicas que favorecem o acúmulo de água, necessitando ações de drenagem e de proteção contra inundações.

Os dois setores com muito alto risco de inundação, não apontam apenas altos índices de perigo a inundação, mas também os parâmetros de vulnerabilidade analisados elevados. Conforme a metodologia utilizada, os índices apresentaram taxas elevadas para os parâmetros: de baixa escolaridade com 4 a 5% da população considerada analfabeta; de dependência da população, indicando que 26% a 30% dos moradores são crianças e idosos; media de moradores por residência de cerca de 3 a 4 indivíduos; e de 11% a 16% da população com baixa. Em campo pode-se verificar que é uma região com baixo padrão construtivo, residências localizadas em áreas irregulares, muito próximas ao arroio, sem atendimento de infraestrutura urbana adequada (vias asfaltadas, limpeza urbana e esgotamento sanitário) confirmando os dados apontados pelo índice de vulnerabilidade.

Esses locais sofrem com inundações frequentes e com as retificações dos cursos d'água realizadas pela prefeitura, apesar de amenizarem os problemas locais de forma breve, podem promover no futuro um aumento da velocidade da água e intensificam processos erosivos, favorecendo assim o transporte de sedimentos e assoreamento dos canais. O leito nessa zona possui uma largura de aproximadamente 15 metros e pouca profundidade. Verifica-se na área, em vista disso, bancos de sedimento carregados das margens e transportados pelas águas, material que se acumula em períodos de estiagem. O acúmulo de entulhos e resíduos de todo tipo no leito do arroio e nas proximidades agravam o problema das inundações, sobretudo porque ficam presos à vegetação e nas vigas das pontes, obstruindo a drenagem e acumulando nas águas do Feijó. Figuras 47 (a,b,c,d).

Segundo os moradores locais, a Prefeitura de Alvorada costuma dragar as águas e fazer a retirada dos entulhos de dentro do arroio e das suas imediações, contudo, desde as inundações de 2015 até o momento da visita em agosto de 2016, a dragagem do arroio ocorreu apenas uma vez.



Figura 47 (a,b,c,d). Resíduos e materiais depositados às margens e no curso d'água

Fotos: Michelli de O. Schneider, agosto/2016

Na audiência pública, realizada em 8 de junho de 2016, foi apresentado o estudo referente as obras de enfrentamento e combate às cheias, (Figuras 48a e 48b), em fase de levantamento de dados e finalização da etapa de diagnóstico. Realizada com a presença de servidores da Metroplan, da empresa de engenharia contratada para o estudo, da comunidade em geral, de alguns servidores da secretaria de obras e da defesa civil envolvidos e o prefeito de Alvorada. O prefeito alegou que como o município não possui uma retroescavadeira hidráulica, pois demanda grande investimento, a mesma necessita ser adquirida através de processo licitatório. Dessa forma, existe além de uma barreira financeira, outra burocrática que dificulta a solução desse problema.

A execução dos estudos de concepção de projetos de engenharia para a contenção das cheias, encontra-se em fase de finalização da sua primeira etapa, e está sendo feita por técnicos da Metroplan juntamente com a empresa licitada, STE

– Serviços Técnicos de Engenharia S.A e a equipe técnica da Prefeitura de Alvorada.

Essa mesma audiência, que tinha como objetivo apresentar o diagnóstico realizado pela empresa contratada, acabou em troca de acusações entre a população e o poder público. Os moradores argumentam que estão cansados de esperar qualquer solução, acusam a prefeitura de não cumprir com as promessas de melhorias na região, de coletar o lixo, dragar o arroio, melhorar a drenagem urbana. Argumentam ainda que os políticos aparecem nesses locais apenas em épocas de eleições ou em casos em que as inundações já ocorreram, a fim de verificar os danos e solicitar auxílio de ordem estadual ou federal ao decretar situação de emergência. Por outro lado, o poder público alega que a população piora o cenário ao despejar seus dejetos, resíduos domiciliares, resíduos de obras, móveis, eletrodomésticos, entre outros, diretamente nos cursos d'água e que tem realizado coleta dos resíduos, limpeza das ruas com a retirada de entulhos, desobstrução e melhoria na rede de drenagem.



(a)



(b)

Figura 48 a e b. Audiência Pública referente aos estudos das obras de enfrentamento e combate às cheias, Metroplan, realizado em 08/07/2016. Fotos: Michelli de O. Schneider.

Atualmente, a verba de 228 milhões de reais já foi liberada pela Caixa Econômica Federal, através do “Plano Nacional de Gestão de Riscos e Respostas a Desastres Naturais”, que faz parte do Programa de Aceleração do Crescimento 2 (PAC2) do governo Federal, para estudos e realização de obras de contenção das cheias, que no momento encontra-se em fase de finalização do diagnóstico. Técnicos da Metroplan apontam para a construção de um dique. O receio dos

moradores ocorre pela demora, sobretudo porque uma obra desse porte demanda inúmeros estudos técnicos, não havendo dessa maneira, previsão para o início das obras, nem mesmo certeza da liberação de verbas e finalização das próximas etapas, que prometem melhorar as inundações no município de Alvorada.

Portanto, entender o risco de desastres, de um determinado elemento exposto, requer que se considere inúmeros fatores dos mais variados, que, no entanto, podem ser alterados de acordo com a realidade local. De acordo com o CEPED/UFRGS (2016) que se utiliza da metodologia proposta pelo IPT (2007), o mapa de risco considera informações de suscetibilidade do terreno diante das ameaças, a probabilidade quantitativa desses processos, a vulnerabilidade dos elementos expostos, como ainda os danos e prejuízos associados aos desastres. Entretanto, enfatizam que, tendo em vista a dificuldade de se encontrar, correlacionar ou mesmo produzir uma gama de dados qualitativos precisos, o mapeamento e avaliação do risco podem ser elaborados de forma mais subjetiva, ou seja, com uma classificação qualitativa, como o presente estudo apresentou.

Com isto posto, verifica-se que, ainda que se tenha a espacialização do risco de desastre de uma área/população exposta, através do mapa de risco a inundação, é necessário um processo amplo de análise das áreas apontadas, segundo uma hierarquização dos riscos. O zoneamento do risco, por meio dos seus graus de probabilidade frente aos desastres, aponta ser de fundamental importância para definir áreas prioritárias ao monitoramento e controle das ameaças, por meio de intervenções adequadas e em conformidade com a realidade dessa população.

Enfim, verifica-se que no presente estudo, as informações, tanto quantitativas como qualitativas geradas e especializadas nos mapas de perigo, de vulnerabilidade e, por fim, no mapa de risco, assim como a análise dos mesmos, apontaram ser uma importante ferramenta no ordenamento dos locais críticos a inundação na bacia hidrográfica do arroio Feijó, a fim de proporcionar um melhor gerenciamento de risco aos desastres no município de Alvorada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho embasou-se na abordagem metodológica do Índice de Vulnerabilidade para a determinação do risco de inundação da bacia hidrográfica do arroio Feijó. O índice utilizado se baseou nas variáveis demográficas e socioeconômicas do Censo do IBGE, tendo os setores censitários como unidade de análise.

Partindo do pressuposto que o risco é definido pela relação do perigo com os elementos vulneráveis, o mapa final de risco de inundação foi obtido pela hierarquização das informações e por meio do mapeamento do perigo e da vulnerabilidade da área.

O perigo foi espacializado por meio da mancha de inundação de tempo de retorno de 100 anos, já levantada para a área. Os setores apontados com alto a muito alto perigo a inundação localizam-se nos bairros de Alvorada (Passo do Feijó, Umbu, Jardim Algarve e Americana) e Porto Alegre (Rubem Berta), apontando de 50% a 80% das suas áreas com possibilidade de serem inundadas.

O levantamento por meio do índice de vulnerabilidade proposto apontou que os municípios de Alvorada e Viamão foram os que apresentaram números elevados de setores com índices de vulnerabilidade alta a muito alta frente às questões socioeconômicas.

Os setores que apontaram maior vulnerabilidade às inundações estão localizados nos bairros Passo do Feijó, Jardim Algarve e Americana, em Alvorada; bairro Rubem Berta, em Porto Alegre; e na Vila Augusta em Viamão. Esses setores apontam baixo desenvolvimento social e precisam de maior atenção do poder público, criação de ações de planejamento no sentido de melhorar a qualidade de vida da população. Os locais mais expostos à inundação são onde as implantações de ações objetivas e ativas de mitigação e enfrentamento das mesmas são mais necessárias.

No período de 36 anos analisado, foram registradas 36 inundações na BHAF. Embora a distribuição das inundações ao longo desse período aponte a média de uma inundação por ano, ela apresenta variação na frequência anual de ocorrências. Foi verificado que elas ocorreram em 19 anos nesse período, indicando a probabilidade de 53% de ocorrência de um novo evento a cada ano. Os meses que

apontaram maior frequência foram: fevereiro setembro e outubro coincidindo com os meses de maior pluviosidade indicados para o período analisado.

Conforme observado em outros autores, os fenômenos ENOS influenciam positivamente e/ou negativamente os eventos pluviométricos no Rio Grande do Sul. No entanto, ainda que 63% dos anos com inundações tenham apontado ocorrência do fenômeno El Niño – Oscilação Sul, para se precisar a relação desses fenômenos na frequência das inundações no arroio Feijó, seria necessário uma avaliação por meio de estudos estatísticos mais aprofundados, o que não é objetivo desta dissertação.

Foram identificadas as áreas com baixo a muito alto riscos de inundação da BHAF, bem como elencados os principais problemas que ali ocorrem. Os setores censitários mais críticos, que indicaram altos índices de risco de inundação localizam-se nos bairros Passo do Feijó e Americana em Alvorada. Verifica-se a necessidade dessas áreas seguirem regulamentações específicas e receberem ações para controle das inundações que envolvam um conjunto de medidas estruturais e não estruturais para que possam ser ocupadas de forma adequada.

A bacia possui praticamente toda a área a montante de sua foz urbanizada. Entre os fatores que dificultam a solução dos problemas, esta pesquisa verificou a inadequação dos locais escolhidos para instalação de moradias, a elevada aglomeração e, conseqüentemente, a alta produção de resíduos sólidos e dejetos na área e, principalmente, a falta de investimentos e melhorias na região.

Um banco de dados de informações frequentemente atualizado com números a respeito das áreas afetadas, períodos e cotas de inundação, dados climáticos e população atingida torna-se importante para um monitoramento eficaz.

Indicam-se ações de educação ambiental, obras de melhoria na rede de drenagem pluvial, bem como implementação de rede de esgoto ou mesmo incentivo (fiscal) para melhorias nas coletas domiciliares; ações comunitárias de promoção da saúde; reposição da vegetação nas margens dos arroios para a proteção dos solos, minimização dos processos erosivos, aumento da absorção e retenção das águas.

Além de análise e localização espacial das áreas problemáticas, o envolvimento da população na discussão dos problemas e soluções propostas deve ser incentivado, pois o planejamento junto dela resulta na melhor localização das áreas prioritárias e críticas dos bairros.

Observa-se que a metodologia demonstrou ser eficaz para o processo de análise e realização de mapeamento de risco dos setores censitários da BHAF, importante etapa a ser seguida na gestão de risco de desastres. Pode ser aplicada para municípios e comunidades de pequeno a médio porte e demonstra ser de fácil execução, implementação e de baixo custo.

A falta de dados hidrológicos precisos para a melhor delimitação do perigo não é um impedimento. Dados de pesquisas já existentes, fotografias aéreas e imagens de satélite históricas podem colaborar para a delimitação de áreas suscetíveis e de perigo a inundação.

A pesquisa aponta que o mapa de risco deve ser constantemente atualizado e, além disso, inúmeras outras variáveis e elementos podem estar envolvidos. Assim, pretende-se por meio dela contribuir, tanto em dados como em material cartográfico, para a tomada de decisões ligadas aos planos de prevenção, mitigação e proteção, como também, através do direcionamento de políticas de planejamento e ordenamento territorial na gestão de riscos de desastres, sobretudo de inundações em Alvorada, principal município afetado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA – Agência Nacional de Águas. **GEO Brasil: Recursos Hídricos: componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil.** / Ministério do Meio Ambiente Agência Nacional de Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília: MMA; ANA, 2007. 264 p.: il (GEO Brasil Série Temática: GEO Brasil Recursos Hídricos).

ALCÁNTARA-AYALA, I. **Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries.** Geomorphology, v. 47, n. 2-4, p. 107-124, 2002. Cambridge - MA, USA. Disponível em: <http://xbiblio.ecologia.edu.mx/biblioteca/cursos/manejo/Alcantara_ayala.pdf> Acesso pitulo 5em: 01/02/2016.

ALVORADA. Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal do Meio Ambiente. **Plano Ambiental Municipal de Alvorada 2011, RS.** Disponível em: <http://www.alvorada.rs.gov.br/anterior/site%20prefeitura/www.alvorada.rs.gov.br/sites/6700/6754/planoAmbiental_Alvorada_2011.pdf> Acesso em 21/01/2015

AMARAL, R do; RIBEIRO, R. R: **Inundação e Enchentes.** In TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (org.). **Desastres Naturais: conhecer para prevenir.** São Paulo: Instituto Geológico, 2009. p.39-52.

AYALA-CARCEDO, F. J. y PISERRA, M^a T. **Impactos del Cambio Climático sobre la economía y los seguros en Europa. Gestión de Riesgos y Seguros,** MAPFRE, Madrid, p. 15-20. 2000.

BEETALANFFAY, L. Von. **Teoria Geral dos Sistemas.** Petrópolis: Vozes. 1977. 351p.

BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C. **El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura.** Porto Alegre: UFRGS, 2003. 110p.

BOTELHO, R. G. M. **Planejamento Ambiental em Microbacia Hidrográfica.** In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand, 1999.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1967. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao67.htm> Acesso: 15/01/2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Diretrizes de Pesquisa Aplicada ao Planejamento e Gestão Ambiental**. Brasília, 1994. 101 p. (Coleção Meio Ambiente. Série Diretrizes – Gestão Ambiental).

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Brasil: Recursos Hídricos: componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil**. Agência Nacional de Águas/Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília: MMA; ANA, 2007. 264 p.: il GEO (Brasil Série Temática: GEO Brasil Recursos Hídricos)

BRASIL. Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo-IPT. **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Brasília: MCidades/ IPT, 2007, 176p

BRASIL. **Política Nacional de Proteção e Defesa Civil**. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; Brasília – DF, 2012.

BRASIL. **Capacitação em Mapeamento e Gerenciamento de Risco**. Ministério das Cidades, 2004. Disponível em: <<http://www.ceped.ufsc.br/mapeamento-e-gerenciamento-de-risco/>> Acesso 26/11/2015.

BRITTO, F.P. **Distribuição espaço-temporal da precipitação fluvial no Estado do Rio Grande do Sul**. 2004. 65p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

CEPED/RS. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas de Desastres. **Capacitação em Gestão de Riscos**. 2 ed. Porto Alegre: CEPED/UFRGS, 2016.

CASTRO, A. L. C. (coord.). **Manual para decretação de Situação de Emergência ou de Estado de Calamidade Pública**. Vol. I. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 1999a, 14 p.

CASTRO, A. L. C. (coord.). **Manual para decretação de Situação de Emergência ou de Estado de Calamidade Pública**. Vol. II. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 1999b, 58 p.

CASTRO, C. M.; PEIXOTO, M. N. O.; RIO, G. A. P. **Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e Escalas**. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ. Vol. 28 nº 2. 2005. p.11-30.

CERRI, Leandro Eugênio da Silva. **Riscos Geológicos associados a escorregamentos: uma proposta para prevenção de acidentes.** 1993. 197p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências, Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro.

CERRI, L. E. S.; NOGUEIRA, F. R.. **Mapeamento e gestão de riscos de escorregamentos em áreas de assentamentos Precários.** In: Guimarães, S.T.L.; Carpi Jr., S.; Godoy, M.B.R.B.; Tavares, A.C.. (Org.). *Gestão de áreas de riscos e desastres ambientais.* 1a.ed. Rio Claro: IGCE/UNESP/RIO CLARO/Programa de Pós-Graduação em Geografia IGCE/ALEPH, 2012, v. 01, p. 285-304.

CLIMANÁLISE. **Boletim de monitoramento e análise climática.** São José dos Campos, SP: Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos, 1968-. Mensal.

CUNHA, S. B; GUERRA, A. J. T; **Degradação Ambiental.** In: GUERRA, A.J.T., CUNHA, S.B. **Geomorfologia e Meio Ambiente.** 9ª.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2010. p. 337-396.

DESCHAMPS, M. V. Vulnerabilidade Socioambiental das Regiões Metropolitanas Brasileiras. Rio de Janeiro: Observatório das Metrôpoles – IPPUR/FASE, 2009.

DIAS, T. S.; FUJIMOTO, N. S. V. M; SOARES, A. Q. **Compartimentos de Relevo do Município de Porto Alegre – RS.** In: **XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada.** Viçosa – MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009.

ECKHARDT, R. R. **Geração de modelo cartográfico aplicado ao mapeamento das áreas sujeitas às inundações urbanas na cidade de Lajeado – RS.** Dissertação do Programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto do Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto - UFRGS, Porto Alegre, 2008. 117p.

EIRD. ESTRATÉGIA INTERNACIONAL PARA REDUÇÃO DE DESASTRES DAS NAÇÕES UNIDAS (EIRD / UNISDR). **Terminologia sobre redução de risco de desastres,** Genebra, 2009.

EGLER, C. A. G. Risco ambiental como critério de gestão do território: uma aplicação à zona costeira brasileira. In: *Revista Território.* v. 1. Rio de Janeiro: LAGET/UFRJ, 1996.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. Rio de Janeiro. 1999. 412p.

EM-DAT, Internacional Disasters Database. D. Guha-Sapir, R. Below, Ph. Hoyois. Université Catholique de Louvain. Bruxelas. Bélgica. 2015. Disponível em: <<http://www.emdat.be/>> Acesso: 04/02/2015

FRANCO, S. da C.. **Porto Alegre: guia histórico**. Porto Alegre: Ed. UFRGS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1992.

FUJIMOTO, N.S.V. **A urbanização brasileira e a qualidade ambiental**. In: SUERTEGARAY, D.M.A; BASSO, L.A.; VERDUM, R. (Orgs.). Ambiente e Lugar no Urbano – A grande Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2000. p 47-63.

FUJIMOTO, N.S.V.; SCHMITZ, C.M. **Mapeamento Geomorfológico Aplicado a Análise Ambiental do Município de Viamão – RS**. Ciência e Natura, UFSM. Santa Maria, RS. P. 219-233. 2004.

FUJIMOTO, N.S.V.; DIAS T. S. **Mapeamento Geomorfológico de Município de Porto Alegre – RS**. In: XXVIII Encontro Estadual de Geografia. 2008. Bento Gonçalves – RS.

GOERL, R. F.; KOBİYAMA, M.; PELLEIN, J. R. G. M. **Proposta metodológica para mapeamento de áreas de risco a inundação: Estudo de caso do município de Rio Negrinho - SC**. In: Boletim de Geografia, Maringá, v. 30, n. 1, p. 81-100, 2012.

GRID. Mapeamento de Risco e Mitigação da Consequências de Desastres Naturais com Uso de Engenharia. 2017. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/grid/pesquisas/pesquisas-em-andamento/mapas-de-probabilidades-anuais-de-estiagem-e-inundacoes>>. Acesso em: 15 de junho de 2017.

GUEDES, R.L. **Condições de grande escala associadas a sistemas convectivos de mesoescala sobre a região central da América do Sul**. Tese de Mestrado, IAG/USP, 89pp., 1985.

GUERRA, T.. **Educação ambiental: contribuição para a gestão socioambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí – Porto Alegre**. Rio de Janeiro: MC&G Editorial, 2015. 248 p. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/neeawp-content/uploads/2016/03/edu-ambiental-gestao-gravatai-reduzido.pdf>>. Acesso: 10/01/2017.

GÜNTZEL, A.; *et al.* **Avaliação dos morros do município de Porto Alegre, RS com base no uso do solo.** Trabalho realizado na Disciplina de Estágio Integrado do Curso de Pós-Graduação em Ecologia. ECAP79. Porto Alegre, RS. UFRGS, 1994. 38p.

HASENACK, H.; WEBER, E.; MARCUZZO, S. (Org.). **Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre: Geologia, Solos, Drenagem, Vegetação e Ocupação.** Porto Alegre: Secretaria Municipal do Meio Ambiente. 2008. 84p.

HASENACK, H.; WEBER, E. **Base cartográfica vetorial continua do Rio Grande do Sul – escala 1:50.000.** Porto Alegre, UFRGS Centro de Ecologia. 2010. DVD-ROM (Série Geoprocessamento n.3)

HASENACK, H.; CORDEIRO, J. L. P.; **Mapeamento da cobertura vegetal do Bioma Pampa.** Porto Alegre, UFRGS Centro de Ecologia. 2006. 30 p. (Relatório técnico Ministério do Meio Ambiente: Secretaria de Biodiversidade e Florestas no âmbito do mapeamento da cobertura vegetal dos biomas brasileiros).

HOUGHTON, J.T.; DING, Y.; GRIGGS, D.J. et al. (Eds). **Climate change 2001: The scientific basis.** Cambridge: University Press, 2001. 881 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico de 2010.** Banco de dados agregados: Sistema IBGE de Recuperação automática – SIDRA. Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm> Acesso em: 24/11/2014.

IBGE. Instituto IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Limite Vetorial dos Municípios do Rio Grande do Sul.** Disponível em <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm> Acesso em: 24/11/2014.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Climatologia segundo a média histórica dos anos de 1961 – 1990.** Instituto Nacional de Meteorologia, 2010. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/html/clima.php>> Acesso em: 15/04/2015

IPCC. **Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2007: The Physical Science Basis.** Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/>>. Acesso em: 26 fev. 2017.

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas <<http://www.ipt.br/>> Acesso em 16/06/2015

KOBYAMA, M. **Prevenção de Desastres Naturais: Conceitos Básicos.** Curitiba: Ed. Organic Trading, 2006. 109 p.

LEPESCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 216p.

LIMA, L. M. M. De. (2010). **Mapeamento da suscetibilidade à inundação na bacia hidrográfica do Arroio do Salso, Porto Alegre - RS**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010

LIVI, F. P. **Elementos do Clima: um contraste de tempos frios e quentes**. In: MENEGAT, R., PORTO, M. L.; CARRARO, E. C.; BERNARDES, L. A. (Orgs.) Atlas Ambiental de Porto Alegre. Porto Alegre. UFRGS. 1998. 228p.

MARANDOLA JR., E.; HOGAN, D. J. **Vulnerabilidades e riscos: entre Geografia e Demografia**. XIV ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, Campinas: NEPO/ABEP, 2004.

MARANDOLA Jr, D.; HOGAN, D.J. **Vulnerabilidade do lugar vs. vulnerabilidade sociodemográfica**. Revista brasileira Estudos Populacionais, Rio de Janeiro, v. 26, n. 2, p. 161-181. 2009.

MARCELINO, I. O. FERREIRA, N. J.; ANDRÉ, I.N. **Análise Geográfica do tornado ocorrido no município de Joinville – SC em 31/01/1999**. In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, Anais. Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004a, p. 749-761. CD ROM.

MARCELINO, E.V.; NUNES, L.H.; KOBIYAMA, M. **Banco de Dados de Desastres Naturais: análise de dados globais e regionais**. Caminhos de Geografia, v. 6, n.19, p. 130-149, 2006.

MARCELINO, E. V. 2008. **Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos Básicos**. INPE/CRS, Santa Maria, 2008. (Caderno Didático n.1)
MEDEIROS, J. S.; CAMARA, G. **Geoprocessamento para Projetos Ambientais. INPE**. São José dos Campos. 2001. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/>>. Acesso em: 11/03/2015.

MEDIONDO, E. M. **Flood risk management of urban Waters in humid tropics: early-warning protection and rehabilitation**. Invited Paper In: C. Tucci & J. Goldenfum (orgs.) Workshop on Integrated Urban Water Managmt. In Humid Tropics, UNESCO IHP-VI, (Int. Hydrol Program), 2-3 April, Foz do Iguaçu – RJ, 2005

METROPLAN, Fundação de Planejamento Metropolitano Regional. **Programa Integrado de Áreas Degradadas: Sub-bacia Hidrográfica do arroio Feijó**. Porto Alegre, 2001. 93p.

MOURA, N. S. V.; HASENACK, H.; SILVA, L. L. **Mapa Geomorfológico dos municípios de Porto Alegre, Viamão e Alvorada – RS**. Porto Alegre, UFRGS – IB – Centro de Ecologia. Disponível em: <www.ecologia.ufrgs.br/labgeo>. Acessado em: 22/05/2014.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I.M **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MONTEIRO, C.A.F.. **Teoria e clima urbano: um projeto e seus caminhos**. In: MENDONÇA, Francisco. **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2009.

NOAA. **National Oceanic and Atmospheric Administration**. Disponível em: <www.noaa.gov/> Acesso em: 22/06/2015

PBMC, 2014: **Impactos, vulnerabilidades e adaptação às mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 2 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas** [Assad, E.D., Magalhães, A. R. (eds.)]. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 414 pp.

PELOGGIA, A. **O Homem e o Ambiente Geológico: geologia, sociedade e ocupação urbana no município de São Paulo**. São Paulo. Xamã, 1998, 271p. Porto Alegre. Prefeitura Municipal. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. Abastecimento de Água. Edição I. Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE). Nov. 2013. Dados Gerais – Edição 2015. Porto Alegre.

PORTO, M. L.; MENEGAT, R. **Mapa Geotécnico de Solos**. In: MENEGAT, R., PORTO, M. L.; CARRARO, E. C.; BERNARDES, L. A. (Orgs.) **Atlas Ambiental de Porto Alegre**. Porto Alegre. UFRGS. 1998. 228p.

PORTO ALEGRE. Departamento de Esgotos Pluviais. **Plano Diretor de Drenagem Urbana: Manual de Drenagem Urbana**. Volume II. Porto Alegre. 2002

PORTO ALEGRE. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental - PDDUA. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil**. 2010. Disponível em: <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/spm/usu_doc/pddua_shp.zip>. Acesso em: 16 de jul 2015.

REHBEIN, M. O. **Análise Ambiental Urbana: Vila Augusta/ Viamão/ RS.** DISSERTAÇÃO (Mestrado em Geografia). Departamento de Geografia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005. 173 p.

REHBEIN, M. O. **Mapeamento geomorfológico aplicado na análise de impactos ambientais urbanos: contribuições ao reconhecimento de morfologias, morfochronogêneses e morfodinâmicas do relevo da bacia hidrográfica do arroio Feijó/ RS.** TESE (Doutorado em Geografia Física). Departamento de Geografia. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011. 339 p

RECKZIEGEL, B. W. (2007). **Levantamento dos Desastres desencadeados por Eventos Naturais Adversos no Estado do Rio Grande do Sul no Período de 1980 a 2005.** 2007. 284f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

RIBEIRO, L.C.Q (Org.).**As metrópoles brasileiras no milênio: resultados de um programa de pesquisa /.** - Rio de Janeiro: Letra Capital, 2012. 280p.: il.;

RIO GRANDE DO SUL. Decreto Estadual nº 22.535, de 14 de julho de 1973. Disponível em <<http://www.al.rs.gov.br/>> Acesso em 15/01/2017.

ROBAINA, L. E. S. **Espaço Urbano: relação com acidentes e desastres naturais no Brasil.** Ciência e Natura, UFSM, 30 (2): p.93 -105. 2008. Disponível em <<http://periodicos.ufsm.br/index.php/cienciaenatura/article/view/9841>> Acesso em 07/09/2015

ROSA, R. **Geotecnologias na Geografia Aplicada.** Revista do Departamento de Geografia – FFLCH – USP. São Paulo. n.16. 2005. p 81-90. Disponível em: <<http://www.geografia.fflch.usp.br/>> Acesso em: 03/03/2015.

ROSS, J. L. S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados.** Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n.8. 1994. p 63-75.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: Ambiente e Planejamento.** 8ª Ed. São Paulo: Contexto. 2007. 85p. (Coleção Repensando a Geografia).

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia Aplicada aos EIAs RIMAs.** In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e Ambiente.** Rio de Janeiro. Bertrand Brasil. 9ª Ed. 2010. p 291-336.

ROSSATO, R. **Cidades Brasileiras: A Urbanização Patológica**. Ciência & Ambiente, Santa Maria. V. 7, p 23-32. 1993.

SADECK, L. W. R. **Metodologias de Planejamento Ambiental**. Belém – PA. 2009. Disponível em: <<http://geotecnologias.wordpress.com/2009/02/19/metodologias-de-planejamento-ambienta/>> Acesso em: 10/08/2015.

SANN, L. W. R. **O Papel da Cartografia Temática nas Pesquisas Ambientais**. In: Revista do Departamento de Geografia – FFLCH – USP, n.16, São Paulo. 2005. p 61-69. Disponível em: < <http://www.geografia.ffeilch.usp.br/>> Acesso em: 26/10/2015.

SANTOS, Milton. **Metamorfoses do Espaço Habitado: fundamento teórico e metodológico da geografia**. Hucitec. São Paulo 1988.

SARTORI, M.G.B. **A dinâmica do clima do Rio Grande do Sul: indução empírica e conhecimento científico**. Revista Terra Livre, São Paulo, v.1, n.20, p.27-49; jan./jul.2003.

SILVA FILHO, L. C. P.; *et al.* **Mapeamento de vulnerabilidades em áreas suscetíveis a deslizamentos e inundações em oito municípios do RS**. In: 15º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2015, Bento Gonçalves/RS. Anais do 15º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2015. v. CD.

SILVA, J. X. **Geoprocessamento e Análise Ambiental**. Revista Brasileira de Geografia. N 54(3). Rio de Janeiro – RJ. P 41-61. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/coleção_digital_publicações_multiplo.php> Acesso em: 15/09/2015.

SILVEIRA, A. L. L. **Ciclo Hidrológico de Bacia Hidrográfica**. In: TUCCI, C.E.M (Org.). Hidrologia: ciência e aplicações. 2ª Ed. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, p 35-5. 1997.

SOARES, P. R. R. **Dinâmica da metropolização brasileira: investigação da região metropolitana de Porto Alegre no período 1980-2010**. In: FEDOZZI, L.; SOARES, P. R. R. **Porto Alegre Transformações na Ordem Urbana** / organização Luciano Joel Fedozzi, Paulo Roberto Rodrigues Soares - 1. ed. - Rio de Janeiro : Letra Capital : Observatório das Metrôpoles, 2015.

SOUZA, C. R. de G. **Suscetibilidade Morfométrica de Bacias de Drenagem ao Desenvolvimento de Inundações em Áreas Costeiras**. Revista Brasileira de Geomorfologia, ano 6, n.1. pp 45-61, 2005.

SPOSITO, M. E. B. **Capitalismo e Urbanização**. 15 ed. São Paulo. Editora Contexto. 2008. (Repensando a Geografia).

STRECK, E. V. *et al.* **Solos do Rio Grande do Sul**. EMATER/RS. Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia. Porto Alegre. UFRGS. 2002. 126 p.

TOMINAGA, K.L.; **Desastres Naturais: Por que ocorrem?** In: Desastres naturais: conhecer para prevenir / Lídia Keiko Tominaga, Jair Santoro, Rosangela do Amaral (orgs.) –. São Paulo. Instituto Geológico, 2009.

TRENTIN, R; Robaina, L.S.; SILVEIRA, V.S. **Estudos das inundações na cidade de São Gabriel – RS**. Revista Geo UERJ, Rio de Janeiro, n. 26, 2015, p. 270-287. Disponível em: < <http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj>>. Acesso: 23/01/2017.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro. IBGE/SUPREN. 1977. 91p.

TUCCI, C. E. M., PORTO, R. L. e BARROS, M. T. (Orgs.), 1995. **Drenagem Urbana. Porto Alegre**. Editora da Universidade (UFRGS) e ABRH Associação Brasileira de Recursos Hídricos. v. 1. 428 p. 1995.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. (Org.) **Inundações Urbanas da América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. 471p.

Tucci 2005???

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Centro Universitário de estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012** / Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. 2. ed. rev. ampl. – Florianópolis: CEPED UFSC, 2013. 184p.:il. color; 22cm Volume Rio Grande do Sul

UNISDR. Escritório das Nações Unidas para Redução de Riscos de Desastres. **Como Construir Cidades Mais Resilientes - Um Guia para Gestores Públicos Locais**. Tradução de: How to Make Cities More Resilient - A Handbook for Mayors and Local Government Leaders. Genebra, Suíça. 2012. Disponível em: <http://www.unisdr.org/files/26462_guiagestorespublicosweb.pdf> Acesso em 12/05/2015.

U.S. WATER RESOURCES COUNCIL (1971). Regulation of flood hazard áreas to reduce flood losses. Washington, D.C. Government Printing Office. Vol.2

WEBER, E. J.; HASENACK, H. **Estruturação de dados digitais geoambientais da bacia do rio Gravataí**. Porto Alegre, UFRGS-IB-Centro de Ecologia.2013. Disponível em:<<http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo>> Acessado em: 20/03/2015.

WMO. World Meteorological Organization Extranet. <<http://www.wmo.int/pages/>> Acesso em: 16/06/2015.

WOLLMANN, C. A.; SARTORI, M. G. B. **Sazonalidade dos Episódios de Enchentes na Bacia Hidrográfica do Rio Caí RS, no período de 1982 a 2005**. In: III Simpósio Internacional de Climatologia, 2009, Anais... Canela - RS. 01 CD-ROM, 2009a.

WOLLMANN, C. A.; SARTORI, M. G. B. **Ocorrência de Episódios de Enchentes na Bacia Hidrográfica do Rio Caí RS, e sua relação com o Fenômeno El Niño**. In: III Simpósio Internacional de Climatologia, 2009, Anais... Canela - RS. 01 CD-ROM, 2009b.