

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
CENTRO DE ENGENHARIAS
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA



Trabalho de Conclusão de Curso

**Avaliação das Áreas de Risco de Inundação no Município
de Pelotas, RS: Uma Proposta Metodológica**

Gustavo Farias Lima

Pelotas, 2016

GUSTAVO FARIAS LIMA

Avaliação das Áreas de Risco de Inundação no Município de Pelotas, RS: Uma proposta Metodológica

Trabalho acadêmico apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitarista.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Diuliana Leandro
Coorientador: Prof. Dr. Maurício Silveira Quadro

Pelotas, 2016

Banca examinadora:

Prof^a. Dr^a. Diuliana Leandro - Centro de Engenharias/UFPel - Orientadora

Prof. Dr. Maurício Silveira Quadro - Centro de Engenharias/UFPel -
Coorientador

Paulo Darci dos Santos – Defesa Civil de Pelotas

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Aloísio e Andréa, e ao meu irmão, Gabriel, pela motivação, liberdade e amor em todos os momentos.

À professora Diuliana pela orientação e dedicação durante todo o trabalho e por estar sempre disposta a ensinar.

A todos os professores que, de algum modo, contribuíram para minha formação acadêmica e pessoal, em especial os professores da Engenharia Ambiental e Sanitária.

Aos colegas e amigos do NPSA, pela preocupação com o andamento do trabalho e pela ajuda na elaboração e ao professor Maurizio pelo suporte e por acreditar em nosso potencial.

Aos meus amigos que sempre estiveram ao meu lado e que fizeram parte desta importante etapa.

Muito Obrigado!

RESUMO

LIMA, Gustavo Farias **Avaliação das Áreas de Risco de Inundação no Município de Pelotas, RS: Uma proposta Metodológica**. 2016. 82f. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O aumento nas ocorrências de desastres naturais é uma característica alarmantes das últimas décadas, tornando-se essencial a utilização de ferramentas para prevenção de seus impactos. O mapeamento do risco de desastres ambientais é uma técnica já difundida de prevenção. Este trabalho teve por objetivo propor uma metodologia para o mapeamento dos riscos de inundação para o município de Pelotas, usando como área de estudo o bairro do Laranjal. O risco é definido a partir do perigo natural de ocorrer um evento extremo e a vulnerabilidade da população a ser impactada. Neste trabalho para a delimitação do perigo utilizou-se o mapeamento das fragilidades ambientais do município elaborado baseando-se nas metodologias apresentadas por Ross (1994) e Leandro (2013). Para o mapeamento das vulnerabilidades foram aplicados questionários na população que, posteriormente, foram espacializados conforme os lotes dispostos no Cadastro Técnico Multifinalitário do município. Por fim, mapeou-se os riscos de inundação para os lotes do estudo, no qual confirmou-se o alta risco de ocorrência de desastres naturais nesta área da cidade. Com apenas 0,9% dos lotes com risco muito baixo, 8,5% classificados como risco baixo e 21% como médio. Devido a fragilidade ambiental ser classificada como muito alta e grande partes dos moradores estarem em faixas etárias vulneráveis e vivendo em residências com histórico negativo quanto a inundações, 27% ficaram classificadas como risco alto e 41% como risco muito alto. Verificou-se que os mapeamentos dos riscos de inundação, assim como das fragilidades ambientais, podem servir como importantes ferramentas de uso para o poder público.

Palavras-chave: desastres naturais, inundações, SIG

ABSTRACT

LIMA, Gustavo Farias. 2016. 82f. **Assessment of Flood Risk Areas in the city of Pelotas, Brazil: A Methodological proposal**. Course Conclusion Paper (TCC). Graduation in Environmental and Sanitary Engineering. Federal University of Pelotas, Pelotas.

The increase of the natural disaster occurrence is an alarming feature of recent decades, making it essential to use tools to prevent impacts. Environmental disasters risk mapping is a prevention technique already widespread. This study aimed to propose a methodology for the mapping of flood risks for the city of Pelotas, using as study area the Laranjal neighborhood. Risk is defined as the natural hazard of an extreme event occur and the vulnerability of the population to be impacted. In this study for the delimitation of hazard we used the mapping of environmental fragility of the municipality prepared based on the methodologies presented by Ross (1994) and Leandro (2013). For mapping the vulnerability questionnaires were applied in the population that were later spatialized as lots arranged in the Technical Multipurpose Cadastre of the municipality. Finally, it was mapped flood risks for lots of study, which confirmed the high risk of natural disasters in this area of the city. With only 0.9% of the lots with very low risk, 8.5% classified as low risk and 21% as average risk. Due to environmental fragility be classified as very high and large portions of the residents are in vulnerable age groups and living in homes with negative history as the floods, 27% were classified as high risk and 41% as very high risk. It was found that the mapping of flood risks, and environmental fragility, can serve as important tools to public management.

Key-words: environmental disasters; flooding areas; GIS

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVOS	17
1.1.1 Objetivo Geral	17
1.1.2 Objetivo Específico.....	17
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 Inundações.....	18
2.1.1 Inundações no contexto de Pelotas, RS.....	20
2.2 Perigo e Risco	21
2.3 SIG aplicado a análise ambiental	22
2.4 Fragilidade Ambiental.....	23
2.5 Mapeamento Ambiental.....	24
2.6 Cadastro técnico multifinalitário (CTM):.....	25
2.7 Geoprocessamento aplicado a tomada de decisões	26
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
3.1 Caracterização da Área de Estudo.....	28
3.2 Fragilidade Ambiental.....	29
3.2.1 Tipos de solo	33
3.2.2 Declividade	34
3.2.3 Clima	36

3.2.4 Cobertura Vegetal e Uso do solo	38
3.2.5 Áreas de Preservação Permanente	39
3.2.6 Litologia.....	43
3.2.7 Ocupação Humana	44
3.2.8 Inundação.....	44
3.3 Questionários	46
3.4 Vulnerabilidade da População.....	47
3.5 Risco de Inundação.....	50
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
4.1 Fragilidade Ambiental.....	52
4.1.1 Tipos de solo	52
4.1.2 Declividade.....	53
4.1.3 Clima	55
4.1.4 Cobertura Vegetal e Uso do solo	56
4.1.5 Áreas de Preservação Permanente	57
4.1.6 Litologia.....	59
4.1.7 Ocupação Humana	60
4.1.8 Inundação.....	61
4.1.9 Fragilidade Ambiental.....	63
4.2 Vulnerabilidade da População.....	66
4.3 Risco de Inundação.....	70

5. CONCLUSÃO.....	71
REFERÊNCIAS.....	74
APÊNDICES.....	80
Apêndice A – Questionário para caracterização da vulnerabilidade da população....	81

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Perfil de uma situação de enchente e inundação.....	18
Figura 2. Rua no bairro do Laranjal inundada pelo evento de outubro de 2015.....	21
Figura 3. Mapa de localização do município de Pelotas.	28
Figura 4. Modelo Digital de Elevação (MDE) do município de Pelotas, RS.....	36
Figura 5. Precipitação anual total entre os anos de 1965 e 2004.....	38
Figura 6. Mapa das fragilidades relacionadas aos tipos de solos..	53
Figura 7. Mapa das fragilidades relacionadas a declividade	55
Figura 8. Mapa das fragilidades relacionadas ao clima.....	56
Figura 9. Mapa das fragilidades relacionadas a cobertura vegetal e uso do solo de Pelotas.	57
Figura 10. Mapa das fragilidades relacionadas as áreas de preservação permanente.	58
Figura 11. Mapa das fragilidades ambientais relacionadas a litologia de Pelotas.....	60
Figura 12. Mapa das fragilidades relacionadas a ocupação humana de Pelotas.....	63
Figura 13. Classes de susceptibilidade a inundação para Pelotas.....	65
Figura 14. Mapa das fragilidades ambientais de Pelotas.	66
Figura 15. Comparação das áreas afetadas pelo evento de outubro de 2015 com a fragilidade ambiental	66
Figura 16. Mapa das vulnerabilidades para a área de estudo.....	68
Figura 17. Mapa dos riscos de inundação para a área de estudo.....	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Inundações no Brasil no período de 1940-2008.....	20
Tabela 2. Pesos dos critérios utilizados na ponderação da modelagem dos índices de fragilidade ambiental.	30
Tabela 3. Fragilidades dos tipos de solos encontrados no município de Pelotas, RS...	34
Tabela 4. Fragilidades quanto as classes de declividade do terreno.	35
Tabela 5. Fragilidades relacionadas com as características pluviométricas.	37
Tabela 6. Classes de fragilidade relacionadas com a proteção do solo.....	39
Tabela 7. Área de Preservação Permanente em área marginal.....	40
Tabela 8. Área de Preservação Permanente.	41
Tabela 9. Graus de fragilidades relacionados as áreas de APP.	42
Tabela 10. Grau de fragilidade relacionada à ocupação humana..	44
Tabela 11. Risco de evento hidrológico extremo quanto as classes de declividade.....	45
Tabela 12. Risco de evento hidrológico extremo quanto a distância de corpos hídricos.....	46
Tabela 13. Pesos dos critérios utilizados na ponderação da modelagem dos vulnerabilidade da população.....	49
Tabela 14. Porcentagem dos graus de fragilidade dos solos em Pelotas	52
Tabela 15. Porcentagem dos graus de fragilidade referente a declividade de Pelotas.....	54
Tabela 16. Porcentagem dos graus de fragilidade referente a cobertura vegetal e uso do solo de Pelotas.....	57

Tabela 17. Porcentagem dos graus de fragilidade referente as áreas de proteção permanente	58
Tabela 18. Porcentagem dos graus de fragilidade referente a litologia de Pelotas...59	
Tabela 19. Porcentagem dos graus de fragilidade referente a ocupação humana em Pelotas	61
Tabela 20. Porcentagem da área municipal relacionada com a susceptibilidade a inundação.....	62
Tabela 21. Porcentagem dos graus de fragilidade ambiental em Pelotas.....	64
Tabela 22. Porcentagem dos graus de vulnerabilidade para a área de estudo	67
Tabela 23. Porcentagem dos riscos de inundação para a área de estudo.....	70

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Escala, resolução detectável no terreno e fonte dos dados de origem.. ..	32
Quadro 2. Índices de fragilidade de acordo com a litogia.....	43
Quadro 3. Graus de vulnerabilidade para as variáveis estudadas	48
Quadro 4. Comparativo entre duas residências com vulnerabilidades distintas	69

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA	Agência Nacional de Águas
APP	Área de Preservação Permanente
CENAD	Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres
CTM	Cadastro Técnico Multifinalitário
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ISDR	International Strategy for Disaster Reduction
MDE	Modelo Digital de Elevação
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PNDC	Plano Nacional de Defesa Civil
SIG	Sistema de Informação Geográficas
TIN	Triangulated Irregular Network
UTM	Universal Transversa de Mercator

1. INTRODUÇÃO

O aumento da população mundial é uma característica alarmante das últimas décadas, este crescimento acarretou em uma elevação na ocorrência de desastres naturais. Acredita-se que o crescimento do número de desastres aconteceu a partir da segunda metade do século XX, devido, principalmente, a exposição e a vulnerabilidade destas populações a eventos naturais extremos (MARCELINO et al, 2006).

Fenômenos naturais severos como inundações, escorregamentos, furacões, entre outros, são influenciados pelas características regionais, como, rocha, solo, topografia; sendo assim, certas regiões estão mais propensas a certos fenômenos. Estes quando ocorrem em locais habitados por seres humanos, resultando em danos (materiais e humanos) e prejuízos (socioeconômicos) são considerados “desastres naturais” (KOBAYAMA et al, 2006).

Grande parte das consequências negativas provenientes dos desastres naturais acontecem por haver famílias instaladas em áreas vulneráveis, nas quais há uma maior exposição aos efeitos de eventos extremos (ZAMPARONI, 2012). Porém, comumente se procuram estas áreas impróprias à ocupação por falta de conhecimento ou alternativas econômicas; e, em alguns casos, pela inexistência de um suporte adequado por parte do poder público para auxiliar a população na escolha de sua moradia, ou seja, a falta de um plano diretor municipal e de fiscalização eficiente.

De acordo com Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres – CENAD (2016).

Embora não seja possível evitar a ocorrência de fenômenos naturais, pode-se por meio de medidas preventivas minimizar seus efeitos para que não se tornem grandes catástrofes. Evitar um desastre natural é mais econômico do que reconstruir as zonas afetadas.

Atualmente existem diferentes técnicas para prevenção dos desastres naturais, mas primeiramente é necessário compreender os fatores que geram esses e

aumentar a resistência da população contra esses fenômenos naturais. Segundo Kobiyama et al (2004), a universidade apresenta um papel importante na prevenção dos desastres naturais, através do monitoramento e modelagem ela passa essas informações para a comunidade, que terá a possibilidade de agir preventivamente, minimizando os prejuízos do pós-evento.

Uma forma de modelagem aplicada à prevenção dos desastres naturais é a delimitação dos riscos de uma determinada área. Considera-se que o risco define a relação existente entre a probabilidade de que uma ameaça de evento adverso ou acidente determinado se concretize, com o grau de vulnerabilidade do sistema receptor a seus defeitos (PNDC, 2007). Ou seja, é possível delimitar as áreas mais susceptíveis a desastres naturais.

Dentre os diversos tipos de desastres naturais, as inundações são os fenômenos que mais tem atingido o Brasil (MARCELINO et al, 2006). Essas ocorrem quando há o aumento do nível dos rios além da sua vazão normal, ocorrendo o transbordamento de suas águas sobre as áreas próximas a ele. As inundações são fenômenos naturais que atingem ambientes urbanos e causam danos sociais, ambientais e econômicos. Como apresentado na Política Nacional da Defesa Civil – PNDC (2007) a intensidade de uma inundação vai depender da interação entre a magnitude do evento adverso e a vulnerabilidade do sistema e é quantificado em função dos danos e prejuízos.

Muitos são os fatores que interferem nos eventos de inundação, estes vão desde a vulnerabilidade da população local até a qualidade do sistema de drenagem urbana do município, de modo que algumas áreas sofrem mais danos que outras. Existem diversos fatores que caracterizam uma população vulnerável, como, por exemplo, a quantidade de idosos e crianças e a estrutura das habitações; sendo assim, uma zona vulnerável apresenta uma maior predisposição de ser afetado por um evento adverso. A espacialização e avaliação destas áreas são importantes ferramentas que servem tanto para o auxílio no planejamento urbano territorial como na fase de resposta aos desastres naturais, para definir as prioridades de ação. Utilizar ferramentas de geoprocessamento para modelar os riscos a inundação é uma alternativa para a prevenção destes eventos (HORA, 2009).

O Município de Pelotas possui um histórico grande de situações de emergência devido as inundações. Por possuir uma predominância de relevo plano com cotas baixas e a estar próximo a corpos hídricos, sua área urbana é frequentemente afetada pelas inundações, como as ocorridas em: 1941, 1959, 1987, 1990, 1991, 1995, 1997, 1998, 2004 e 2009; todos estes em anos de El Niño (HANSMANN, 2013). Mais recentemente, em outubro de 2015 (ano de El Niño), outro evento extremo ocorreu no município, o qual gerou efeitos negativos para a população, o que mostra uma tendência em ocorrer eventos adversos em anos deste fenômeno climático.

Neste Município, um dos locais mais atingidos por este tipo de evento é o Bairro Laranjal, o qual está localizado entre a Laguna dos Patos e o Canal São Gonçalo. Situação que mais uma vez se repetiu no município, sendo esta a área mais atingida pelas inundações de outubro de 2015 (SANTOS e GASPARETTO, 2015). A Defesa Civil estimou que 60% do bairro foi atingido pelas fortes chuvas do período, que resultaram em ruas alagadas, população removida, falta de energia, entre outras consequências negativas. Apesar de todo o histórico, o município não está preparado para lidar com as situações de desastres ambientais de uma maneira satisfatória, por isso a importância de haver um planejamento urbano e territorial. Neste contexto o mapeamento das áreas de risco, o qual serve de auxílio para as autoridades competentes na hora de agir em situações de emergência.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho teve como objetivo propor uma metodologia de avaliação dos riscos de inundação para o município de Pelotas/RS.

1.1.2 Objetivo Específico

- Desenvolver um formulário para a identificação das características da população atingida no bairro do Laranjal na inundação do dia 20/10/2015;
- Desenvolver um índice parcial de fragilidade ambiental associado a inundações;
- Mapear a fragilidade ambiental do município;
- Aplicar modelo de análise das áreas de risco de inundação em área teste no bairro Laranjal, utilizando o cadastro técnico multifinalitário, os questionários previamente aplicados e a fragilidade ambiental.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesse capítulo serão apresentados os conceitos básicos sobre inundações, perigo e risco, Sistema de Informação Geográfica - SIG, análise, fragilidade e mapeamento ambiental, visando contextualizar a pesquisa.

2.1 Inundações

Primeiramente é importante definir e diferenciar inundação de outros fenômenos naturais. As inundações são eventos naturais que ocorrem nos cursos da água quando há o transbordamento da água atingindo a planície de inundação ou a área de várzea (IPT, 2007). Já nas enchentes acontece um aumento da vazão do canal de drenagem, atingindo a cota máxima do canal de drenagem, porém sem ocorrer o extravasamento (Figura 1). Os dois casos estão relacionados com a intensidade e quantidade da precipitação atmosférica (SOUZA, 1998).



Figura 1. Perfil de uma situação de enchente e inundação.
Fonte: Min. Cidades/IPT, 2007

As inundações são eventos extremos e possuem maior probabilidade de provocar desastres naturais. Nas duas últimas décadas as inundações foram os desastres naturais mais frequentes no mundo (CRED-EM-DAT, 2013). As características da precipitação, assim como a taxa de infiltração e saturação do solo e a as características morfométricas e morfológicas da bacia de drenagem estão diretamente relacionadas com a magnitude e a frequência das inundações

(TOMINAGA et al, 2009). Além das características físicas do ambiente que influenciam nas inundações, estão relacionados também as condições estruturais do município em que está inserida a planície de inundação, como moradias ali presentes e o sistema de drenagem urbano.

Segundo Silva (2007), o escoamento pluvial é uma das causas das inundações e seus impactos produzidos nas áreas urbanas ocorrem devido a dois fatores: as inundações de áreas ribeirinhas e a urbanização, os quais podem ocorrer tanto simultaneamente como separadamente.

A inundação das áreas ribeirinhas é um processo natural do ciclo hidrológico, e ocorre, em geral, devido a diferentes fatores: a maioria dos planos diretores dos municípios da América Latina não possui nenhuma restrição quanto ao loteamento destas áreas; invasão das áreas ribeirinhas pelas populações de baixa renda; ocupação das áreas de médio risco, que são atingidas com menor frequência, porém sofrem danos quando afetadas (TUCCI e GENZ, 1996).

Por outro lado, a inundação devido à urbanização é um processo de origem antrópica. Esta ocorre em pequenas bacias urbanas onde o solo foi impermeabilizando, diminuindo assim sua permeabilidade e dificultando a drenagem do local (HANSMANN, 2013). Como a urbanização é um evento que se intensificou muito nos últimos anos, esse é um fator muito importante no gerenciamento das inundações, desde que muitas cidades ao redor do mundo vêm crescendo continuamente e muitas vezes sem o planejamento adequado, negligenciando a quantidade aceitável de solo impermeabilizado para um sistema de drenagem que funcione corretamente.

No Brasil, é possível ver as consequências da urbanização e das ocupações de áreas ribeirinhas nos números apresentados na Tabela 1. Observa-se nesta tabela que embora o número de mortes e de pessoas afetadas tenham diminuído na última década em relação as anteriores, percebe-se um aumento no número de eventos. Este crescimento no número de eventos mostra a importância de se tomar medidas preventivas e corretivas com relação às inundações.

Tabela 1. Inundações no Brasil no período de 1940-2008.

Período	N° de eventos	N° de mortes	N° de afetados (Desabrigados/Desalojados)
2000-2008	27	776	2.466.592
1990-1999	20	386	317.793
1980-1989	23	1.598	8.789.613
1970-1979	11	1.142	2.902.371
1960-1969	13	1.818	825.986
1950-1959	2	212	-
1940-1949	1	200	-

Fonte: EMDAT/OFDA/CRED 2009

2.1.1 Inundações no contexto de Pelotas, RS

Assim como muitos outros municípios brasileiros Pelotas também sofre muito com as inundações. Em seu estudo, Hansmann (2013) caracterizou as principais enchentes e alagamentos no município, definindo como principais causas: o baixo relevo da área urbanizada; a urbanização em áreas de risco à inundação; o descarte irregular de resíduos sólidos; a supressão da vegetação e a impermeabilização do solo.

Na área urbana, um dos bairros que é constantemente afetado por este tipo de evento é o Laranjal, este localizado entre o canal São Gonçalo e a laguna do Patos. Em agosto de 1998, um evento de grande magnitude ocorreu na cidade, atingido entre outros o Bairro do Laranjal (HANSMANN, 2013). Mais recentemente, em outubro de 2015, outra vez o bairro sofreu consequências negativas devido às inundações; neste estima-se que 60% das ruas do bairro ficaram submersas, como pode-se observar na Figura 2, no qual a maioria da população acabou sendo atingida de alguma forma.



Figura 2 – Rua no bairro do Laranjal inundada pelo evento de outubro de 2015.

2.2 Perigo e Risco

Para o desenvolvimento do trabalho é importante a definição dos conceitos de perigo e risco. O perigo (ou ameaça), é um termo traduzido da palavra inglesa *hazard*. Este é um fenômeno natural, que normalmente ocorre em locais conhecidos e possuem o potencial de causar grandes danos nas áreas de impactos, sendo, na maioria das vezes, um evento cíclico que ocorre devido as características ambientais da área. De modo que, perigos naturais são fenômenos naturais que podem causar danos e também podem ser modificados pela atividade humana, como através da degradação do ambiente e urbanização (KOBAYAMA et al; 2006).

O risco está ligado com o meio, ele será maior quanto maior as chances de acontecer impactos socioambientais negativos em determinada área. Segundo relatório da *International Strategy for Disaster Reduction* (ISDR, 2007), o risco pode ser definido como a probabilidade de haver prejuízos, ou perdas previstas (mortes, ferimentos, propriedade, meios de subsistência, interrupção de atividade econômica ou destruição ambiental) resultando das interações entre perigos naturais ou sociais e circunstâncias vulneráveis.

Para elucidar estas terminologias Koniyama et al (2006) usou o exemplo de um tornado que acontece em um local conhecido. Baseando-se no exemplo de

Kobiyama et al (2006) temos o exemplo de uma chuva de grande intensidade que costuma ocorrer em uma época e lugar conhecido, esta chuva provoca uma situação de perigo a inundação. Se este evento se propagar em direção a áreas habitadas, com uma possibilidade real de danos e prejuízos, teremos então uma situação de risco. Quando a inundação atingir a área povoada, causando danos materiais e vítimas, será denominada como desastre natural.

Sendo assim, para tratar do risco, deve-se considerar o perigo e a vulnerabilidade (densidade demográfica, infraestrutura, pobreza, etc.) do ambiente a ser impactado (KOBİYAMA et al; 2006).

2.3 SIG aplicado a análise ambiental

A tecnologia tem permitido um avanço nos estudos geoambientais nos últimos anos. Dentro deste contexto o geoprocessamento tem se destacado, pois neste se utilizam técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas (CÂMARA e DAVIS, 2002).

Uma das técnicas do geoprocessamento são os SIG's, que processam tanto dados gráficos, como não gráficos (alfanuméricos) e possuem como foco as análises espaciais e as modelagens de superfícies (SILVA, 2007). Neles comumente são tratados dados georreferenciados, sendo possível correlacionar diversas informações de um ponto geográfico específico e criar bancos de dados para diversas análises tanto de dados históricos como atuais.

Atualmente, devido aos avanços tecnológicos e metodológicos, os SIG's vêm sendo utilizados para diversos fins, sendo um deles a análise ambiental. A análise ambiental estuda as correlações dos elementos físicos, biológicos e antrópicos do ambiente em determinado espaço; de modo que os SIG's, por permitirem um estudo integrado da realidade, potencializam a análise ambiental (Santos e Bernardino; 2014). Os mesmos autores ainda comentam que devido à complexidade do meio ambiente o uso de ferramentas de geoprocessamento se torna essencial para sua análise, permitindo estabelecer relações sistêmicas entre as diversas características presentes no ambiente.

Através da análise ambiental é possível extrair informações úteis para o poder público e para o estudo de tendências no meio ambiente. Alguns exemplos de análises ambientais possíveis de serem feitas em ambiente SIG são os mapas de fragilidade ambiental, as delimitações das áreas de APP, as áreas de maior risco aos desastres naturais, entre outras. O que vai definir a metodologia da análise será seu objetivo e o resultando final dependerá dos dados disponíveis para tratamento no ambiente SIG.

2.4 Fragilidade Ambiental

A fragilidade ambiental representa a vulnerabilidade do meio ambiente. Para a sua definição leva-se em conta diversas características do meio físico, que depois são correlacionadas para a avaliação do grau de fragilidade ambiental da área, sendo permitido a análise integrada das potencialidades do meio ambiente. Este tipo de estudo é de grande valia para o planejamento territorial ambiental, sendo de interesse do poder público, pois possibilita a demarcação de áreas problemáticas dentro de seu território. Segundo Gimenes e Filho (2013), a fragilidade ambiental é consequência apenas de fatores intrínsecos do meio ambiente e está associada a perturbações provocadas por ações antrópicas.

Segundo Ross (1994) em sua metodologia da fragilidade empírica, a natureza possui funcionalidade intrínseca entre seus componentes físicos e bióticos. Está baseada no conceito de Unidades Ecodinâmicas de Tricart (1977), em que o ambiente é analisado dentro da Teoria dos Sistemas, na qual pressupõe-se que as trocas de energia e matéria na natureza ocorrem através de relações em equilíbrio dinâmico.

Os procedimentos para a definição das fragilidades ambientais envolvem estudos básicos de relevo, solo, geologia, clima, uso de terra, cobertura vegetal, entre outros, que posteriormente são analisados de forma conjunto para a geração de um produto síntese, o qual expressa diferentes graus de fragilidade (KAWAKUBO et al; 2005). Ou seja, é importante se considerar aspectos físicos, bióticos e socioeconômicos na modelagem dos índices de fragilidade.

As fragilidades ambientais são definidas através de modelos que visam representar os fenômenos e processos naturais de forma simplificada, para a melhor compreensão das condições atuais e futuras do sistema (SPORL, 2007). Segundo o mesmo autor, nestes modelos as relações espaciais entre as variáveis do estudo são

estimadas por critérios estatísticos a partir de uma amostra de uma área experimental, ou a partir de um conjunto de classes, onde são definidos a importância, através de pesos, e os limites das classes; nesta etapa leva-se em conta a experiência do analista para estas definições.

Fazer uma seleção cuidadosa de todos os dados que serão utilizados para a geração das cartas de fragilidade é crucial, tendo em vista que cada área possui suas características próprias e torna-se necessário englobar todos os aspectos do meio ambiente (GIMENES e FILHO; 2013).

2.5 Mapeamento Ambiental

No conceito do planejamento urbano territorial a espacialização do meio ambiente é uma parte essencial, capaz de gerar dados acessíveis e de fácil entendimento de seus diferentes aspectos. Através do mapeamento ambiental é possível correlacionar as diversas características do ambiente, gerando resultados como áreas de perigo e de fragilidade.

No estudo de Barreto (2009) foi utilizado o mapeamento ambiental para o caso da bacia hidrográfica da Lagoa Imboacica, este mostrou-se útil para a identificação dos problemas desta área gerando assim subsídios para o correto gerenciamento hídrico do local. A utilização de técnicas de mapeamento não serve somente para gestão de recursos hídricos, mas também para gerenciamento e planejamento urbano ambiental de qualquer tipo, como delimitação das áreas de inundação, das áreas de vulnerabilidade ambiental, entre outros (HORA, 2009; NACHORNIK et al, 2011).

Através de um correto mapeamento ambiental é possível definir o zoneamento municipal. Neste há uma setorização territorial, onde as zonas são classificadas de acordo com seus usos a partir de informações espaciais de ordem física, cultural e territorial. O principal objetivo do zoneamento ambiental é potencializar o uso de determinada área sem comprometer o meio ambiente, promovendo assim o desenvolvimento sustentável (KOBAYAMA et al, 2006). De acordo com Silva e Aguiar Filho (2013), o zoneamento ambiental serve como um

instrumento de defesa ambiental, que acompanhado o planejamento urbano, através do plano diretor, assume importante papel na promoção da qualidade de vida urbana.

2.6 Cadastro técnico multifinalitário (CTM):

O Cadastro técnico multifinalitário (CTM), é um mecanismo descritivo que funciona como um inventário, onde estão presentes informações pertinentes a cada lote da totalidade municipal. Segundo Blauchut et al (1974), o CTM funciona como um sistema onde são registrados os elementos espaciais que representam a estrutura urbana, constituído por uma componente geométrica e outra descritiva que visa fornecer dados para atender diferentes demandas municipais. Este cadastro pode ser usado para devidos fins, como planejamento urbano, fiscalização e cobranças de impostos, porém também possui o viés de caracterização da população.

Devido as constantes alterações nas municipalidades torna-se importante a constante atualização deste cadastro, para obter um melhor resultado no planejamento urbano (BONILLA e CARNEIRO, 2008). Este cadastro é feito através das ferramentas de geoprocessamento, na qual é possível caracterizar e espacializar o ambiente urbano de forma rápida e precisa, possibilitando também uma fácil atualização deste sistema de acordo com as demandas.

O CTM atualizado permite o planejamento das redes de serviços públicos nas áreas incorporadas ao perímetro urbano, bem como a formulação de políticas setoriais (Manual de Apoio – CTM, 2010). Sendo assim, o CTM desempenha papel estratégico, fornecendo a administração pública informações confiáveis e insumos valiosos para a tomada de decisões.

Como suporte às ações de planejamento e gestão da administração pública, o CTM, proporciona, por exemplo, a identificação das áreas com a ocupação racional desejável do solo urbano, bem como os locais que possuem ocupações irregulares, entre outras políticas de reordenamento territorial e de gestão integrada em consonância com os diversos parceiros (Manual de Apoio – CTM, 2010).

O CTM possui uma quantidade considerável de dados e informações, sendo necessário que estes estejam georreferenciados. Assim, possibilitando sua inclusão em um sistema de informações geográficas (SIG). Um ambiente SIG possibilita

trabalhar com a área municipal por camadas, destacando-as, como por exemplo, terras públicas, estradas e parcelas cadastrais; são usados códigos para diferenciar estes lotes (Manual de Apoio – CTM, 2010). No Brasil, aos poucos os municípios estão adotando este tipo de tecnologia, que permite analisar o histórico da dinâmica do espaço e permite realizar simulações e avaliações espaciais (Manual de Apoio – CTM, 2010).

Possuir estes dados cadastrais em ambientes SIG é de grande utilidade para o poder público. Pois, torna-se possível estudar as relações da estrutura municipal com o ambiente, através de modelagens ambientais como índices de fragilidade e áreas de inundação e escorregamento.

2.7 Geoprocessamento aplicado a tomada de decisões

A utilização do geoprocessamento como ferramenta na tomada de decisões vem mostrando-se de grande utilidade, possibilitando compreender melhor as condições e as possibilidades de utilização dos recursos naturais (BERNINI et al, 2007). Através da espacialização das características e potencialidades do meio ambiente é possível definir políticas públicas e prioridades na administração territorial, servindo assim como subsídio para a tomada de decisões.

Por meio deste tipo de tecnologia é possível extrair diversas características importantes do município. Possuindo estas informações cabe ao poder público tomar as decisões de maneira coerente com os dados disponíveis. O mapeamento das áreas de inundação, por exemplo, é considerado uma medida não-estrutural de controle deste tipo de evento, que pode ser usadas para o zoneamento municipal, alerta de inundação, seguro contra inundação (TUCCI, 2005).

Outra forma de utilização seria para a definição dos investimentos municipais. Através da análise de informações qualitativas e espaciais é possível determinar de forma eficaz a utilização de recursos naturais (BERNINI et al; 2007). Atualmente, também usa-se o geoprocessamento para a definição dos possíveis locais para a implementação de aterro sanitário, o qual tem-se mostrado muito eficaz para este tipo de decisão (MORAES et al; 2010).

Contudo, atualmente ainda encontram-se dificuldades na utilização deste tipo de ferramenta. O acesso à base de informações espaciais de uso público e de boa qualidade ainda são os grandes desafios encontrados pelos interessados na produção de informações espaciais (SOUZA, 2014).

Enfim, o geoprocessamento possibilita a geração de subsídios para o planejamento ambiental, o qual segundo Guerra (1999) pode minimizar, ou mesmo evitar a ocorrência de impactos ambientais decorrentes da ação antrópica indiscriminada, com o objetivo de orientar a ocupação humana, para que sejam resguardadas as áreas destinadas à preservação ambiental, tendo em vista a conservação dos recursos naturais, a forte instabilidade, fragilidade ambiental ou a alta suscetibilidade à erosão e movimentos de massa que certas porções da paisagem podem apresentar.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização da Área de Estudo

O município de Pelotas localiza-se ao sul do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, na latitude $31^{\circ} 46'19''$ e longitude $52^{\circ} 20'33''$. Possui uma população estimada de 342.873 pessoas (IBGE, 2015) em uma área de 1.610,084 km², o que resulta em uma densidade demográfica estimada de 212,95 hab/km².

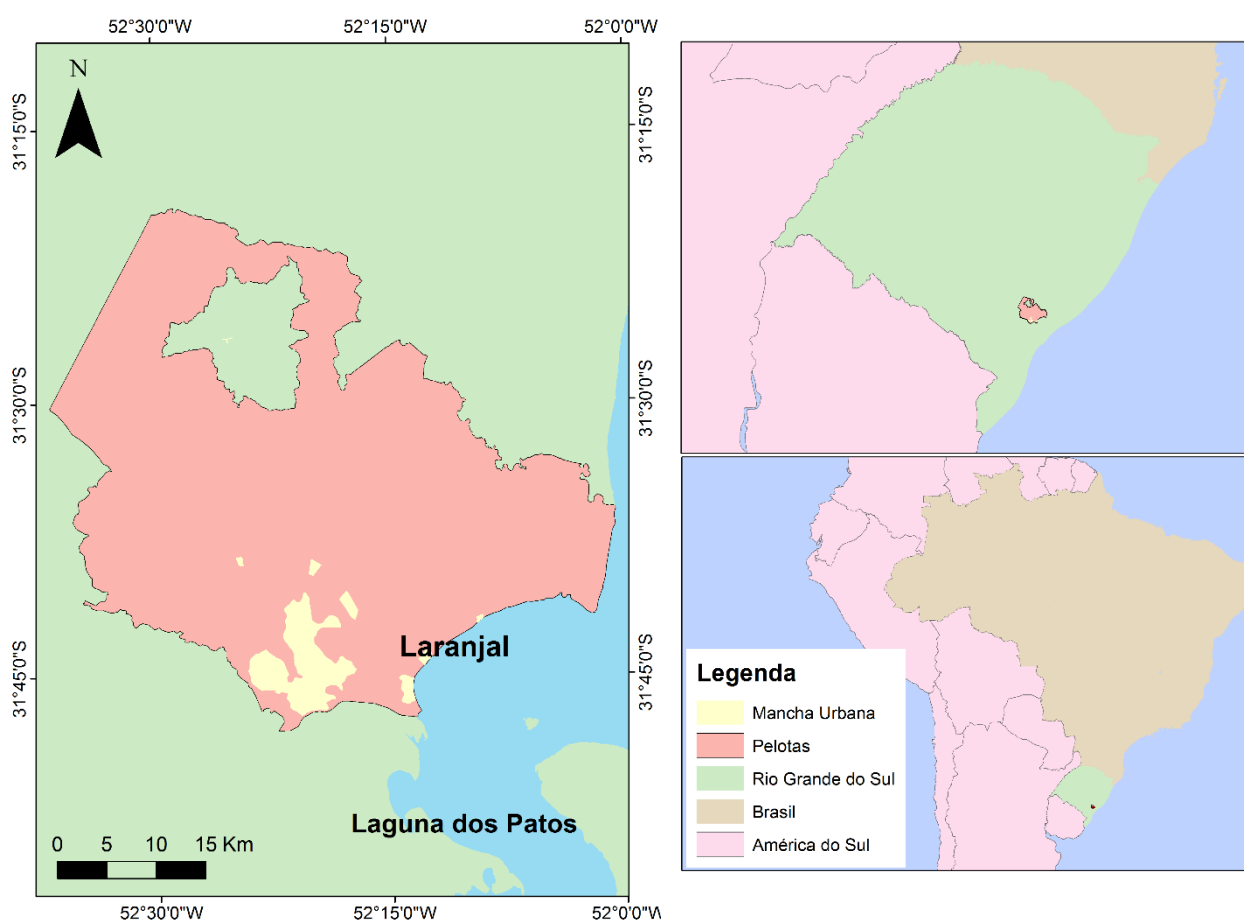


Figura 3 – Mapa de localização do município de Pelotas

O bairro do Laranjal encontra-se entre o canal São Gonçalo e a Laguna dos Patos. A expansão da cidade ocorreu de forma tardia para este bairro, o que não impediu o loteamento e construção de moradias em locais com histórico de inundações. A área localizada mais próxima do canal São Gonçalo, conhecida como Pontal, por ser uma zona de várzea tem apresentado um histórico preocupante devido aos desastres naturais, tendo ocorrido perdas significativas para as famílias que ali vivem. De modo que este estudo buscou avaliar o risco a inundações nesta região

3.2 Fragilidade Ambiental

A elaboração da carta de fragilidade ambiental usada neste trabalho baseou-se na proposta metodológica da Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais elaborada por ROSS (1994). Segundo o autor, o mapa de fragilidade ambiental é extraído a partir de mapas básicos de geomorfologia, solos, cobertura vegetal/uso da terra e clima. Estas informações posteriormente são analisadas de forma integrada, gerando assim, um produto síntese com as diferentes classes de fragilidade que o ambiente apresenta.

Para o desenvolvimento desta pesquisa utilizou os dados altimétricos, definindo o grau de declividade em relação ao eixo horizontal do terreno, esses foram base para índices parciais distintos, inicialmente para a delimitação do índice de fragilidade parcial associado a declividade proposto por ROSS (1994), o qual possibilita a delimitação de áreas com tendências a erosão e topos de moro e com esses mesmos dados possibilitaram para preposição da delimitação do índice de fragilidade parcial associado a inundação, no qual as áreas com menor declividade associadas a proximidade as cursos de água permitiram delimitar áreas que possuem um histórico desfavorável em relação a inundações. Baseando-se em Leandro (2013) foi inserido também as áreas de Preservação Permanente e áreas de ocupação urbana, na classificação da fragilidade ambiental. Para cada mapa houve uma hierarquização das classes de atributos de acordo com sua fragilidade ambiental. Estas foram classificadas de 1 a 5, sendo definidas como Muito Baixa, Baixa, Média, Alta e Muito Alta, sendo que quando maior o índice de fragilidade, menor o grau de proteção, assim como proposto por Ross (1994).

Posteriormente ao processamento dos mapas bases, pode-se por fim elaborar a fragilidade ambiental através de um modelo matemático inserido no aplicativo ArcMap 10.2. Esta modelagem foi baseada nos modelos propostos por Ross (1994) e Leandro (2013), no qual os critérios para elaboração dos índices de fragilidade ambiental são ponderados para o modelo com valores variando de 7 a 1 (Tabela 2).

Tabela 2: Pesos dos critérios utilizados na ponderação da modelagem dos índices de fragilidade ambiental

Critério	Peso
Inundação	7
Declividade	6
Cobertura Vegetal e Uso do solo	6
Áreas de Preservação	6
Ocupação Humana	5
Tipos de Solo	1
Rochas (Litologia)	1
Clima	1

O modelo linear utilizado é apresentado na Fórmula 3.2.1, o qual está baseado no modelo proposto por Leandro (2013).

$$GF = 7 \cdot C_1 + 6 \cdot C_2 + 6 \cdot C_3 + 6 \cdot C_4 + 5 \cdot C_5 + 1 \cdot C_6 + 1 \cdot C_7 + 1 \cdot C_8 \quad (\text{Fórmula 3.2.1})$$

Sendo:

GF Grau de fragilidade

C₁ Grau de fragilidade relativo a susceptibilidade a inundação

C₂ Grau de fragilidade relativo a declividade

C₃ Grau de fragilidade relativo a cobertura vegetal e uso do solo

- C₄ Grau de fragilidade relativo as áreas de preservação permanente
- C₅ Grau de fragilidade relativo a ocupação humana
- C₆ Grau de fragilidade relativo aos tipos de solo
- C₇ Grau de fragilidade relativo a litologia
- C₈ Grau de fragilidade relativo ao clima

Para a geração do mapa base relativo aos tipos de solo utilizou-se o mapa de solos da folha SH.22 - Porto Alegre, elaborado pela diretoria de geociências (IBGE/DGC), em 2013, na escala 1:250.000. O mapa de uso e cobertura do solos foi extraído do mapa de vegetação da Folha SH.22 – Porto Alegre, elaborado pela diretoria de geociências (IBGE/DGC), em 2011, na escala 1:250.000. O mapa de litologia foi extraído do mapa geológico da Folha SH.22 – Porto Alegre, elaborado pela diretoria de geociências (IBGE/DGC), em 2011, na escala 1:250.000.

O mapa base de declividade foi elaborado a partir dos dados altimétricos (pontos cotados e curvas de nível) disponibilizados pela Prefeitura de Pelotas na escala 1:2.000.

Já o mapa de clima foi elaborado a partir dos históricos de chuva da estação pluviométrica Ponto Cordeiro de Farias, a qual é operada pela Agência Nacional de Águas (ANA).

Por último o mapa de fragilidades quanto as Áreas de Preservação Permanente (APP) foi feito através da hidrografia de Pelotas, a qual foi retirado do mapa topográfico municipal. Este mapa foi disponibilizado pelo Banco de Dados Geográficos do Exército (BDGex) em escala 1:50.000 de forma online.

Os dados espaciais multiescalares utilizados para a geração dos mapas bases, com suas respectivas escalas e fonte está ilustrado no Quadro 1.

QUADRO 1 – Escala, resolução detectável no terreno e fonte dos dados de origem.

Dados	Escala	Resolução detectável no terreno (m)	Fonte
Dados altimétricos (curvas de nível e pontos cotados)	1:2.000	2	Prefeitura Municipal de Pelotas
Tipos de solo	1.250.000	250	Folha SH.22 - Porto Alegre; (IBGE/DGC)
Proteção do solo	1.250.000	250	Folha SH.22 – Porto Alegre; (IBGE/DGC)
Dados Hidrográficos	1.50.0000	50	BDGex
Dados Geológicos	1.250.000	250	Folha SH.22 – Porto Alegre; (IBGE/DGC)

Fonte: Autor (2016)

Após levantamento dos dados existentes para a região e aquisição dos dados espaciais base, os mesmos foram manipulados a fim de padronizá-los para possibilitar realizar uma análise espacial correta da área. Todos os dados foram normatizados e associados a um sistema de referência único, WGS84, e assim como foi definido um sistema de projeção para o mapeamento, Projeção Universal de Mercator para o fuso 22 (zona UTM22). Posteriormente estes dados espaciais no formato vetorial foram cortados para o limite municipal de Pelotas e transformados em formato matricial, sendo definido como tamanho de célula 10.

Após organizar estes mapas, os mesmos foram reclassificados conforme os índices de fragilidade de seus atributos e como produto obteve-se todos os mapas de fragilidade básicos, como, por exemplo, o de fragilidade do solo. Para aplicação da modelagem aos mapas de fragilidade parcial, descrita na fórmula 3.2.1, utilizou-se a ferramenta *raster calculator* do aplicativo ArcMap 10.2. Essa etapa possibilitou a geração do produto final, mapas de fragilidade ambiental na escala 1:50.000.

Da seção 3.2.1 a 3.2.6 são apresentados as características e parâmetros utilizados para a classificação dos índices de fragilidade parcial do município de Pelotas.

3.2.1 Tipos de Solos

Os solos possuem características do material de origem e dos processos de sua formação (clima, vegetação, relevo) que associados apresentam diferentes níveis de fragilidade (ROSS, 1994). Dentro deste contexto, determinou-se estes níveis para os solos presentes na área de estudo (Tabela 3).

Os diferentes tipos de solos encontrados no município de Pelotas (Figura 4) foram caracterizados utilizando o Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2015). Sendo estes: planossolo, neossolo, argissolo, gleissolo e organossolo.

Planossolo: Compreendem solos minerais, imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura mais leve que contrasta abruptamente com o horizonte B imediatamente subjacente, adensado e geralmente com acentuada concentração de argila, com permeabilidade lenta ou muito lenta. Caracterizando uma fragilidade muito alta.

Neossolo: Solos constituídos por material mineral ou material orgânico pouco espesso (menos de 30 cm de espessura), sem apresentar qualquer tipo de horizonte B. No município encontra-se neossolo flúvicos, o qual é constituído por sucessão de camadas de natureza aluvionar, sem relação pedogenética entre si, e o neossolo litólico, o qual caracteriza-se por ser raso. Sendo assim um solo com uma fragilidade muito alta.

Argissolos: Os solos desta classe têm como característica marcante um aumento de argila do horizonte superficial A para o subsuperficial B que é do tipo

textural (Bt), geralmente acompanhado de boa diferenciação também de cores e outras características. O que o define como um solo de média fragilidade.

Gleissolos: Solos característicos de áreas alagadas ou sujeitas a alagamento (margens de rios, ilhas, grandes planícies, etc.). Apresentam cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas, dentro de 50 cm da superfície. Podem ser de alta ou baixa fertilidade natural e tem nas condições de má drenagem a sua maior limitação de uso. Ocupam principalmente as planícies de inundação de rios e córregos. Por suas características é classificado com uma fragilidade muito alta.

Organossolos: Constituem solos pouco evoluídos, constituídos por material orgânico proveniente da acumulação de restos vegetais em grau variado de decomposição, em ambientes drenagem deficiente, ou úmidos de altitude elevada, que ficam saturados com água por poucos dias no período chuvoso. Tem coloração preta, cinzenta muito escura ou marrom e apresentam elevados teores de carbono orgânico. Quando não drenados artificialmente, apresentam-se saturados com água pela maior parte do tempo e tem ocorrência em regiões baixas ou alagadas, geralmente planícies de inundação de rios e córregos e áreas deprimidas. Sendo definido com uma fragilidade muito alta.

Tabela 3: Fragilidades dos tipos de solos encontrados no município de Pelotas, RS.

Tipo de solo	Fragilidade	Valor
Argissolo textura média/argilosa	Média	3
Organossolos, Gleissolos, Neossolo, Planossolos	Muito Alta	5

Fonte: Adaptado de Ross, 1994

3.2.2 Declividade

A inclinação do terreno em relação à horizontal repercute em diversos fatores, tais como concentração, dissipação e velocidade do escoamento das águas pluviais, estes associados aos tipos de solo e intensidade de chuva resulta em uma maior ou

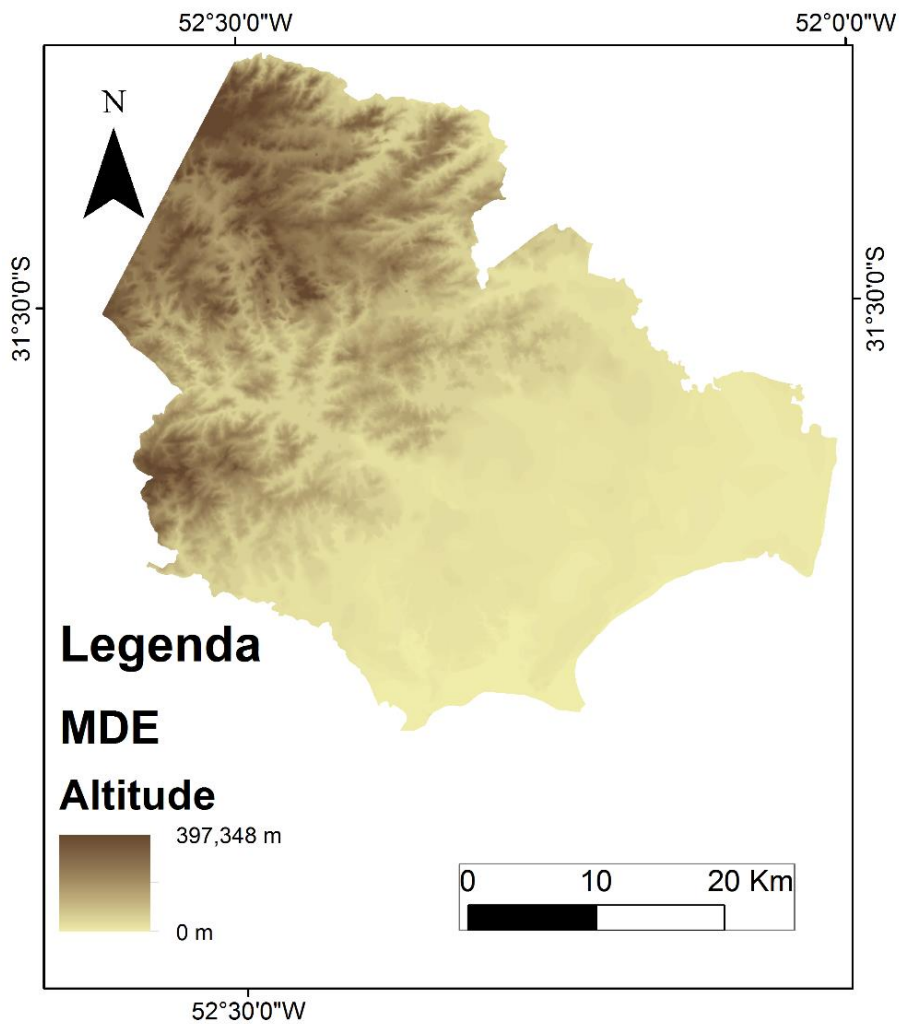
menor susceptibilidade à erosão, riscos de movimentos de massa e processos de inundação (CUNHA & GUERRA, 2010).

Tabela 4: Fragilidades quanto as classes de declividade do terreno.

Classes	Fragilidade	Valor
< 6%	Muito Baixa	1
De 6% a 12%	Baixa	2
De 12% a 20%	Média	3
De 20% a 30%	Alta	4
> 30%	Muito Alta	5

Fonte: Adaptado de Ross, 1994

O mapa de declividade foi elaborado através dos dados altimétricos, como por exemplo, pontos cotados e curvas de nível. Com estes foi confeccionado um Modelo Digital de Elevação (MDE) através do programa ArcMap 10.2 (Figura 5). Este modelo foi construído através de uma Rede Triangular Irregular (TIN), na qual a superfície é convertida em triângulos conectados pelos dados de altimetria (SCHNEIDER, 2010). Produzindo assim um mapa em três dimensões da área.



Sistema de Coordenadas: WGS-84 UTM zone 22S

Projeção: Transversa de Mercator

Dátum: Córrego Alegre

Meridiano Central: 51W

Figura 4: Modelo Digital de Elevação (MDE) do município de Pelotas, RS.

3.2.3 Clima

Por agir diretamente sobre a dinâmica ambiental, os dados climáticos, principalmente as chuvas, são de fundamental importância para a análise da fragilidade ambiental (SPÖRL, 2007). Segundo a mesma autora, a distribuição e intensidade das chuvas no decorrer do ano são fatores determinantes no processo de intemperismo de rochas e solos. Na tabela 5 são apresentadas as características pluviométricas associadas ao índice de fragilidade ambiental.

Tabela 5: Fragilidades relacionadas com as características pluviométricas

Características Pluviométricas	Fragilidade
Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes não muito superiores a 1000mm/ano	Muito Baixa
Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 2000mm/ano	Baixa
Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com períodos secos entre 2 e 3 meses de inverno, e no verão com maiores intensidades de dezembro a março	Média
Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com períodos secos entre 3 e 6 meses, e alta concentração das chuvas no verão entre novembro e abril quando ocorrem de 70 a 80% do total de chuvas	Alta
Situação pluviométrica com distribuição regular, ou não, ao longo do ano, com grandes volumes anuais ultrapassando 2500mm/ano; ou ainda, comportamentos pluviométricos irregulares ao longo do ano, com episódios de chuvas de alta intensidade e volumes anuais baixos, geralmente abaixo de 900mm/ano (semi-árido)	Muito Alta

Fonte: Adaptado de Spörl, 2007.

Pelotas, assim como a maior parte do Rio Grande do Sul, possui um clima subtropical úmido. Segundo dados da estação pluviométrica Ponto Cordeiro de Farias, disponibilizadas pela ANA (Figura 6), Ponto Cordeiro de Farias, Pelotas apresentou entre os anos 1965 e 2004 uma média precipitação média anual de 1473,5 mm. A distribuição da chuva durante o ano é uniforme, não ocorrendo estação de seca.

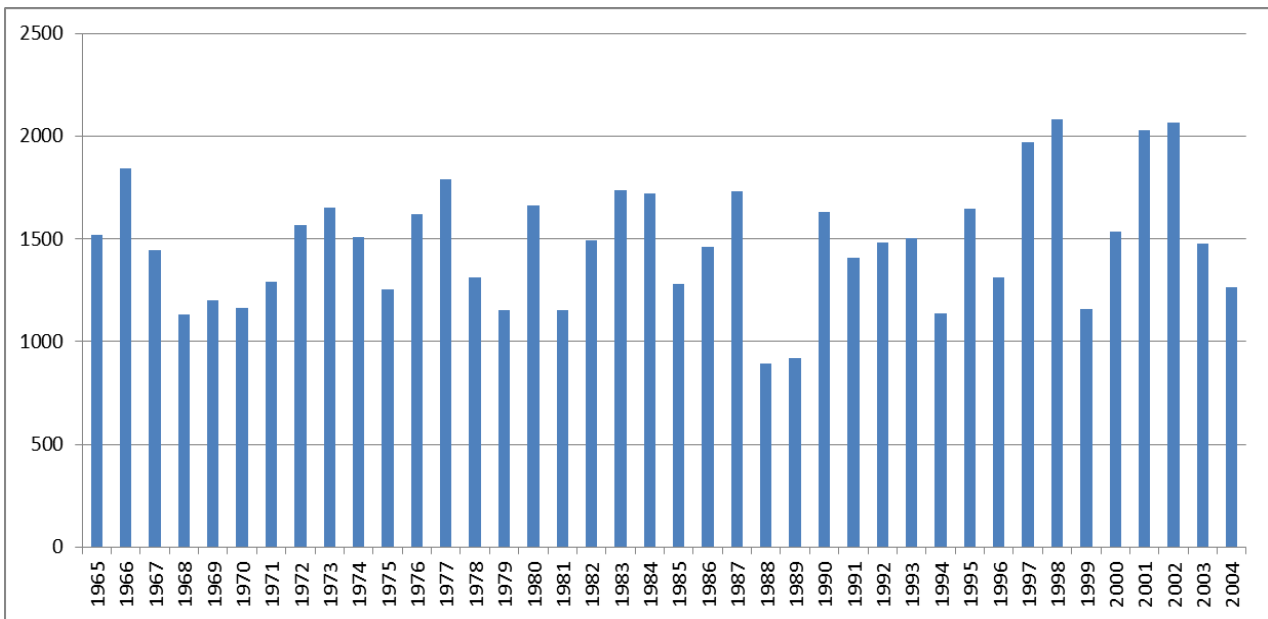


Figura 5: Precipitação anual total entre os anos de 1965 e 2004

3.2.4 Cobertura Vegetal e uso do solo

A cobertura vegetal e uso do solo é fundamental para a determinação dos índices de fragilidade ambiental, pois é onde se verifica a relação do homem com a natureza (SHNEIDER, 2010).

O conhecimento e monitoramento das formas de uso e ocupação da terra fornecem informações básicas para o manejo dos recursos naturais (SPORL, 2007). Já a vegetação através do seu porte e densidade reduzem as taxas de erosão, além de auxiliar na formação da matéria orgânica no solo, responsável por sua estabilidade, sendo assim um fator importante na determinação da fragilidade ambiental (CUNHA & GUERRA, 2010).

Ross (1994) determinou hierarquicamente os graus de uso e proteção do solo. Para este trabalho categorizou-se como apresentado na tabela 6.

Tabela 6: Classes de fragilidade relacionadas com a proteção do solo

Cobertura Vegetal e Uso do Solo	Fragilidade
Florestas/ Matas Naturais	Muito Baixa
Agropecuária	Alta
Corpos d'água, Área Urbana e sua periferia	Muito Alta

Fonte: Elaborado com base em ROSS (1994)

3.2.5 Áreas de Preservação Permanente

As Áreas de Preservação Permanente (APP) dentro do território nacional e outros espaços territoriais especialmente protegidas são estabelecidas através da Resolução CONAMA n° 303, de 20 de março de 2002, sendo estas de relevante interesse ambiental e integrantes do desenvolvimento sustentável. Nesta Resolução, Área de Preservação Permanente se situa na faixa marginal a corpos hídricos (Tabela 7).

Tabela 7: Área de Preservação Permanente em área marginal.

Faixa Marginal	Largura ou Localização	Largura Mínima da RPPN
Curso d'água	Menos de 10 metros	30 metros
Curso d'água	10 a 50 metros	50 metros
Curso d'água	50 a 200 metros	100 metros
Curso d'água	200 a 600 metros	200 metros
Curso d'água	Acima de 600 metros	500metros
Nascente ou olho d'água	-	Mínimo de 50 metros
Lagos e lagoas naturais	Rural / propriedades menores que 20 hectares	100 metros
Lagos e lagoas naturais	Rural / propriedades menores que 20 hectares	Muito Alta

Fonte: Adaptado da Resolução CONAMA n° 303, de 20 de março de 2002

Espaços territoriais que possuem fauna e flora com características variáveis também são especialmente protegidos. Na tabela 8 mostra-se a definição da Resolução CONAMA n° 303 acerca destes locais.

Tabela 8: Área de Preservação Permanente.

Faixa Marginal	Largura Mínima da RPPN
Topo de morros e montanhas	A partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação a base.
Linhas de cumeada	Área delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura, em relação à base, do pico mais baixo da cumeada, fixando-se a curva de nível para cada segmento da linha de cumeada equivalente a mil metros.
Encosta ou parte desta	Declividade superior a cem por cento ou quarenta e cinco graus na linha de maior declive.
Escarpas e nas bordas dos tabuleiros e Chapadas	A partir da linha de ruptura em faixa nunca inferior a cem metros em projeção horizontal no sentido do reverso da escarpa.
Restingas	Faixa mínima de trezentos metros, medidos a partir da linha de preamar máxima.
Manguezal	Em toda a sua extensão.
Dunas	Toda a área.
Altitude superior a mil e oitocentos metros	Toda a área.
Locais de refúgio ou reprodução de aves migratórias	Toda a área.
Nas praias, em locais de nidificação e reprodução da fauna silvestre.	Toda a área.
Nos locais de refúgio ou reprodução de exemplares da fauna ameaçadas de extinção, que constem de lista elaborada pelo Poder Público Federal, Estadual ou Municipal.	Toda a área.

Fonte: Adaptado da Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002

As áreas de APP são consideradas naturalmente frágeis, pois qualquer perturbação nelas reflete negativamente em ecossistemas ricos causando assim mais problemas que em outras áreas. O uso deste mapa temático baseou-se no estudo apresentado por Leandro (2013), que utilizou três classes para sistematizar as áreas influenciadas pelas APP's: alta, média e baixa (Tabela 9).

Tabela 9: Graus de fragilidades relacionados as áreas de APP.

Existência de Área de Preservação Permanente	Fragilidade
Áreas de Preservação e corpos de água em área urbana sejam naturais ou artificiais, 30 metros em seu entorno.	Alta
Áreas que distam até 500 metros de Áreas de Preservação e de corpos de água em área urbana sejam naturais ou artificiais.	Média
Outras	Baixa

Fonte: Adaptado de Leandro, 2013.

A partir do mapa hidrográfico de pelotas, através do aplicativo ArcGis 10.2, ferramenta *buffer*, delimitou-se as áreas de acordo com suas fragilidades.

3.2.6 Litologia

Outra variável utilizada para a definição dos índices de fragilidade ambiental foi a litologia. As rochas estão inseridas na crosta terrestre e são essenciais para a composição do solo, que é considerado um fator importante ao suporte dos ecossistemas e das atividades humanas sobre a terra (SILVA, 2008).

Os índices de fragilidade ambiental estão de acordo com a composição mineral da rocha, que poderá ser mais ou menos vulnerável aos efeitos do intemperismo. Assim, é possível classificar a fragilidade relacionada a litologia em diferentes índices de acordo com cada classe e suas respectivas características (ROSS, 1994). O quadro a seguir apresenta os diferentes tipos de rochas com suas respectivas fragilidades.

Tipos de Rochas	Litologias	Grau de Vulnerabilidade	Índice de Fragilidade Ambiental
Metamórficas	Quartzitos ou metaquartzitos	1,0	Muito Baixa
Ígneas	Riólito, Granito, Dacito	1,1	
Ígneas Intrusivas	Granodiorito, Granulitos	1,2	
Metamórficas	Migmatitos, Gnaisses	1,3	
Ígneas Intrusivas	Fonólito, Nefelina Sienito, Traquito, Sienito	1,4	Baixa
Ígneas	Andesito, Diorito, Basalto	1,5	
Ígneas Intrusivas	Anortosito, Gabro, Peridotito	1,6	
Metamórficas	Milonitos, Quartzo muscovita, Biotita-xisto, Clorita xisto	1,7	
Ígneas e Metamórficas	Piroxenito, anfíbolito Kimberlito, Dunito	1,8	Média
Ígneas	Homblenda, Tremolita, Actinolita xisto	1,9	
Metamórficas	Estaurolita xisto, Xistos granatíferos	2,0	
Metamórficas	Filito, Metassiltito	2,1	
Metamórficas	Ardósia, Metargilito	2,2	Alta
Metamórficas	Mármore	2,3	
Sedimentares	Arenitos quartzosos ou ortoquartzitos	2,4	
Sedimentares	Conglomerados, Subgrauvacas	2,5	
Sedimentares	Grauvacas, Arcózios	2,6	Muito Alta
Sedimentares	Siltitos, Argilitos	2,7	
Sedimentares	Folhelhos	2,8	
Sedimentares	Calcários, Dolomitos, Margas, Evaporitos	2,9	
Sedimentares	Sedimentos Inconsolidados: Aluviões, Colúvios etc.	3,0	

QUADRO 2: Índices de fragilidade de acordo com a litologia.

FONTE: Adaptado de Spörl, 2007

3.2.7 Ocupação Humana

Qualquer intervenção humana no meio ambiente serve para classificar este critério. As ações antrópicas alteram as condições socioambientais de uma área, acentuando-se com o passar dos anos (LEANDRO, 2013). A produção de lixo e esgoto, que está diretamente associada a ocupação humana, degrada o meio ambiente. Baseando-se no trabalho de Leandro (2013), elaborou-se a tabela 10, a qual está presente os critérios para a classificação dos índices de fragilidade presentes no município de Pelotas.

Tabela 10: Grau de fragilidade relacionada à ocupação humana.

Ocupação Humana	Fragilidade
Estrada, Sem Ocupação	Muito Baixa
Indústrias e aglomerados humanos (área urbana alta) com tratamento de detritos, aglomerados humano (área urbana baixa, média e alta) com tratamento de detritos parcial (vila), áreas de mineração, areais e granja	Alta
Indústrias e aglomerados urbanos sem tratamento de detritos	Muito Alta

Fonte: Leandro (2013)

3.2.8 Inundação

Visando propor um novo índice de fragilidade ambiental parcial baseado em características físicas da área municipal foi avaliada a susceptibilidade a inundação da área municipal. Para tal, focou-se em duas atributos que possuem ampla conexão com esses fenômenos: a variação do relevo e a proximidade aos corpos de água. O relevo influencia diretamente na delimitação destas áreas, onde são planas e de cotas mais baixas, a probabilidade de ocorrência deste tipo de evento é maior (TRENTIN et al, 2008). A inclinação do terreno em relação à horizontal repercute no escoamento das águas pluviais, potencializando assim processos de inundação (CUNHA & GUERRA, 2010). Por serem eventos naturais onde há o transbordamento dos cursos

da água atingindo a planície de inundação ou a área de várzea (IPT, 2007), a proximidade aos corpos hídricos caracterizam zonas com maior probabilidade de serem afetadas por este tipo de evento.

Os critérios utilizados na avaliação da susceptibilidade a inundação foram hierarquizados em cinco classes. As Tabela 11 e a Tabela 12 apresentam as divisões aplicadas. Para a definição das classes para a delimitação desse índice de fragilidade parcial foram observadas as características físicas das áreas de estudo correlacionando com os eventos históricos. Realizou-se uma série de simulações variando diferentes classes de declividades, assim como as faixas de proximidade aos corpos de água, até encontrar uma combinação que fosse representativa dos eventos históricos na região. Para a definição influência da declividade nos eventos de inundação adaptou-se a proposta de Hora (2009), como pode-se observar na Tabela 11.

Tabela 11 – Risco de evento hidrológico extremo quanto as classes de declividade

Declividade	Classe
> 30%	Muito Baixa
De 15% a 30%	Baixa
De 6% a 15%	Média
De 2% a 6%	Alta
< 2 %	Muito Alta

Fonte: Adaptado de Hora, 2009.

Na Tabela 12 é apresentada a preposição da metodologia para a delimitação dos índices de fragilidade parcial associado a inundação considerando tanto a declividade como a distância dos corpos hídricos. Nela considera-se que as áreas com distâncias inferiores a 50m dos cursos de água que possuem uma declividade

inferior a 2% possuem maior probabilidade a serem afetadas pelos eventos de inundação, ou seja, serão áreas classificadas com índice muito alto de fragilidade. Já áreas que distam mais de 1000m de cursos de água e declividade superior a 30% tendem a não serem afetadas.

Tabela 12 – Risco de evento hidrológico extremo quanto a distância de corpos hídricos.

Distância de corpos hídricos	Declividade	Classe
> 1000m	> 30%	Muito Baixa
De 500m a 1000m	De 15% a 30%	Baixa
De 100m a 500m	De 6% a 15%	Média
De 50m a 100m	De 2% a 6%	Alta
< 50m	< 2 %	Muito Alta

3.3 Questionários

Para a modelagem do risco de inundação é essencial caracterizar a população atingida por inundações na área urbana de Pelotas, para isso elaborou-se um questionário.

O questionário é composto de 28 perguntas, associadas a quantificação da lâmina de água que atingiu as residências, a frequência com que isso ocorre, ao atendimento da defesa civil, entre outras. Esse pode ser visualizado na íntegra no Apêndice A.

Primeiramente ele foi disponibilizado na plataforma online Survio e divulgado nas redes sociais. Posteriormente, a Defesa Civil Municipal, com a ajuda de 25 voluntários, aplicou o questionário de porta em porta na área mais atingida pelas últimas chuvas.

Logo após recolher todos os questionários, os mesmos foram tabulados e espacializados de acordo com os lotes do município através do software Arcgis 10.2.

3.4 Vulnerabilidade da População

Os dados utilizados para a vulnerabilidade foram retirados do cadastro técnico multifinalitário municipal, através do qual extraiu-se todos os lotes da área de estudo. Para complementar foi utilizado o questionário elaborado conjuntamente com a defesa civil para a caracterização das vulnerabilidades da população na área de estudo.

Furlan (2011) em sua proposta metodológica para o mapeamento das vulnerabilidades socioeconômicas à ocorrência de eventos extremos definiu alguns fatores determinantes. Neste trabalho as variáveis utilizadas foram: moradores com menos de 10 anos, moradores com mais de 65 anos, número de moradores na residência, moradores com necessidades especiais, tipologia e número de pavimentos da residência, se foi atingido por eventos anteriores, se a água invadiu o lote e a residência. A idade dos moradores é essencial para delimitar os estratos populacionais mais vulneráveis que são constituídos por idosos, enfermos, crianças e inválidos para uma evacuação rápida e segura das pessoas. As características estruturais da residência demonstram certa resistência aos impactos negativos, como um segundo piso para abrigo em caso de inundação. E o histórico de inundações demonstra a uma maior susceptibilidade aos eventos negativos de determinada residência. No Quadro 3 é apresentado os graus de vulnerabilidade para os diferentes critérios utilizados no estudo.

Grau de vulnerabilidade	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
Número de moradores	0	1	2 a 3	5	5 ou mais
Moradores com mais de 65 anos	0	-	-	1 a 2	3 ou mais
Moradores com menos de 10 anos	0	-	-	1 a 2	3 ou mais
Moradores com necessidades especiais	Não	-	-		Sim
Pavimentos da residência	-	2 ou mais	-	1	-
Tipologia da residência	-	Alvenaria	Mista	-	Madeira
Residência atingida por evento anterior	Não	-	-	-	Sim
Água invadiu o lote em evento anterior	Não	-	-	-	Sim
Água invadiu residência em evento anterior	Não	-	-	-	Sim

QUADRO 3: Graus de vulnerabilidade para as variáveis estudadas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Estas informações foram acrescentadas em todos os lotes das zonas de estudo, sendo que os lotes sem residências foram atribuídos o valor 0.

Depois de espacializados os dados em formato vetorial, estes foram rasterizados para o processamento da modelagem do índice de vulnerabilidade da área. Para a análise dos índices de vulnerabilidade os dados foram ponderados para o modelo utilizado (Tabela 13).

Tabela 13: Pesos dos critérios utilizados na ponderação da modelagem da vulnerabilidade da população.

Critério	Peso
Moradores com menos de 10 anos	2
Moradores com mais de 65 anos	2
Número de moradores na residência	1
Moradores com necessidades especiais	4
Número de pavimentos	2
Tipologia da residência	1
Atingido por evento anterior	1
Água invadindo o lote em evento anterior	2
Água invadindo a residência em evento anterior	4

Baseando-se em Furlan (2011) e em Da Hora (2011) chegou-se ao modelo linear utilizado para a determinação da vulnerabilidade (Fórmula 3.4.1). Esta fórmula foi inserida no aplicativo ArcMap 10.2, gerando assim um mapa de vulnerabilidade na escala 1:50.000. Este foi classificado em 5 categorias de vulnerabilidade (muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto). O método de classificação utilizado foi o das quebras naturais por otimização de Jenks implementado no ArcMap, o qual utiliza a relação matemática lógica entre as classes (estatísticas). O método do algoritmo de Jenks, busca minimizar a variância intra classes e maximizar a variância inter classes (GIRARDI, 2008). Esse método forma grupos que são homogêneos internamente e assegura a heterogeneidade entre classes (DECANINI, 2003).

$$GV = 2.C_1 + 2.C_2 + 1.C_3 + 4.C_4 + 2.C_5 + 1.C_6 + 1.C_7 + 2.C_8 + 4.C_9 \quad (\text{Fórmula 3.4.1})$$

Sendo:

GF Grau de vulnerabilidade

C₁ Grau de vulnerabilidade relativo ao número de moradores com menos de 10 anos

C₂ Grau de vulnerabilidade relativo ao número de moradores com mais de 65 anos

C₃ Grau de vulnerabilidade relativo ao número de moradores na residência

C₄ Grau de vulnerabilidade relativo ao número de moradores com necessidades especiais

C₅ Grau de vulnerabilidade relativo ao número de pavimentos da residência

C₆ Grau de vulnerabilidade relativo a tipologia da residência

C₇ Grau de vulnerabilidade relativo se a residência foi atingida por evento anterior

C₈ Grau de vulnerabilidade relativo se a água invadiu o lote em evento anterior

C₉ Grau de vulnerabilidade relativo se a água invadiu a residência em evento anterior

3.5 Risco de Inundações

De acordo Dagnino & Agnino (2007) o risco é definido como a probabilidade de um evento adverso ocorrer. Para o cálculo do risco a Defesa Civil (BRASIL, 2007) apresentou a equação Fórmula 3.5.1

$$R = A \times V \quad (\text{Fórmula 3.5.1})$$

Sendo:

R = Risco

A = Ameaça

V = Vulnerabilidade

Neste trabalho utilizou-se a carta de fragilidade ambiental como a variável ameaça, por essa definir a capacidade de suporte natural da área, destacando os locais mais instáveis.

Por possuir um histórico desfavorável, a avaliação dos riscos a inundações foi aplicada em uma área específica do bairro Laranjal, Pelotas, tendo em vista que os índices de vulnerabilidade coletados compreendem esta localidade.

Então, para a modelagem do risco a inundação para a área de estudo utilizou-se a fórmula 3.5.1, está aplicada na ferramenta raster calculator do aplicativo ArcMap 10.2 gerando um mapa com os riscos a inundação da área na escala 1:50.000.

O mapa gerado foi classificado em 5 categorias de risco (muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto), sendo estes definidos pelo método de quebra naturais otimizado de Jenks.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Fragilidade Ambiental

Após o levantamento dos dados referentes as características do município elaboraram-se os mapas básicos para a modelagem das fragilidades ambientais do município.

4.1.1 Tipos de Solo

Pelotas apresenta variações em suas fragilidades relacionadas ao solo. A área urbana central apresenta fragilidade ambiental muito alta, devido aos organossolos e gleissolos, os quais caracterizam-se com uma maior susceptibilidade as inundações e aos alagamentos . Já a região do Laranjal, assim como a área com maior altitude no município, apresentam argissolo, o que caracteriza uma fragilidade média. Já na área central, por ser mais plana, está presente os planossolos, os quais apresentam uma fragilidade ambiental muito alta, caracterizando condições de drenagem insuficientes (IBGE, 2015).

Tabela 14: Porcentagem dos graus de fragilidade dos solos em Pelotas.

Grau de Fragilidade	Porcentagem da área	Área (Km²)
Média	51,2 %	888,28
Muito Alta	48,8 %	846,32

Os tipos de solos presentes na área demonstram uma grande vulnerabilidade relacionada a esse critério, com 48,8% da área municipal classificada como fragilidade muito alta. Na Figura 6 são apresentados os graus de fragilidade referentes aos tipos de solos presentes em Pelotas.

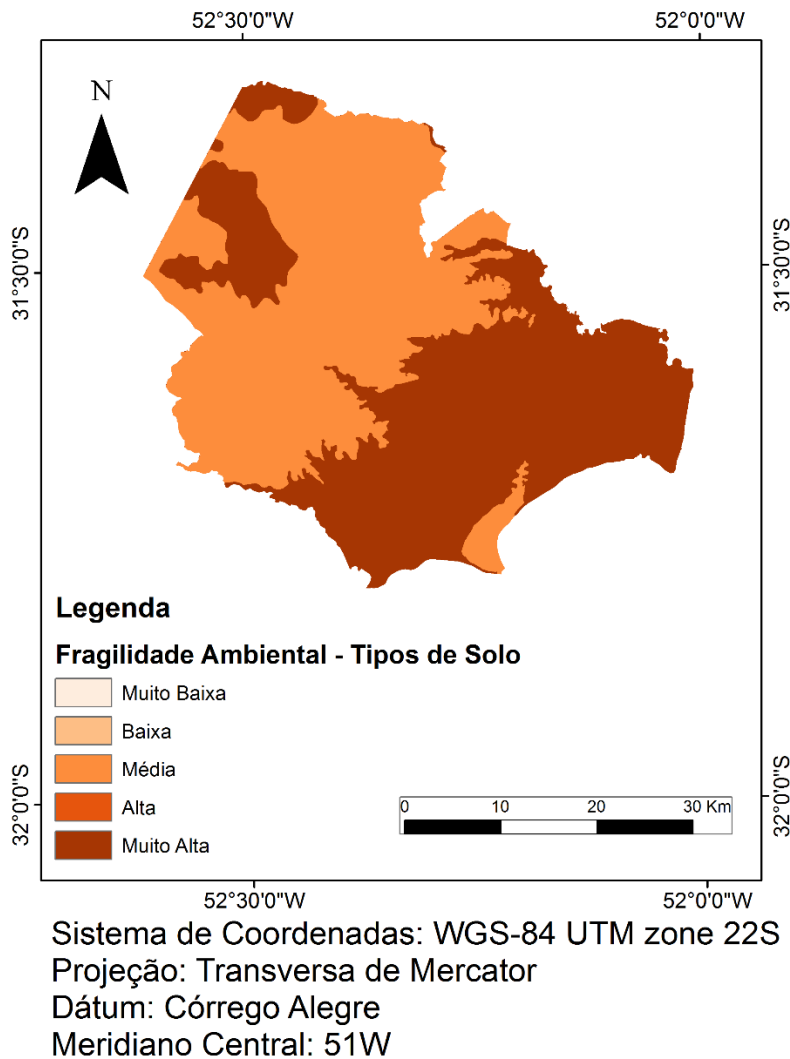


Figura 6: Mapa das fragilidades relacionadas aos tipos de solos.

4.1.2 Declividade

A declividade influencia na dispersão da água sobre o solo. Sendo em áreas planas, o escoamento ocorre de forma lenta e a água tem mais tempo de se infiltrar no solo, em áreas de declive acentuado a velocidade de escoamento é maior (SCHEIDER, 2010). Pelotas apresenta uma superfície predominantemente plana na área mais próxima a Laguna dos Patos, onde está inserida a área urbana, que segundo a classificação de Ross (1994) enquadra-se como fragilidade muito baixa. Já a porção a oeste do município apresenta mais declives, com áreas de fragilidade mais alta.

Tabela 15: Porcentagem dos graus de fragilidade referente a declividade de Pelotas.

Grau de Fragilidade	Porcentagem da área	Área (Km²)
Muito Baixa	76,98 %	1238,36
Baixa	15,82 %	254,45
Média	5,7 %	91,77
Alta	1,3 %	20,74
Muito Alta	0,2 %	3,25

A Tabela 15 demonstra que em torno de 77% da área municipal classifica-se como fragilidade muito baixa para o critério de declividade, isso demonstra que a maioria do município apresenta uma declividade menor que 6%, sendo assim os riscos de escorregamento considerados baixos para o município. Na Figura 7 é possível observar a distribuição das classes de fragilidade.

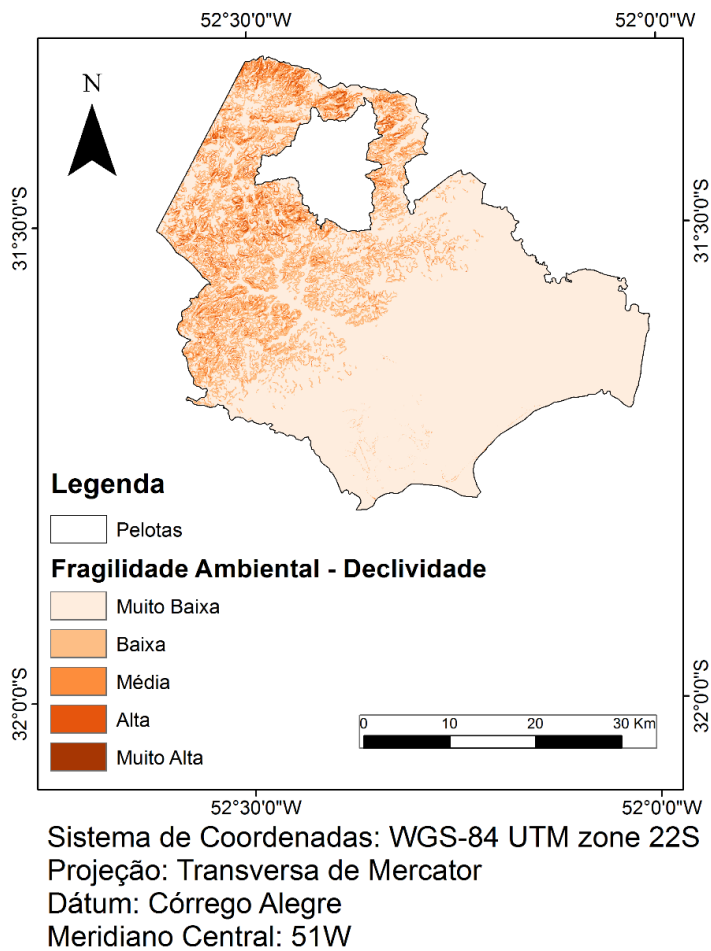


Figura 7: Mapa das fragilidades relacionadas a declividade.

4.1.3 Clima

Como foi utilizada apenas uma estação pluviométrica, devido a disponibilidade de dados, o município ficou totalmente inserido em apenas uma classe de fragilidade (Figura 8). Devido a média anual de precipitação ser de 1473,5 mm, uniforme durante o ano, Pelotas foi classificada com fragilidade baixa em relação ao clima.

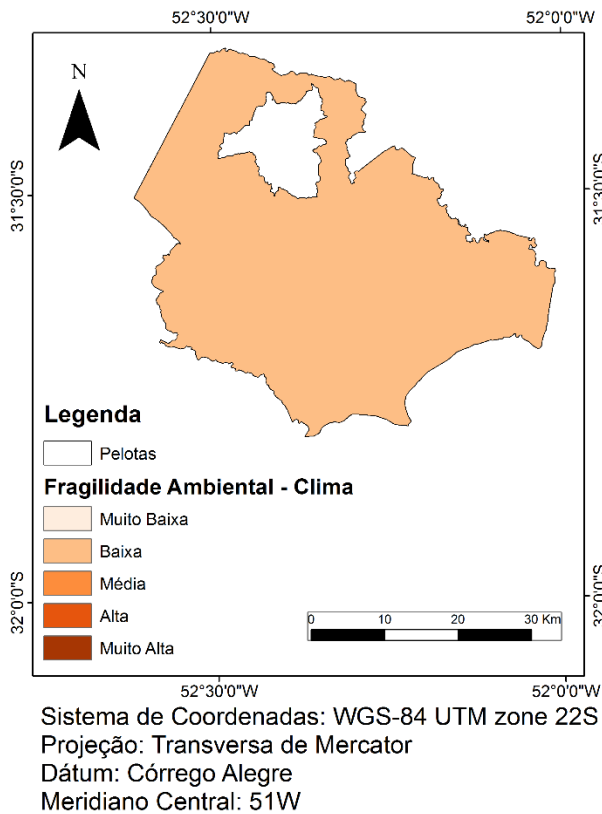


Figura 8: Mapa das fragilidades relacionadas ao clima.

4.1.4 Cobertura Vegetal e Uso do Solo

A cobertura vegetal e uso do solo é fator determinante para a definição da fragilidade ambiental do município, pois esta define o grau de exposição do solo, mostrando assim as transformações do meio ambiente pela sociedade (LEANDRO, 2013). Neste critério a fragilidade está associada com o grau de proteção do solo.

Classificado como muito baixa fragilidade ficou apenas as Matas Naturais que possuem grande grau de proteção do solo, sendo no município pouco presente, apenas em pequenas áreas próximas aos corpos d'água. A grande maioria da área municipal é caracterizada pelas práticas agropecuárias, as quais classificam-se como fragilidade alta. Também foram encontrados os aglomerados urbanos e os corpos d'água que foram classificados com fragilidade ambiental muito alta, devido às intervenções humanas e a fragilidade natural das zonas alagadas.

Tabela 16: Porcentagem dos graus de fragilidade referente a cobertura vegetal e uso do solo de Pelotas.

Grau de Fragilidade	Porcentagem da área	Área (Km ²)
Muito Baixa	4,7 %	76,78
Alta	84,5 %	1359,04
Muito Alta	10,8 %	172,75

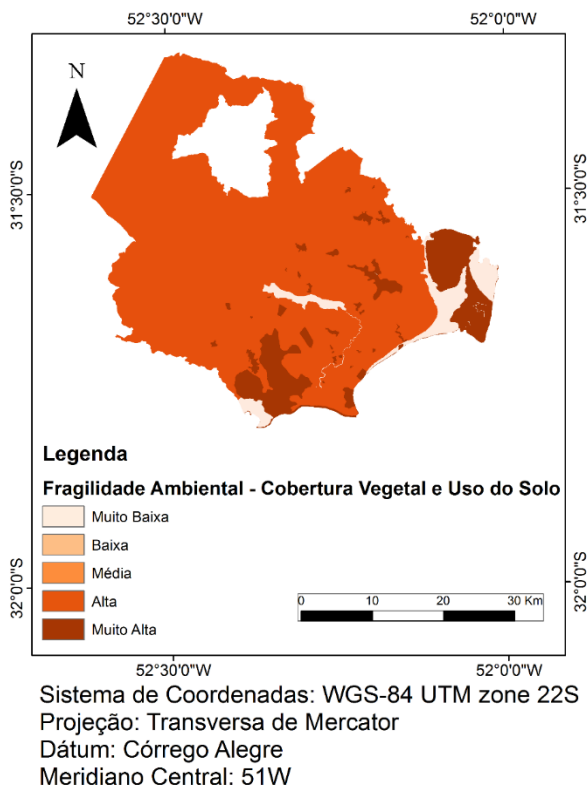


Figura 9: Mapa das fragilidades relacionadas a cobertura vegetal e uso do solo de Pelotas.

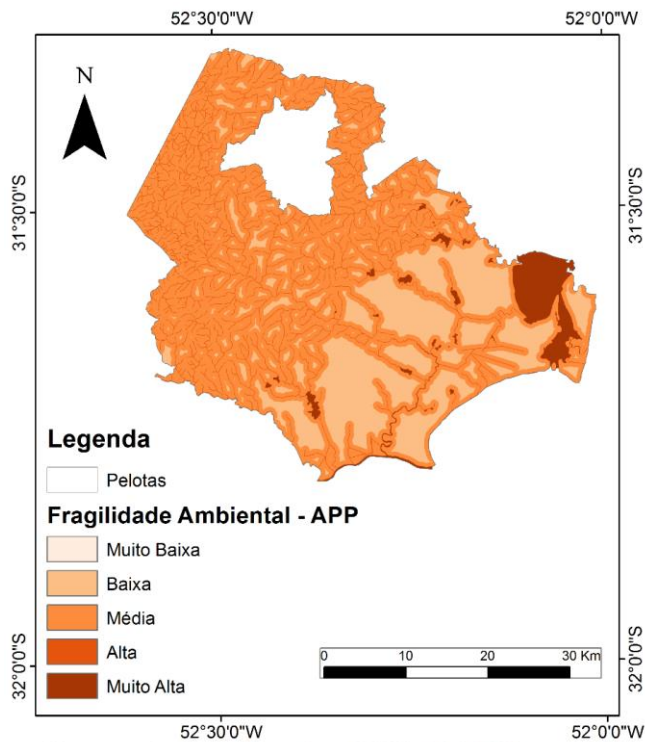
4.1.5 Áreas de Proteção Permanente

As áreas próximas aos corpos hídricos são de extrema importância para a estabilidade do meio ambiente. A mata ripária quando retirada acarreta em impactos ambientais negativos (GONÇALVES et al, 2016), sendo assim uma área vulnerável ambientalmente. Na Tabela 17 é apresentada as porcentagens de fragilidade relativas

a este critério para o município de Pelotas, já na Figura 10 é possível observar sua distribuição.

Tabela 17: Porcentagem dos graus de fragilidade referente as áreas de proteção permanente.

Grau de Fragilidade	Porcentagem da área	Área (Km ²)
Baixa	24,6 %	395,56
Média	64,96 %	1044,98
Alta	5,76 %	92,69
Muito Alta	4,68 %	75,65



Sistema de Coordenadas: WGS-84 UTM zone 22S
 Projeção: Transversa de Mercator
 Dátum: Córrego Alegre
 Meridiano Central: 51W

Figura 10: Mapa das fragilidades relacionadas as áreas de proteção permanente de Pelotas.

4.1.6 Litologia

Pelotas apresenta duas formações características. A região do Escudo Cristalino Sul-Riograndense, que é composto por rochas ígneas do tipo granito (Monzogranito, Granitoide, Sienogranito), tendo como características uma dureza maior com mais resistência aos efeitos de degradação do solo. Sendo esta região classificada com um índice de fragilidade muito baixo.

Já a região pertencente a Planície Costeira, a qual localiza-se próxima ao canal São Gonçalo e a Laguna dos Patos, apresentou um índice de fragilidade muito alto. Essa área sofre com influência da água, assim ficando mais suscetível ao intemperismo. É formada por rochas sedimentares pertencentes a família dos arenitos, cascalhos e argilas .

Na Tabela 18 é apresentada as porcentagens de fragilidade relativas a este critério para o município de Pelotas, já na Figura 11 é possível observar sua distribuição, a qual é bem definida para a área municipal.

Tabela 18: Porcentagem dos graus de fragilidade referente a litologia de Pelotas.

Grau de Fragilidade	Porcentagem da área	Área (Km²)
Muito Baixa	55,1 %	887,09
Muito Alta	44,9 %	722,35

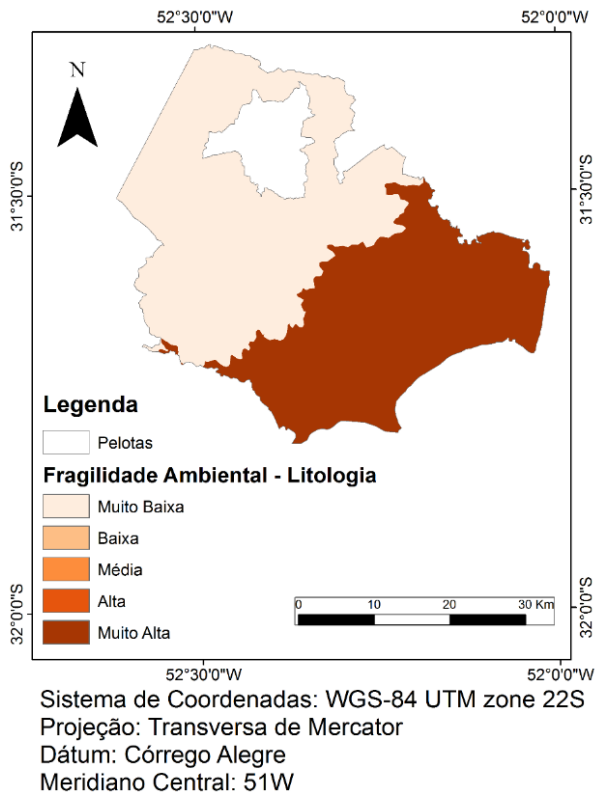


Figura 11: Mapa das fragilidades relacionadas a litologia de Pelotas.

4.1.7 Ocupação Humana

Pelotas apresentou três classes de fragilidade relacionadas a ocupação humana. A maioria do município está em uma área de muito baixa fragilidade por não haver aglomerados urbanos. A zona central e do Laranjal apresentou fragilidade alta por possuir tratamento de detritos. Por outro lado a área da colônia Z3 foi classificada como uma área de fragilidade muito alta por não possuir tratamento de detrito.

Tabela 19: Porcentagem dos graus de fragilidade referente a ocupação humana em Pelotas.

Grau de Fragilidade	Porcentagem da área	Área (Km ²)
Muito Baixa	95,78 %	1541,48
Alta	4,2 %	67,58
Muito Alta	0,02%	0,4

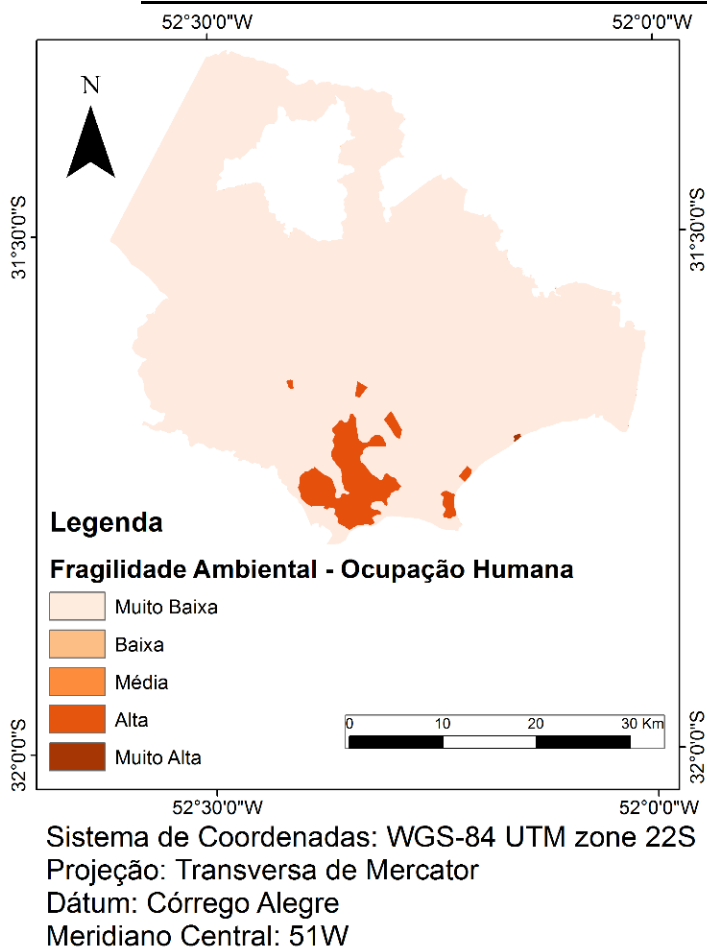


Figura 12: Mapa das fragilidades relacionadas a ocupação humana de Pelotas

4.1.8 Inundação

Na Tabela 20 vemos a distribuição das classes de susceptibilidade a inundação. Áreas classificadas como muito baixa e baixa representaram apenas 4,7% da área

municipal, já 49,35% da área total ficou classificada como média, sendo que grande parte da área urbana está inserida nesta classe. Como risco alto ou muito alto ficou 45,95% do município, como, por exemplo, a totalidade da colônia Z3, a qual foi atingida integralmente pelo evento de outubro de 2015, assim como as áreas atingidas nas proximidades do Arroio Pelotas; no laranjal parte da área habitada também ficou nesta classificação (Figura 13).

Tabela 20: Porcentagem da área municipal relacionada com a suscptibilidade a inundação.

Classe	Área (%)
Muito Baixa	0,02
Baixa	4,68
Média	49,35
Alta	34,25
Muito Alta	11,7

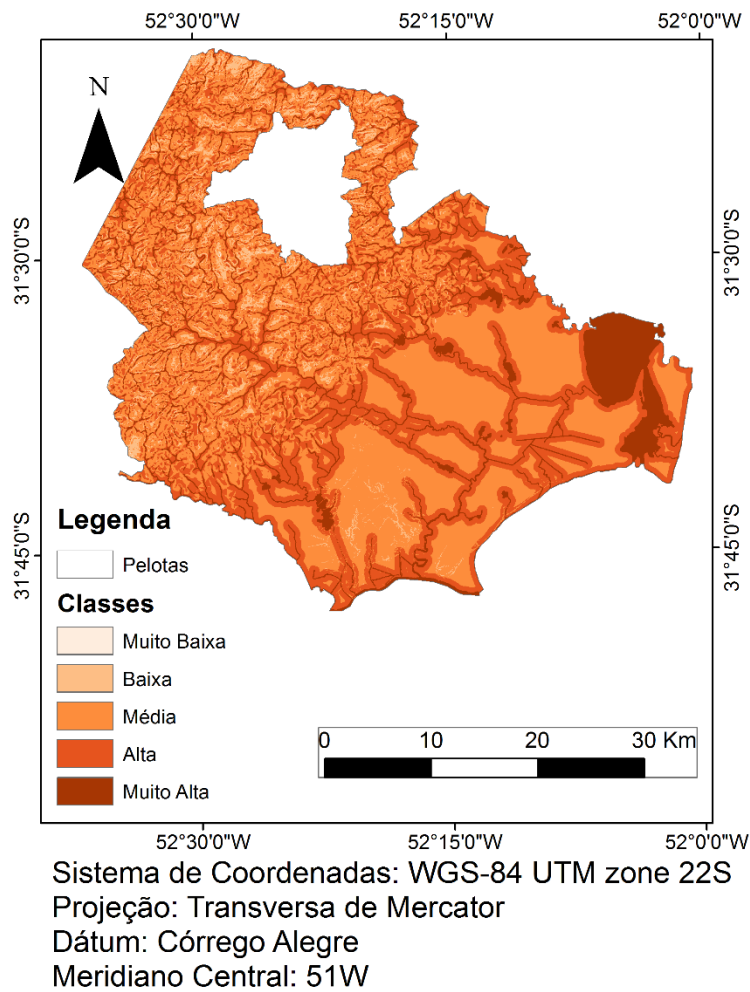


Figura 13: Classes de susceptibilidade a inundações para Pelotas.

4.1.9 Fragilidade Ambiental

O mapa de fragilidade ambiental leva em consideração os oito mapas bases apresentados anteriormente: susceptibilidade a inundações, declividade, cobertura vegetal e uso da terra, clima, tipos de solo, litologia, APP e ocupação humana. Na Tabela 21 é possível observar a área total e a porcentagem dos graus de fragilidade presentes na área.

Tabela 21: Porcentagem dos graus de fragilidade ambiental em Pelotas.

Grau de Fragilidade	Porcentagem da área	Área (Km²)
Muito Baixa	31,82 %	511,78
Baixa	32,93 %	529,6
Média	21,75 %	349,8
Alta	6,15 %	98,9
Muito Alta	7,35 %	118,2

Embora apresente 31,82% de sua área classificada como de muito baixa fragilidade, Pelotas possui zonas específicas com fragilidade alta e muito alta que requerem atenção especial por parte do poder público.

A zona rural, principalmente por possui uma declividade mais acentuada apresentou porções significativas de fragilidade muito alta e alta.

Na área urbana, mais próxima ao Canal São Gonçalo e a Laguna dos Patos, também se observou áreas que com graus de fragilidade preocupantes. Os solos presentes nesta área, assim como a litologia influenciaram esta classificação. Porém, devido ao maior peso na ponderação, a ocupação humana e a cobertura vegetal e uso da terra tiveram maior influência no mapa das fragilidades ambientais, assim como o mapa de susceptibilidade a inundações. Estes critérios influenciam os efeitos da energia cinética das gotas de chuva, a mobilidade das partículas de solo e a velocidade e intensidade de escoamento superficial (SANTOS & ROSS, 2012), caracterizando assim uma vulnerabilidade a inundações na área, devido aos seus aspectos físicos.

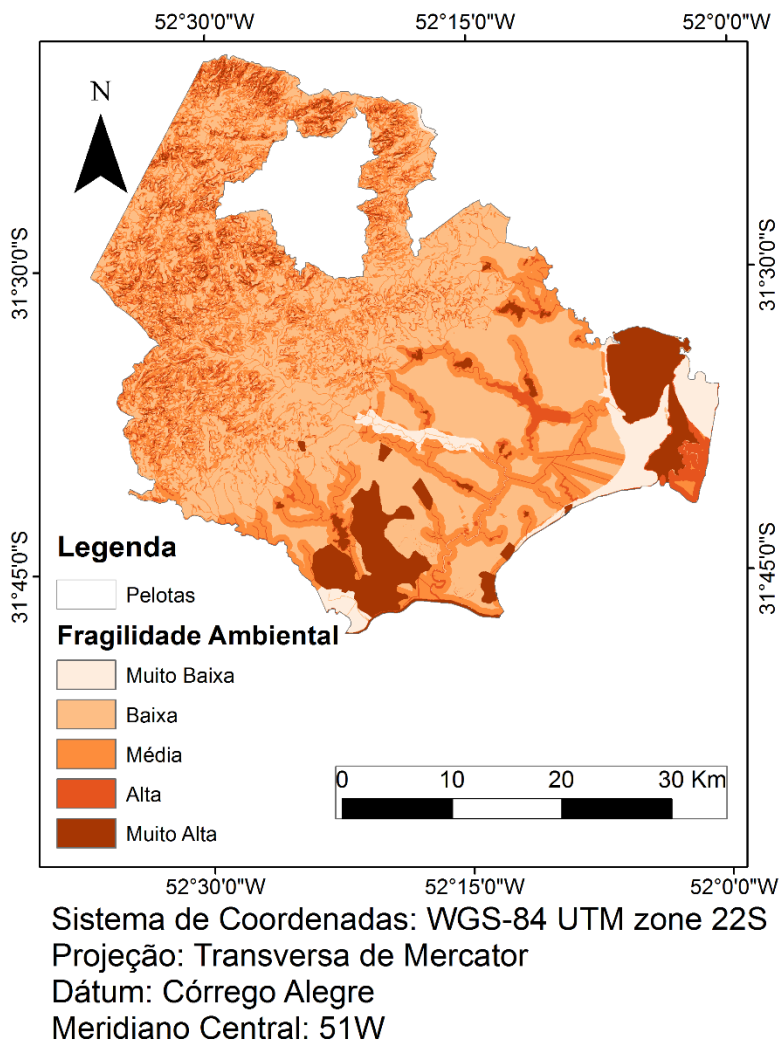


Figura 14: Mapa de fragilidade ambiental para Pelotas.

No evento de outubro de 2015, foram delimitadas as áreas mais afetadas pelas inundações. Quando comparamos estas áreas com as fragilidades ambientais (Figura 15) notamos que os aglomerados urbanos, sendo a maioria classificados com um índice de fragilidade ambiental muito alta, foram afetados, principalmente a totalidade da Colônia Z3 e três quartos do laranjal. As áreas urbanas sofrendo mais com este tipo de evento evidencia os problemas de drenagem urbana, com solo impermeabilizado dificultado assim a drenagem local. Outro fator é a ocupação de zona ripária, como acontece na região do Pontal do Laranjal e do Arroio Pelotas, assim como discutido por (TUCCI e GENZ, 1996), estas áreas consideradas de médio risco devido a menor frequência de eventos extremos, quando afetadas sofrem danos, como o ocorrido em outubro de 2015.

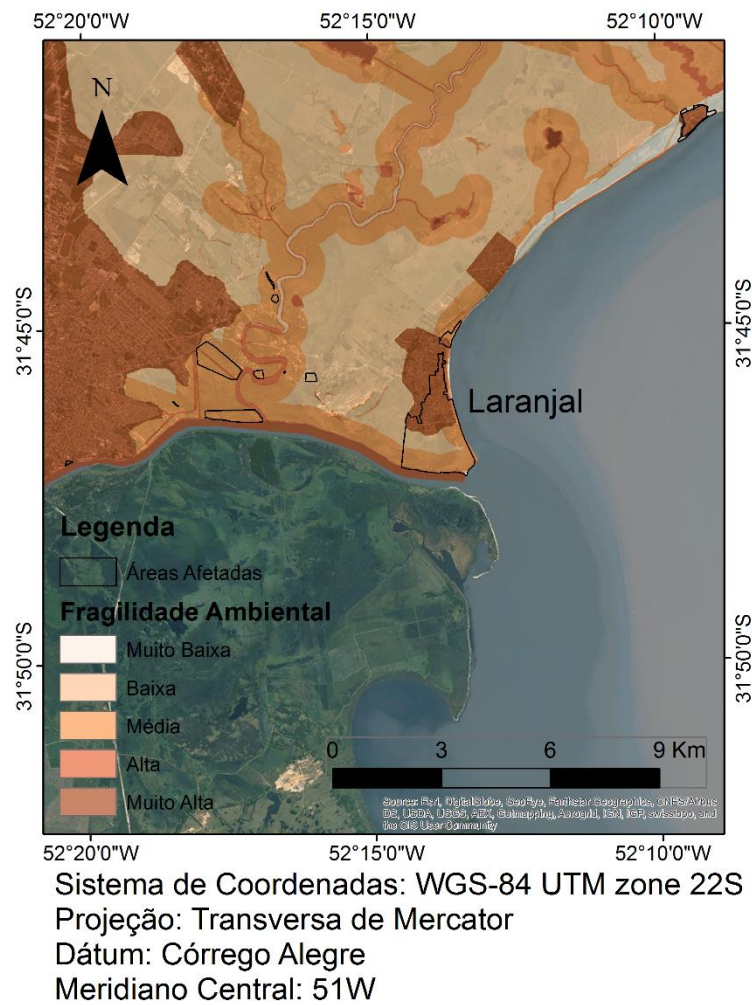


Figura 15: Comparação das áreas afetadas pelo evento de outubro de 2015 com a fragilidade ambiental.

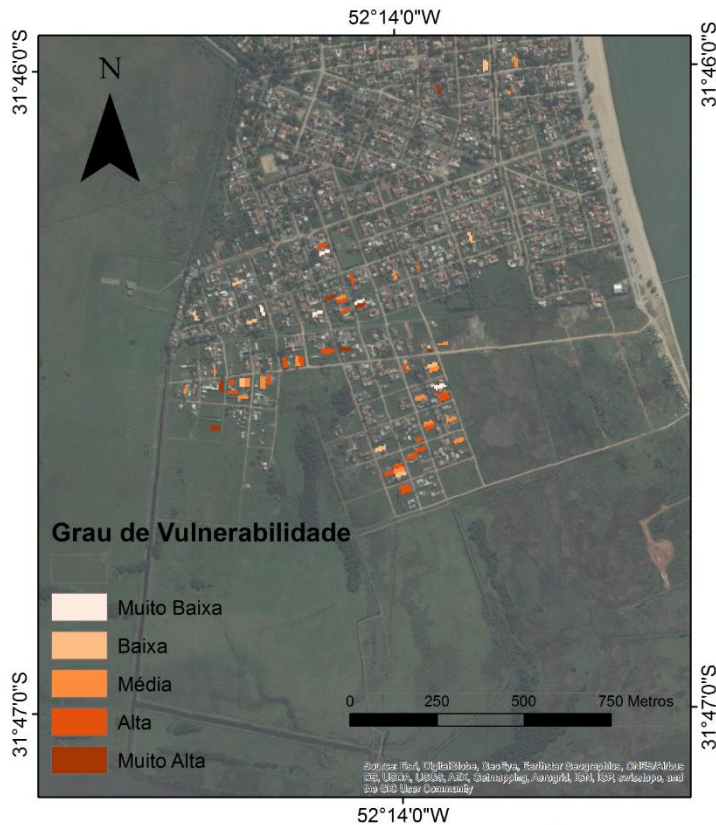
4.2 Vulnerabilidade da População

Para a área em estudo não houve obtenção da totalidade de questionário respondidos para todos os lotes habitados na região. Devido a essa situação o mapa de vulnerabilidade ambiental foi gerado somente para 62 residências as quais responderam este formulário, servindo de preposição para uma nova metodologia de mapeamento de risco (Figura 16). Analisando os mapas gerados ficou evidente a vulnerabilidade da população que ali vive, com 36,8% do total com grau de vulnerabilidade alto e apenas 8,4% apresentando vulnerabilidade muito baixa (Tabela 19).

Assim como Dutra (2011) destacou a importância dos indicadores de vulnerabilidade para elaboração do mapeamento de riscos, neste trabalho estes aspectos também foram importantes, tendo em vista que a questão dos riscos de desastres ambientais possui uma integração entre diversos fatores de contribuição.

Tabela 22: Porcentagem dos graus de vulnerabilidade para a área de estudo.

Grau de Vulnerabilidade	Porcentagem dos lotes
Muito Baixa	8,4 %
Baixa	16 %
Média	27 %
Alta	36,8 %
Muito Alta	11,8 %



Sistema de Coordenadas: WGS-84 UTM zone 22S
 Projeção: Transversa de Mercator
 Dátum: Córrego Alegre
 Meridiano Central: 51W

Figura 16: Mapa das vulnerabilidades para a área do estudo.

Como exemplo temos dois lotes, um que ficou classificado como baixa vulnerabilidade e outro como vulnerabilidade muito alta. O Quadro 4 mostra a diferença entre os graus de fragilidades mapeados.

	Baixa	Muito Alta
Número de Moradores	4	4
Moradores com mais de 65 anos	1	0
Moradores com menos de 10 anos	1	2
Moradores com necessidades especiais	0	1
Tipologia da residência	Alvenaria	Madeira
Pavimentos	2	1
Atingido por evento anterior	Sim	Sim
Água invadiu lote em evento anterior	Sim	Sim
Água invadiu residência em evento anterior	Não	Sim

QUADRO 4: Comparativo entre duas residências com vulnerabilidades distintas.

Este tipo de mapeamento auxiliaria nas ações da defesa civil em casos de desastres ambientais, pois seria possível identificar as residências com moradores mais suscetíveis as consequências de um evento extremo. De modo que os dados do Cadastro Técnico Multifinalitário foram de grande valia para esta modelagem, permitindo uma espacialização mais precisa gerando dados que possibilitam uma ação mais direta, como no caso do quadro comparativo.

Alguns estudos utilizaram dados dos setores censitários do IBGE para a classificação das vulnerabilidades (HORA e GOMES, 2009), porém, além de não apresentarem a mesma quantidade de variáveis de vulnerabilidade, estes delimitam uma área mais ampla, dificultando a ação imediata de ir em residências específicas. Por outro lado, a utilização dos dados censitários permite mapear uma área maior

mais facilmente, já que umas das dificuldades deste modelo aplicado foi a aplicação do questionário na totalidade das residências e sua posterior espacialização.

4.3 Risco de Inundação

Como visto neste estudo, duas ruas paralelas podem apresentar duas casas com o mesmo grau de ameaça devido a fragilidade ambiental por estarem em ambientes físicos muito parecidos, porém possuem indicadores de vulnerabilidade distintos. Contudo, na hora de classificar o risco necessita-se levar em conta estas duas características.

A inserção do mapa de fragilidade para a classificação dos riscos foi importante, pois analisando conjuntamente com as vulnerabilidades gera melhores resultados para os riscos de desastres ambientais da área. Pois fatores como proteção do solo e proximidade aos recursos hídricos influenciam diretamente no risco de inundação de uma área, independente da vulnerabilidade da população que ali vive.

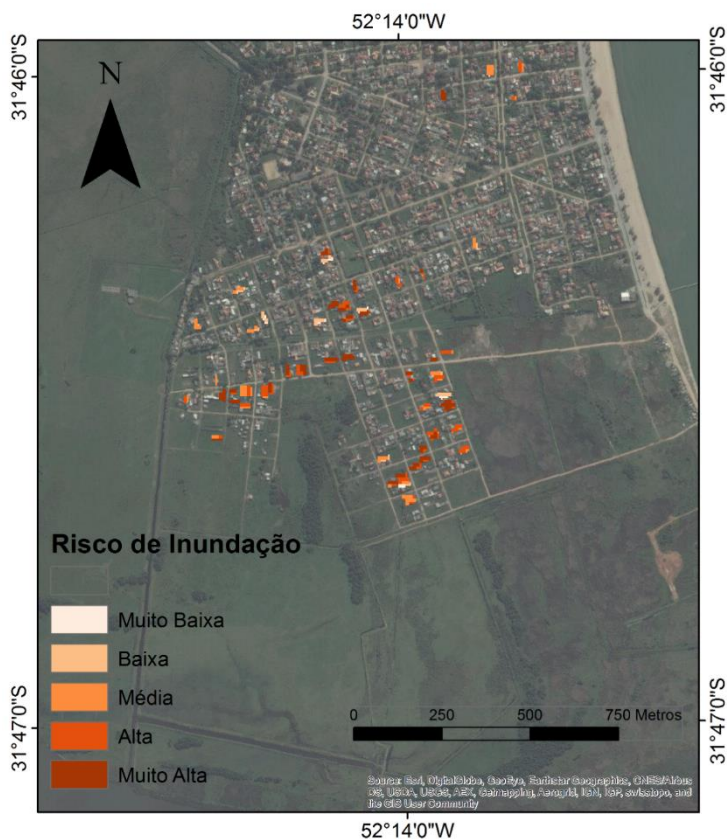
A Tabela 23 mostra as porcentagens para os graus de risco da área e quando comparada com a Tabela 22 nota-se o evidente aumento do risco quando inserida a variável fragilidade, indo a 41% das residências com risco muito alto. Justificando o histórico de desastres relacionados as inundações naquela região.

Tabela 23: Porcentagem dos riscos de inundação para a área de estudo.

Grau de Risco	Porcentagem dos lotes
Muito Baixa	0,9 %
Baixa	8,4 %
Média	21 %
Alta	27 %
Muito Alta	41 %

Na Figura 17 é apresentada a distribuição dos lotes estudados. Devido a 68% dos lotes apresentarem risco alto ou muito alto, conclui-se que toda esta região é uma área de risco de inundação municipal. Sendo assim este mapeamento serve para individualizar os lotes, servindo de suporte para as ações da defesa civil em situações de eventos extremos.

Este mapeamento vai de encontro com o que é preconizado pelo Marco de Ação de Hyogo - MAH (EIRD/ONU, 2007), trazendo uma avaliação dos riscos das áreas de estudo que serve para conhecer os riscos e auxiliar na ação do poder público.



Sistema de Coordenação: WGS-84 UTM zone 22S

Projeção: Transversa de Mercator

Dátum: Córrego Alegre

Meridiano Central: 51W

Figura 17: Mapa do risco de inundação da para a área do estudo.

5. CONCLUSÃO

As inundações urbanas são uma das grandes preocupações dos dias de hoje, causando desastres ao redor do mundo. Pelotas está inserida neste cenário, com um histórico em relação a este tipo de evento, principalmente devido às fortes chuvas de outubro de 2005 na qual o município como um todo sofreu com perdas, sendo mais significativas no Bairro do Laranjal e na Colônia Z3.

A preposição do índice parcial de fragilidade ambiental associado a inundações possibilitou a delimitação da fragilidade ambiental do município de forma mais realista para a região, pois os modelos base para essa delimitação eram utilizados em bacias com variação altimétricas bruscas, muito distintas da composição do relevo de Pelotas. Com a implementação do índice a delimitação das áreas frágeis foi mais particularizada. Propõem-se que esse índice parcial seja aplicado a outros municípios com relevos similares para validação dos valores de declividade e proximidade.

Como suporte ao mapeamento dos riscos de inundação e ao planejamento urbano e territorial, classificou-se a fragilidade ambiental do município. Mesmo apresentando 31,83% do município com fragilidade muito baixa, ficou evidente a alta fragilidade principalmente próxima ao Canal São Gonçalo e a Laguna dos Patos, um local que é periodicamente afetado por inundações e alagamentos.

Como a vulnerabilidade a desastres naturais não é uma questão apenas do ambiente, foi-se essencial a delimitação dos lotes e suas respectivas vulnerabilidades através de questionários para o mapeamento dos riscos de inundação. Foram extraídos os indicadores de vulnerabilidade dos questionários, que através do Cadastro Técnico Multifinalitário – CTM, foram especializados visando a classificação individualizadas dos lotes. Devido ao baixo retorno da população, foram classificadas 62 residências do Bairro do Laranjal, dentre estas foi possível constatar a vulnerabilidade da área, com 48,5% destas sendo classificadas com vulnerabilidade alta ou muito alta.

Com o mapeamento das fragilidades ambientais, conjuntamente com as vulnerabilidades, foi possível classificar os riscos de inundação para ou 62 lotes do estudo. Por estar em uma área de muito alta fragilidade ambiental, os riscos

aumentaram quando este critério foi inserido, ficando 68% dos lotes classificados com risco alto ou muito alto

Devido ao grande número de pessoas atingidas por desastres naturais nos últimos anos, a necessidade de ferramentas de prevenção tem sido cada vez mais fundamental. O mapeamento de riscos de inundação utilizado neste trabalho se mostrou uma boa alternativa, pois seria possível localizar as residências mais vulneráveis quando um evento de grande extremo ocorre, focando as ações do órgão responsável. Contudo, este tipo de estudo necessita ser feito em grande escala para uma melhor utilização pelo poder público.

Verificou-se que é possível utilizar essa metodologia para o planejamento urbano territorial, pois serve de apoio para a tomada de decisões do poder público, auxiliando na criação de políticas de ordenamento territorial, visando o manejo correto de recursos.

REFERÊNCIAS

BERNINE, H.; OLIVEIRA, D.S.; MORET, A.S. **O uso de geoprocessamento para a tomada de decisão na utilização de recursos naturais estudo de caso Resex do Rio Ouro Preto – RO.** In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 2007, p. 2315-2322.

BLACHUT, T. et al. **Cadastre as a basis of a general land inventory of the country.** In: Cadastre: various functions characteristics techniques and the planning of land record system. Canada: National Council, 1974.

BONILLA, R.J.; CARNEIRO, A.F.T. **O USO DO CADASTRO MULTIFINALITARIO NO PLANEJAMENTO URBANO.** In: II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife, PE, 2008, p. 000-000.

BRASIL (2007). Conferência Geral Sobre Desastres: para prefeitos, dirigente de instituições públicas e privadas e líderes comunitários. Ministério da Integração Nacional. Brasília, 2007

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

CÂMARA, G.; DAVIS, C. *Introdução: Por Que Geoprocessamento.* [S.l.: S.n.], 2001. Disponível em: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.19.13.48/doc/cap1-introducao.pdf>.

Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres – CENAD. Recomendações. Disponível em: <http://www.mi.gov.br/defesa-civil/cenad/recomendacoes> . Acesso em: 11 de mar. 2016.

CRED-EM-DAT - “Disaster Data: A Balanced Perspective” – 2013. Issue No. 32, August 2013. Disponível em: <http://www.emdat.be/>. Acesso em: 14 Mar. 2016.

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

DECANINI, M. M. S. Cartografia Temática: métodos de classificação dos dados geográficos quantitativos. Notas de aula, UNESP/FCT, Presidente Prudente – SP, 2003.

DUTRA, Rita de Cássia. Indicadores de vulnerabilidade: no contexto da habitação precária em área de encosta sujeita a deslizamento. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.

ESTRATÉGIA INTERNACIONAL PARA REDUÇÃO DE DESASTRES/ EIRD/ ONU (2007) – Marco de Ação de Hyogo 2005-2015: Aumento da resiliência das nações e das comunidades frente aos desastres. Disponível em: <http://www.defesacivil.pr.gov.br/arquivos/File/Marco/MarcodeHyogoPortugues20052015.pdf>. Acesso em: 07 de jun. De 2016.

HORA, S. B.; GOMES, Ronaldo Lima. **Mapeamento e avaliação do risco a inundação do rio cachoeira em trecho da área urbana do município de Itabuna/BA**. Sociedade & Natureza, v. 21, n. 2, p. 57-75, 2009.

GIMENES, F. B. Q.; AUGUSTO FILHO, O. **Mapas de fragilidade ambiental utilizando o processo de análise hierárquica (AHP) e sistema de informação geográfica (SIG)**. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Foz do Iguaçu – PR. Anais... Foz do Iguaçu, 2013, p. 6564-6571

GIRARDI, E. P.; **Proposição de uma cartografia geográfica crítica e sua aplicação no desenvolvimento do atlas da questão agrária brasileira**. Presidente Prudente –FCT, tese apresentada ao Departamento de Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da unesp –Campus de Presidente Prudente para a obtenção de título de doutor em geografia. 2008

GONÇALVES, Douglas Santos et al. **DIAGNÓSTICO AMBIENTAL E PROPOSTA DE PLANO DE RECUPERAÇÃO DA APP, FAZENDA SANTA JULIANA, CARIRI DO TOCANTINS–TO**. Nucleus, v. 13, n. 1, p. 261-276, 2016.

GUERRA, A. T. **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos Temas e Aplicações**. 1ª ed., Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

HANSMANN, H.Z. **DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS PRINCIPAIS ENCHENTES E ALAGAMENTOS DE PELOTAS-RS.** 2013. 63f. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas

HORA, S.B. **Mapeamento e avaliação do risco a inundação do rio Cachoeira em trecho da área urbana do município de Itabuna/BA.** Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente. Ilhéus – Bahia. Universidade Estadual de Santa Cruz, 2009.

HORA, S. B.; GOMES, Ronaldo Lima. **Mapeamento e avaliação do risco a inundação do rio cachoeira em trecho da área urbana do município de Itabuna/BA.** Sociedade & Natureza, v. 21, n. 2, p. 57-75, 2009.

IBGE. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual Técnico de Pedologia** 3.ed. Rio de Janeiro, 2015. (Manuais Técnicos em Geociências, 4)

IBGE. População estimada. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. Disponível <http://cod.ibge.gov.br/3D5>. Acesso em 26/05/2016.

INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION - ISDR - UN. Secretariat. United Nations documents related to disaster reduction 2000-2007: Advance copy. Geneva, UN. International Strategy for Disaster Reduction (ISDR). Secretariat, 2007.

KAWAKUBO, F. S.; MORATO, R. G.; CAMPOS, K. C.; LUCHIARI, A.; ROSS, J. L. S. **Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento.** In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais... Goiânia, Brasil, 2005, p. 2203-2210.

KOBIYAMA, M.; CHECCHIA, T.; SILVA, R.V.; SCHRÖDER, P.H.; GRANDO, Â.; REGINATTO, G.M.P. **Papel da comunidade e da universidade no gerenciamento de desastres naturais.** In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 1., 2004, Florianópolis. Anais... Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 834-846 (CDROM). ;

KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D.A.; MARCELINO, I.P.V.O.; MARCELINO, E.V.; GONÇALVES, E.F.; BRAZETTI, L.L.O.; GOERL, R.F.; MOLLERI,

G.S.F.; RUDORFF, F.M. **Prevenção de desastres naturais: Conceitos básicos**. Curitiba: Ed. Organic Trading, 2006.

LEANDRO, Diuliana. **Modelagem de fragilidade ambiental usando índices baseados em dados espaciais e com suporte de sistema especialista**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. 2013.

Manual de Apoio – CTM: Diretrizes para a criação, instituição e atualização do cadastro territorial multifinalitário nos municípios brasileiros / Organizadores: Eglaisa Micheline Pontes Cunha e Diego Alfonso Erba – Brasília: Ministério das Cidades, 2010

MARCELINO, E.V.; NUNES, L.H.; KOBIYAMA, M. **BANCO DE DADOS DE DESASTRES NATURAIS: ANÁLISE DE DADOS GLOBAIS E REGIONAIS**. In: Caminhos de Geografia, v.9, n.19, out/2006, p.130-149.

MINISTÉRIO DAS CIDADES / INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT – **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007. 176 p

NACHORNIK, V. L.; BRISKI, S. J.; PRATES, V. **O mapeamento das vulnerabilidades ambientais em áreas urbanas da região metropolitana de Curitiba, PR como proposta para minimização de desastres**. Revista geográfica de América Central, Costa Rica, 2011. p.1–14, 2011.

POLÍTICA NACIONAL DA DEFESA CIVIL – PNDC. Secretaria de Nacional de Defesa Civil. Ministério da Integração Nacional. Brasília .2007.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados**. In: Revista do Departamento de Geografia nº8, FFLCH-USP, São Paulo, 1994.

SANTOS, A.A.; BERNARDINO, J.M.M. **Geoprocessamento aplicado à identificação de áreas de fragilidade ambiental no parque estadual da serra do rola moça**. In: XXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 2014, GRAMADO. CT06 – Sistemas de Informações Geográficas, 2014.

SANTOS, J. de O.; ROSS, Jurandyr LS. **Fragilidade ambiental urbana**. Revista da ANPEGE, v. 8, n. 10, p. 127-144, 2012.

SANTOS, Y; GASPARETTO, M. Volta a chover no RS e mais cidades sofrem com as cheias e inundações. Disponível em: <http://g1.globo.com/hora1/noticia/2015/10/volta-chover-no-rs-e-mais-cidades-sofrem-com-cheias-e-inundacoes.html>. Acesso em: 13/06/2016.

SILVA, C.S. **I NUNDAÇÕES EM PELOTAS/RS**: O uso do geoprocessamento no planejamento paisagístico e ambiental. 2007. 199 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2007.

SILVA, C. S. G.; AGUIAR FILHO, V. A. **Contribuições do zoneamento ambiental para o desenvolvimento sustentável dos núcleos urbanos**. Jus Navigandi. 2013. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/24067/contribuicoes-do-zoneamento-ambiental-para-o-desenvolvimento-sustentavel-dos-nucleos-urbanos>. Acesso em: 14 Mar. 2016.

SOUZA, C.R. de G. **Flooding in the São Sebastião region, northern coast of São Paulo state, Brazil**. Anais Academia Brasileira Ciências, 70 (2): 353-366, 1998.

SOUZA, C.R. de G. **USO DA CARTOGRAFIA NO SETOR PÚBLICO: GEOPROCESSAMENTO COMO TOMADA DE DECISÃO**. Revista do Departamento de Geografia, v. spe, p. 180-202, 2014.

SPORL, C. **Metodologia para Elaboração de Modelos de Fragilidade Ambiental Utilizando Redes Neurais**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 2007.

TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (orgs.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo : Instituto Geológico, 2009.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: FIBGE, Secretaria de Planejamento da Presidência da República, 1977. 97p

TUCCI, C.E.M.; GENZ, F. **Comportamento Hidrológico. in: Hidrossedimentologia do Alto Rio PARAGUAY**, Instituto de Pesquisas Hidraulicas, UFRGS, FEMA/MT

Fundação do Meio Ambiente do Mato Grosso, SEMA, Secretaria do Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul, MMA, Ministério do Meio Ambiente, 1996.

SCHNEIDER, M. O. **Análise das Fragilidades Ambientais da Bacia Hidrográfica do arroio Lami, município de Porto Alegre e Viamão, RS.** 2010. 80f. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS.

SILVA, Iza Carla de Oliveira. **Mapeamento da fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego da Onça em Jataí, GO, utilizando técnicas de geoprocessamento.** Monografia (Bacharelado em Geografia) UFG-Campus Jataí, Jataí, 2008. 56 p.

ZAMPARONI, Cleusa Gonçalves. **Riscos e desastres naturais em ambiente urbano: o exemplo de Cuiaba/MT.** Revista Brasileira de Climatologia, v. 10, n. 1. 2012.

APÊNDICES

Apêndice A – Questionário aplicado visando o mapeamento das vulnerabilidades da população.

1. Identificação

Endereço: _____

Ruas Laterais (esquinas): _____

Número de moradores: _____

Qual a idade dos moradores homens? (Ex.: 12, 17, 52) : _____

Qual a idade das moradoras mulheres? (Ex.: 12, 17, 52) : _____

Há pessoas com necessidades especiais na residência? Quantas? Quais? Qual idade: _____

2. Moradia

2.1 Tipo de Moradia

Pavimentos: () 1- Casa Térrea, () 2- Sobrado, () 3 ou mais

Sua residência é de:

Alvenaria (), Madeira (), Mista () Outra ()

2.2 Sua Residência Possui: Água - SANEP () Luz - CEEE () Esgoto - SANEP ()

2.3 Existe coleta de lixo? Diária (), Semanal (), Quinzenal () Não existe ()
Se não existe, qual o destino?

Enterrada (), Separada (), Jogada em terreno baldio (), Jogada no rio/lagoa ()

2.4 Existem valas ou valetas no entorno da residência? Sim () Não ()

2.5A rua em que está situada sua residência possui:

Nenhum tipo de pavimento (), Asfalto (), Bloquetes (), Paralelepípedos () Outro () Qual? _____

2.6 Tempo em que vive na residência: N° (anos): _____

2.7 Pretende mudar? Sim () Não ()

Se sim, pro mesmo bairro? Sim () Não ()

Porque? _____

3. Inundações

3.1. Já foi atingido? Sim () Não ()

Se sim, quais? Agosto/1998 (), Maio/2004 (), Janeiro/2009 (),

Outras:

3.2. Foi atingido pela enchente do último ano (outubro/2015)? Sim () Não ()

Se sim,

3.3. Inundou a rua? Sim () Não ()

Se sim qual a altura máxima que a água atingiu? _____

3.4 A água invadiu o lote? Sim () Não ()

Se sim qual a altura máxima que a água atingiu? _____

3.5 A água invadiu a residência? Sim () Não ()

Se sim qual a altura máxima que a água atingiu a parte interna da casa?

3.6 Houve danos materiais? Sim () Não ()

Sim: Quais? _____

3.7 Houve danos físicos? Sim () Não ()

Sim: Doenças (tipo)? _____

Sim: Vítimas fatais (quantos)? _____

Sim: Outros (quais) _____

3.8 Medidas durante a inundação

Objetos elevados (), Abandonou residência (),
Barreiras de contenção (Sacos de areia, etc) (), Outros
() _____

3.9 Onde Procurou Abrigo?

Parentes (), Vizinhos Amigos (), Igreja (), Escolas () Outros ()

3.10 Tempo fora da residência

Nº (dias): _____

3.11 Entrou em contato com a defesa civil? Sim () Não ()

3.12 Medidas tomadas pela prefeitura e pela defesa civil:

3.13 Acredita que vá ocorrer novas inundações? Sim () Não ()

3.14 Causas das inundações:

4. Sugestões:
